c't HARDWARE-GUIDE

Test • Praxis • Bauvorschläge

PLUS
Webinar
im Wert
von 99,- Euro

90 Minuten Webinar

Sichere Konfiguration von Büro-PCs:
Hardware und BIOS-Setup



heise Security Pro

Ideal für IT-Sicherheitsverantwortliche, Administratoren, Systemintegratoren und Hardware-Spezialisten

- *Typische Eigenschaften von Business-PCs*
- *Das bringen CSME, AMT, DASH, VBS, DRTM & Co.*
- *Firmware-Optionen und (UEFI-)BIOS-Setup*
- *Schutz gegen BIOS-Manipulation*
- *Bekannte Risiken und Schwachstellen*

Selbstbau Wunsch-PC

Allround-PC: Sparsam, leise, trotzdem schnell

High-End-Rechner mit AMD Ryzen 7000

Bauvorschläge für Gaming optimieren

Komponenten im Test

Duell: AMD Ryzen 7000 vs. Intel Core i-13000

300-Euro-Grafikkarten im Vergleich

Günstige Ryzen-Prozessoren zum Aufrüsten

Kaufberatung SSDs und Festplatten

Welche SSD für welchen Zweck?

Wofür sich Festplatten lohnen

Ratgeber Hardware-Kauf

Die richtigen Komponenten für Ihre Software

€ 14,90
CH CHF 27.90
AT € 16,40
LUX € 17,10

4 197665 614904 04



Zukunftssicheres Kraftpaket

bluechip BUSINESSline Workstation WS510

36 MONATE GARANTIE

BTO BUILD TO ORDER KONFIGURIEREN

Mit einem Volumen von gerade mal 8 Litern ist dies der leistungsstärkste Mini-PC in unserem Workstation-Portfolio.

+ Intel® Core™ i7-12700 Prozessor (12 Kerne, bis zu 4.90 GHz) oder Intel® Core™ i9-12900 Prozessor (16 Kerne, bis zu 5.20 GHz)
+ Windows 10 Pro (Downgrade von Windows 11 Pro)
+ 3 × M.2 SSD-Slots, z. B. mit Samsung 990 PRO NVMe™ SSD 1 TB
+ bis zu 64 GB DDR4 RAM möglich
+ Wi-Fi 6E, Bluetooth 5.2, 2× Thunderbolt™ 4
+ 2 × Gigabit LAN (1 × 2,5 GB/s, 1 × 10 GB/s)
+ z. B. NVIDIA RTX™ A2000 PNY, 6 GB

SAMSUNG

990 PRO NVMe™ SSD

PCIe® mit rasanter Geschwindigkeit

Hol dir rasante Geschwindigkeit für dein Gaming-Erlebnis sowie für Video-und 3D-Bearbeitung, Datenanalyse und mehr. Denn dank PCIe® wird die Performance angepasst: Mit 40 % und 55 % schnellerer zufälliger Lese- und Schreibgeschwindigkeit im Vergleich zur 980 PRO, bis zu 1.400 K / 1.550 K IOPS sowie mit sequentiellen Lese-/ Schreibgeschwindigkeiten von bis zu 7.450 / 6.900 MB/s.

Verfügbar als 1 TB oder 2 TB Variante.



Editorial

Liebe Leserin, lieber Leser,

wenn Sie mit dem Bau eines PCs liebäugeln, ist jetzt ein guter Zeitpunkt. In den vergangenen Monaten stellten die beiden CPU-Hersteller AMD und Intel attraktive Desktop-Prozessoren mit sattem Performanceplus und modernisierten Schnittstellen vor. Zudem sind die Preise von Grafikkarten wieder in ruhigerem Fahrwasser angekommen. SSDs und Arbeitsspeicher kosten so wenig wie lange nicht mehr.

Im c't Hardware-Guide finden Sie drei Bauvorschläge, anhand derer Sie Ihren maßgeschneiderten Rechner selbst zusammenstellen können. Der sparsame Allrounder kommt im Leerlauf mit lediglich 13 Watt aus, bringt aber dennoch genug Leistung für die meisten Alltagsaufgaben mit. Wer mehr Dampf wünscht, baut den kräftigen High-End-PC mit Ryzen 7000, der selbst unter Volllast kaum zu hören ist. Mit unseren Grafikkarten-Empfehlungen taugen die Rechner auch zum Spielen. Alternativ steht eine kompakte Gaming-Maschine im Mini-ITX-Format mit potenter GPU zur Auswahl.

Um beim Riesenangebot an Prozessoren, Mainboards und Grafikkarten den Überblick zu behalten, unterstützt Sie dieses Sonderheft mit einer umfangreichen Kaufberatung zu gängigen PC-Komponenten. Zahlreiche Hardware-Tests helfen Ihnen dabei, die richtigen Komponenten auszuwählen. Im großen SSD- und Festplatten-Ratgeber finden Sie Tipps für den optimalen Massenspeicher.

Die Artikel helfen Ihnen nicht nur beim Bau eines neuen Rechners, sondern auch beim Aufrüsten bestehender Systeme. Der c't Hardware-Guide zeigt beispielsweise, wie Sie einem fünf Jahre alten Ryzen-Rechner einen zweiten Frühling bescheren und so nicht nur der Umwelt etwas Gutes tun, sondern auch Geld sparen.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim Lesen und Basteln.



Christian Hirsch

Inhalt

DEN OPTIMALEN PC BAUEN

Mit unseren drei Vorschlägen für einen Allrounder, einen High-End-PC und einen kompakten Gamer können Sie sofort mit dem PC-Bau loslegen. Außerdem erhalten Sie in unserer Kaufberatung Tipps für die Hardware-Auswahl.

6 Der optimale PC 2023
14 Bauvorschlag für einen 13-Watt-PC
20 Bauvorschlag für einen starken Ryzen-PC
26 Bauvorschlag: Mini-ITX-PC für Gamer



KAUFBERATUNG SSDS UND FESTPLATTEN

Schnelle Solid-State Disks sind ein Garant für flottes Arbeiten, während Festplatten riesige Datenmengen aufnehmen. Unser Ratgeber hilft bei der Entscheidung für den passenden Massenspeicher. Zudem haben wir aktuelle PCI-Express-4.0-SSDs getestet.

34 Der c't-Leitfaden für Massenspeicher
40 SSDs-Kaufberatung und Auswahlhilfe
44 Grundlagenwissen zu Festplatten
48 Schnelle, kleine und spezielle PCIe-SSDs
54 Superschnell per USB und Thunderbolt

AKTUELLE KOMPONENTEN IM TEST

AMD Ryzen 7000 und Core i-13000 liegen frisch an der Hardware-Theke. Wir haben nicht nur die Prozessoren, sondern auch passende Mainboards sowie attraktive Grafikkarten und PC-Gehäuse getestet und erklären wie DDR5-RAM funktioniert.

60 Vier Ryzen-7000-CPUs mit 6 bis 16 Kernen
68 AM5-Mainboards für Ryzen-7000-CPUs
76 Intel Core i9-13900K und i5-13600K
82 Preiswerte LGA1700-Mainboards
88 DDR5-RAM bringt mehr Speed
90 Gehäuse für starke Rechner mit USB-C
96 Sechs 300-Euro-Grafikkarten im Test

AUF- UND UMRÜSTEN

Alte Hardware muss nicht zwingend auf den Schrott. So lohnt ein Upgrade bei Systemen mit den ersten Ryzen-Generationen. Unser Praxis-Artikel und der CPU-Test zeigen, wie das klappt und welche günstigen Ryzen 5000 dafür die beste Wahl sind.

106 Bauvorschläge mit Ryzen 5000 aufrüsten
108 Ryzen-4000- und -5000-Prozessoren
112 Ryzen-Sechzehnkerner auf 45-Euro-Board

ZUM HEFT

3 Editorial
33 Aktion: heise Security Webinar „Sichere Konfiguration von Büro-PCs: Hardware und BIOS-Setup“
114 Impressum



Der optimale PC 2023

Der beinharte Konkurrenzkampf zwischen Intel und AMD beschert PC-Selbstbauern eine Auswahl an guten, schnellen Prozessoren und Plattformen wie schon lange nicht mehr. Unsere Tipps und zwei neue Bauvorschläge helfen, den für Sie optimalen PC zu bauen.

Von **Carsten Spille**



Kaufberatung für die wichtigsten PC-Komponenten	6
Bauvorschlag für einen 13-Watt-PC	14
Bauvorschlag für einen starken Ryzen-PC	20
Bauvorschlag: Mini-ITX-PC für Gamer	26

Winterzeit ist Bastelzeit. Nicht nur sind die Tage kurz und die Abende lang, viele nutzen auch die Kombi aus Weihnachtsgeld und Rabattschlachten, um sich einen neuen PC nach Maß zu gönnen. Da kommen die vielen Neuvorstellungen der letzten Zeit gerade recht: AMD führt mit dem Plattformwechsel auf AM5 auch Prozessoren mit deutlichem Leistungssprung ein und bietet die bewährte AM4-Technik zum Schleuderpreis an. Intel hält zumindest im High-End dagegen und übertrumpft AMD bei der Multithreading-Leistung. Moderner DDR5-Speicher wird zwar nur langsam bezahlbarer, bei den Grafikkarten kehrt aber zumindest in der Mittelklasse preisliche Normalität zurück und im obersten High-End stellt Nvidias RTX 4000 neue Leistungsrekorde auf, während AMD seinen Konter bereits angekündigt hat. Auch bei den SSD-Kärtchen im M.2-Format versprechen erste Modelle mit PCI Express 5.0 neue Geschwindigkeitsrekorde, während die alte Garde im Preis nachgibt.

In diesem Umfeld helfen wir Ihnen mit unserer umfangreichen Komponenten-Kaufberatung, die optimalen Bauteile für Ihren Wunsch-PC zusammenzustellen. Wer eine erprobte Zusammenstellung vorzieht, bekommt diese in Form unserer beiden neuen Bauvorschläge. Wir haben einen „Vernunft-PC“ für rund 800 Euro mit aktuellem Sechskernprozessor, 16 GByte Speicher und einer 1-TByte-SSD im Angebot, der im Leerlauf mit 13 Watt sehr sparsam und quasi unhörbar ist und auch unter Volllast nicht messbar lauter wird.

Alternativ dazu haben wir ein topmodernes AM5-System zusammengestellt, bei dem wir mit dem sechzehnkernigen Ryzen 9 7950X aufs Ganze gegangen sind. Er ist im Leerlauf ebenfalls extrem leise und macht auch bestückt mit einer Gaming-Grafikkarte nur wenig Krach, da wir ihn im effizienten Eco-Modus mit 105 Watt TDP betreiben. Er braucht wegen des höheren Leistungsniveaus der Plattform aber im Leerlauf deutlich mehr Strom und ist auch deutlich teurer. Dafür werden auch anspruchsvolle Anwender mit ihm in den nächsten Jahren kaum Leistungssorgen haben.

Bauvorschlags-Klassiker

Wem all das zu kompliziert oder zu teuer ist oder wer einfach nur ein wenig spielen will, für den haben wir in bereits erschienenen c’t-Ausgaben weitere Vorschläge zusammengestellt. Da wäre zum Beispiel der sparsame Mini-PC mit Hardwarekosten von lediglich 345 Euro [1] – das modernere Nachfolgemodell samt Alder-Lake-CPU kostet deutlich über 400 Euro. Wem der Pentium Gold des Budget-Vorschlags nicht ausreicht, der kann mit einem besseren Kühler auch einen Core i5-11400 leise betreiben, überschreitet dann aber die 500-Euro-Marke [2].

Spielernaturen mit Fingerspitzengefühl spricht vielleicht unser Mini-ITX-Gamer für derzeit rund 1400 Euro an (siehe S. 26). Er verwendet denselben Prozessortyp wie der 13-Watt-Bauvorschlag von Seite 14, allerdings in der Version ohne Grafik. Denn im ebenso winzigen wie edlen 11-Liter-Gehäuse findet eine GeForce RTX 3060 Ti Platz, die für Spiele bis WQHD-Auflösung mit 2560 × 1440 Bildpunkten, inklusive Raytracing-Option bis 1920 × 1080 Pixel, genügend Leistung verspricht.

Projektseite mit Leserforum

Auf der Projektseite zu unseren Bauvorschlägen finden Sie die Listen mit den Komponenten in elektronischer Form. Zudem haben wir dort die nötigen Einstellungen für das BIOS-Setup hinterlegt, damit Sie unsere Bauvorschläge 1:1 nachbauen können. Im Diskussionsforum können Sie uns Fragen stellen und sich mit anderen Schraubern austauschen.

Projektseite und Forum: ct.de/w2vp

Vorentscheidung: Wahl der Plattform

Die Plattform, also die Architektur und Prozessorfassung des Mainboards, bestimmt die weiteren Auswahlmöglichkeiten für Prozessor, Typ und Menge des Speichers oder PCI-Express-Version und damit auch für die M.2- und SATA-Anschlüsse für SSDs.

Die jeweils neuesten Plattformen heißen LGA1700 von Intel und AM5 von AMD, wobei es auch noch eine reichhaltige Auswahl für die bewährte AM4-Architektur gibt.

LGA1700-Mainboards nehmen Core i-12000- oder Core i-13000-Prozessoren mit bis zu 24 Kernen auf. Ihre PCIe-Steckplätze für die Grafikkarte können PCIe 5.0 unterstützen, ob die Mainboards das auch

durchreichen, hängt vom Platinen-Typ ab. Intel-Nutzer haben außerdem die Wahl zwischen Boards mit Speicherfassungen für DDR4- oder DDR5-Module. Es gibt zwar auch noch ältere LGA1200-Hardware zu kaufen, die aber meist nicht einmal merklich weniger kostet – Ausnahmen bestätigen die Regel.

AMD hat seine neuen Ryzen-7000-Prozessoren für die Fassung AM5 gerade herausgebracht. Derzeit bietet der Hersteller vier CPUs an, die alle in der Klasse über 100 Watt angesiedelt sind und damit eher für Hochleistungs-PCs taugen. Das unterstreichen auch die hohen Preise, speziell für die nötigen Mainboards mit X670(E)- oder B650(E)-Chipsatz, von denen nur die teuren E-Modelle die PCIe-5.0-Lanes vom Prozessor an PEG-Steckplatz oder M.2-SSD durchreichen. Um den schnellen, aber teuren DDR5-Arbeitsspeicher kommt man anders als bei Intels LGA1700 nicht herum.

Wer nicht das Neueste vom Neuen braucht, kann mit der ausgereiften AM4-Hardware derzeit sehr günstig einen Rechner zusammenstellen. Boards, Speicher und Prozessoren kosten jeweils deutlich weniger als die AM5-Pendants und sind für die allermeisten Aufgaben mehr als schnell genug. Den Sechskerner Ryzen 5 4500 bekommt man beispielsweise bereits für unter 80 Euro. AM4-Systeme beherrschen maximal PCI-Express 4.0, doch das ist für aktuelle Hardware kein Nachteil, nicht einmal die derzeit schnellsten Spielergrafikkarten haben schon PCIe 5.0.

Schnelle USB-Buchsen mit verdrehsicherem Typ-C-Anschluss und bis zu 20 Gbit/s oder gleich Thunderbolt, flottes WLAN oder 2,5- bis 10-GBit/s-Ethernet sind auf all diesen Plattformen möglich und hängen von der Wahl des konkreten Mainboards ab.

Die High-End-Desktop-Plattformen (HEDT) mit ihren teuren CPUs sind dagegen nahezu ausgestorben.

Aktuelle Prozessoren für Desktop-PCs

Prozessor	Fassung	Kerne / Threads	Takt (E-Kerne) / Turbo [GHz]	Leistungsaufnahme [Leerlauf / CPU-Volllast]	SYSmark 25 Gesamt [Punkte]	Cinebench R23 ST [Punkte]	Cinebench R23 MT [Punkte]	Preis/Leistung [CB R23 MT Punkte/€]	Preis
				◀ besser	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	
AMD Ryzen 9 7950X	AM5	16 / 32	4,5 / 5,7	41/297	2249	2068	38944	50,6	770 €
Intel Core i9-13900K	LGA1700	8P(+16E) / 32	3,0 (2,2) / 5,8 (4,3)	46/379	1976	2177	38039	51,4	740 €
AMD Ryzen 9 7950X Eco[1]	AM5	16 / 32	4,5 / 5,7	35/193	–[2]	2024	36144	46,9	770 €
AMD Ryzen 9 7900X	AM5	12 / 24	4,7 / 5,6	41/274	–[2]	2042	29265	50,9	575 €
Intel Core i9-12900K	LGA1700	8P(+8E) / 24	3,2 (2,4) / 5,2 (3,9)	32/345	2048	2034	27702	48,6	570 €
AMD Ryzen 9 5950X	AM4	16 / 32	3,4 / 4,9	32/165	1651	1633	25203	43,1	585 €
Intel Core i5-13600K	LGA1700	6P(+8E) / 20	3,5 (2,6) / 5,1 (3,9)	39/271	1892	1955	23999	65,8	365 €
AMD Ryzen 9 3950X	AM4	16 / 32	3,5 / 4,7	34/156	1374	1353	23651	29,6	800 €
Intel Core i7-12700K	LGA1700	8P(+4E) / 20	3,6 (2,7) / 5,0 (3,8)	30/274	2009	1950	23032	56,9	405 €
AMD Ryzen 9 5900X	AM4	12 / 24	3,7 / 4,8	31/164	1647	1623	20837	54,8	380 €
AMD Ryzen 7 7700X	AM5	8 / 16	4,5 / 5,4	39/217	2242	2008	20212	48,1	420 €
Intel Core i5-12600K	LGA1700	6P(+4E) / 16	3,7 (2,8) / 4,9 (3,6)	30/207	1939	1918	17668	57,9	305 €
Intel Core i7-12700[1]	LGA1700	8P(+4E) / 20	2,1 (1,6) / 4,9 (3,6)	13/257	1944	1892	17019	42,5	400 €
Intel Core i9-10900K	LGA1200	10 / 20	3,7 / 5,3	27/308	1507	1349	15841	40,6	390 €
AMD Ryzen 7 5800X	AM4	8 / 16	3,8 / 4,7	30/171	1688	1602	15642	63,8	245 €
AMD Ryzen 5 7600X	AM5	6 / 16	4,7 / 5,3	40/191	2149	1965	15569	48,7	320 €
Intel Core i9-11900K	LGA1200	8 / 16	3,5 / 5,3	32/270	1800	1655	15036	40,1	375 €
AMD Ryzen 7 5800X3D	AM4	8 / 16	3,4 / 4,5	32/175	1656	1487	14808	41,1	360 €
AMD Ryzen 7 5700G	AM4	8 / 16	3,8 / 4,6	14/84	1509	1501	14074	70,4	200 €
AMD Ryzen 7 3800X	AM4	8 / 16	3,9 / 4,5	33/181	1390	1351	13104	43,0	305 €
Intel Core i5-12400[1]	LGA1700	6 / 12	2,5 / 4,4	13/142	1720	1700	12077	53,7	225 €
AMD Ryzen 5 5600X	AM4	6 / 12	3,7 / 4,6	31/102	1578	1536	10965	62,7	175 €
AMD Ryzen 7 2700X	AM4	8 / 16	3,7 / 4,3	25/206	1164	1141	10639	53,2	200 €
AMD Ryzen 7 1800X	AM4	8 / 16	3,6 / 4,0	26/161	1043	1024	9369	39,9	235 €

[1] Werte der Bauvorschläge, Eco-Modus beim R9-7950X mit 105 Watt TDP/142 Watt PPT [2] keine Messung



Mit den AM5-Prozessoren (links mittig im Bild) führt AMD nun auch beim Desktop den LGA-Anschluss ohne Prozessorbeinchen ein. Zuvor nutzten ihn bereits Intel (unten links) und AMDs Server- und Workstation-CPUs (rechts).

Das liegt auch am großen Leistungssprung, den die Mainstream-Desktops gemacht haben. Der Ryzen 9 7950X aus unserem Bauvorschlag hat wie schon seine beiden Vorgänger bei der Kernzahl mit dem ersten Threadripper-Modell 1950X von vor 5,5 Jahren gleichgezogen [3]. Bei der Performance, die wir exemplarisch im Rendering-Benchmark Cinebench R23 nachgemessen haben, schlägt er den Prozessor aus unserem Bauvorschlag von 2017 jedoch um Faktor zwei und dürfte auch den rund 65 Prozent schnelleren Threadripper 2990WX noch packen. Moderne Ryzen Threadripper Pro 5000 gibt es zwar mit bis zu 64 Kernen, aber dann kostet auch der Prozessor allein über 7000 Euro und selbst ein 24-Kerner schlägt mit 2500 Euro zu Buche.

Lediglich wer die massive Anzahl an PCIe-Express-Lanes für Erweiterungskarten nutzen muss oder einen Speicherausbau jenseits von 128 GByte anstrebt, ist auf Threadripper (AMD) oder mit Abstrichen Intels Core X angewiesen.

Prozessor: Watt-Wahnsinn

Der Hauptprozessor wird nicht umsonst das Hirn des PCs genannt. Seine Leistungsfähigkeit trägt entscheidend zur Gesamtperformance des Rechners bei. Wichtig dafür sind seine Mikroarchitektur und die Taktrate, die zusammen mit der Anzahl der CPU-Kerne über die Leistungsklasse und damit den Preis entscheidet.

Prozessoren mit aktueller Architektur wie den Celeron G6900 für LGA1700 gibt es sogar schon für weniger als 50 Euro. Allerdings haben diese dann nur zwei Prozessorkerne, was moderne Betriebssysteme mit ihren vielen Hintergrundprozessen merklich träge werden lässt, auch ohne dass mehrere aufwendige Programme laufen. Jedoch profitieren nur die allerwenigsten Programme von vielen CPU-Kernen. Für die meisten Programme stellt sich irgendwo zwischen vier und zwölf Kernen eine Sättigung ein, ab der weitere Rechenwerke nur noch ein marginales Leistungsplus bringen.

Für Alltags-PCs empfehlen wir daher Prozessoren mit sechs Kernen, die ein gutes Gleichgewicht aus Leistung und Preis bieten. So kostet der Core i5-12400 etwa 190 Euro, rund 35 Euro mehr als der Vierkerner i3-12100, aber über 100 Euro weniger als der günstigste Zehnkerner für die Fassung LGA1700 (einen reinen Achtkerner gibt es nicht), und er hat mit seinen sechs Performance-Kernen genügend Leistung für die allermeisten Anwendungen.

Bei AMD greifen Sparfüchse derzeit zum AM4-Prozessor Ryzen 5 5600G mit sechs Kernen und integrierter Grafik. Eine GPU haben die Varianten ohne „G“ im Namen nämlich erst in der 7000-Generation – für rund 130 Euro. Der Achtkerner kostet bereits 50 Prozent mehr und lohnt für Büro-PCs kaum.

Spieler freuen sich derzeit über den vergleichsweise günstigen Ryzen 7 5800X3D mit seinem riesigen 3D-Cache, der speziell Spielen, aber auch mancher Spezialanwendung bei Digital Audio Workstations Flügel verleiht. Der große Cache bringt viel mehr Performance, als es zusätzliche Kerne tun würden. In der ersten Jahreshälfte 2023 erwartet man erste AM5-Prozessoren mit dieser Technik.

Nicht nur bei der Performance holen die Mainstream-CPUs die HEDTs ein. Leider stellen die schnellsten Mainstream-Prozessoren auch immer neue Rekorde bei der Leistungsaufnahme auf. Der PC mit Ryzen 9 7950X schluckte im Test knapp 300 Watt im Dauerlauf unter Volllast, der Core i9-13900K trieb es mit beinahe 380 Watt auf die Spitze. Dafür bekommen High-End-Enthusiasten in dieser Klasse auch CPU-Leistung satt – und zwar sowohl im Single- als auch im Multithreading-Einsatz. In beiden Disziplinen sind die teureren AM5- und LGA1700-Prozessoren so dicht beieinander, wie es AMD und Intel schon lange nicht mehr waren.

Netzteil und Gehäuse: Nicht zu sparsam sein!

Das Gros der Netzteile ist für ATX-Gehäuse gemacht, aber besonders kleine PC-Wohnungen für Mini-ITX-Mainboards bieten oft nur kompakteren Netzteilen im SFX-(L)-Format Platz. Ein Gradmesser der Effizienz



High-End-PC mit Ryzen 9 7950X

Trotz rasend schneller 16-Kern-CPU und satten 32 GByte flottem DDR5-Speicher bleibt der High-End-Bauvorschlag in der Eco-Konfiguration auch mit Luftkühlung flüsterleise. Mit der stärkeren der beiden Grafikkartenoptionen, einer Radeon RX 6800, wird aus ihm eine potente Spielemaschine, der auch in 4K-Auflösung noch nicht die Puste ausgeht.

- **rasend schneller 16-Kerner**
- **superleise im Betrieb**
- **nicht der sparsamste**



13-Watt-PC mit Core i5-12400

Mit Sechskern-CPU, 16 GByte Speicher und einer 1-TByte-SSD ist unser Multitalent für die allermeisten Szenarien perfekt gerüstet. Für rund 800 Euro bleibt er sparsam und fast unhörbar leise selbst unter Last. Mit schnellem Wi-Fi 6E und Front-USB-C bleiben auch in Sachen Konnektivität kaum Wünsche offen. Wer spielen will, kann einfach eine Grafikkarte nachrüsten.

- **sparsam und leise**
- **schnelles Wi-Fi 6E**
- **nur mit Grafikkarte spieletauglich**

sind die 80plus-Zertifikate: 80plus, 80plus Bronze, Silber, Gold, Platinum und Titanium bezeichnen zunehmend höhere Effizienzstufen. Allerdings sind besonders Platinum- oder Titanium-zertifizierte Modelle oft überproportional teuer. Hohe Aufpreise lohnen bei normal genutzten PCs selbst bei den derzeitigen Energiepreisen also kaum.

Was der Nutzer meist direkt bemerkt, ist die Lautstärke des Lüfters. Wenn Sie für Ihren PC kein Modell aus unseren Bauvorschlägen nutzen, sollten Sie darauf achten, dass der Lüfter einen möglichst großen Durchmesser hat, da er dann tendenziell langsamer dreht. Bei der nominellen Wattangabe sollten Sie etwas Puffer einplanen, denn einzelne Leistungsspitzen können teils deutlich über die TDP-Summe hinausgehen. Ein AM5-Prozessor mit nominellen 170 Watt TDP etwa darf, wenn Kühlung und andere Parameter stimmen, bis zu 230 Watt ziehen, ein 125-Watt-Intel-K-Prozessor bei vielen Mainboards dauerhaft über 250 Watt.

Grafikkarten haben auch Lastspitzen im Millisekundenbereich, die mehr als 100 Watt oberhalb der offiziellen TDP liegen. Ein aktueller Mainstream-PC ohne separate Grafikkarte schluckt im Dauerlastbetrieb teils schon mehr als 300 Watt. Daher empfiehlt es sich, beim Netzteil nicht zu geizen und sicherheitshalber ein 400-Watt-Modell einzuplanen, damit ein kleines bisschen Reserve für Mainboard oder zusätzliche Laufwerke vorhanden ist. Soll eine leistungsstarke, für 3D-Spiele geeignete Grafikkarte dazukommen, zählen Sie deren TDP zu dieser Basis von 300 Watt dazu: GeForce RTX 3060 oder Radeon RX 6600 mit 170 respektive 130 Watt sollten Sie mit 500 bis 550 Watt befeuern, bei einem Spitzenmodell wie der GeForce RTX 4090 mit 450 Watt TDP oder der Radeon RX 7900 XTX mit 355 Watt empfehlen die Hersteller vorsichtshalber 850-Watt-Netzteile.

Das Gehäuse kann man oft vom Altrechner übernehmen – ein kleiner Beitrag zur Nachhaltigkeit, sofern der Rechner ansonsten nicht komplett in der Familie weitergereicht oder auf den Gebrauchtmarkt wandert. Wenn jedoch ein geringerer Platzverbrauch oder ein flotter, gut erreichbarer USB-C-Anschluss an der Front auf dem Wunschzettel steht, müssen Sie beim neuen Gehäuse hauptsächlich die Größe und die Optik beachten.

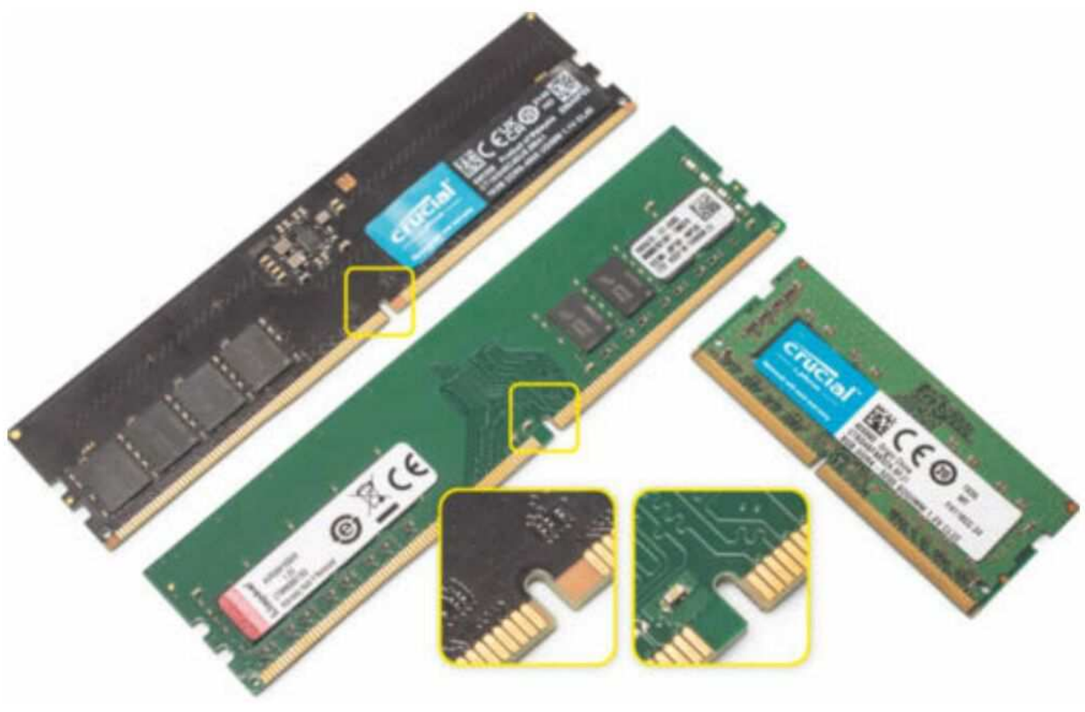
Am wichtigsten: Das Gehäuse muss zum gewählten Mainboard passen. Standard- oder E-ATX-Gehäuse nehmen meist auch Mainboards im Micro-ATX, DTX- oder Mini-ITX-Format auf und haben dann viel freien Platz drumherum. Wenn Sie beispielsweise den DVD-Brenner noch vom alten PC hinüberretten

wollen, müssen Sie bei der Gehäusewahl auf passende Einschübe achten, vielen neuen Gehäusen fehlen die 5,25-Zoll-Schächte. Wenn das der Fall ist, können Sie stattdessen auch ein optisches Laufwerk mit USB-Anschluss kaufen. Das nutzt man bei Bedarf und ohne Gebastel an jedem Rechner im Haus und packt es ansonsten in die Schublade.

RAM und SSD: kurze und lange Speicher

Der Arbeitsspeicher hält Daten von SSD für die Verwendung durch den Prozessor vor. Ist das RAM voll, leidet der teure Rechenknecht unter Datenmangel und dreht Däumchen. Ein adäquater Speicherausbau ist daher essenziell. Mit weniger als 16 GByte sollten Sie einen Rechner, an dem Sie länger Freude haben wollen, nur unter einer Bedingung planen: Sie wollen sinkende Preise für das noch teure DDR5-RAM abwarten und bestücken erst einmal nur die Hälfte der RAM-Slots.

Ansonsten sind 16 GByte ein gesundes Mittelmaß, mit dem es sich noch ein paar Jahre gut arbeiten lassen wird. Wer allerdings besonders aufwendige Projekte visualisieren, 8K-Videoschnitt oder aufwendige Bildbearbeitung betreiben will, der kann auch jetzt schon zu 32 GByte greifen. Wichtig ist, dass Sie zur Spezifikation Ihres Prozessors passende Geschwindigkeiten für die DIMMs (Dual Inline Memory Module) heraussuchen, um keine Performance liegenzulassen. Das ist gerade bei DDR5-Speicher etwas tricky: Core i-12000-CPUs beherrschen DDR5-4800, die Core i-13000 können bereits DDR5-5600 und AM5-CPUs liegen mit DDR5-5200 dazwischen.



Aktueller DDR5-Speicher (oben links) ist wesentlich schneller als DDR4-DIMMs (Mitte) oder -SODIMMs für Notebooks (rechts). Die Kerben in der Mitte stellen sicher, dass man nicht versehentlich das falsche DIMM in die Speicherfassung steckt.

Die DIMMs sollten diese Geschwindigkeit ohne Zuhilfenahme von Memory-Profilen wie Intels XMP oder AMDs Expo (früher AMP) erreichen – diese Angaben finden Sie im Datenblatt. Ansonsten ist nämlich ohne die Aktivierung dieses Profils nur Basisgeschwindigkeit mit meist miesen Timings möglich. Aktiviert man hingegen XMP oder EXPO, treibt das in vielen Fällen die Leistungsaufnahme im Leerlauf hoch und ist der Stabilität des Rechners nicht immer zuträglich. Was bei einem 3D-Spiel vielleicht noch ein zuckendes Polygon ist, mag in einer komplizierten Excel-Tabelle oder einer Konstruktionszeichnung zu einem Fehler führen.

Eine bunte Beleuchtung via RGB-LEDs ist hauptsächlich Geschmackssache. Auf die Blechdeckel, die oft großspurig als RAM-Kühler bezeichnet werden, sollten Sie lieber verzichten. Sie reduzieren hauptsächlich die Kompatibilität mit Luftkühlern, wenn sie zu weit über das eigentliche Modul hinausragen. Im schlimmsten Fall kommt es zur Kollision zwischen beiden und der Kühler lässt sich nicht ordnungsgemäß montieren.

Bei Massenspeichern ist der Trend eindeutig: Das Betriebssystem kommt für optimale Performance auf eine M.2-SSD mit NVMe-Protokoll. Am gängigsten ist dabei die Klasse 2280 mit acht Zentimetern Länge. Sie sollte mindestens aus der 500-GByte-Liga stammen, ein besseres Preis-pro-Gigabyte-Verhältnis bieten inzwischen aber bereits Kärtchen mit 1 TByte. Wir empfehlen, nicht blind dem günstigsten Preis nachzulaufen, sondern lieber auf die Ergebnisse unserer regelmäßigen Tests oder zur Not die Expertise bekannter Markenhersteller zu vertrauen. Sie vertrauen der SSD schließlich Ihre Daten zwischen zwei Backups an! Wenn Sie häufig große Datenmengen hin und her schaufeln, sollten Sie zusätzlich darauf achten, eine SSD mit TLC- anstelle von QLC-Flash zu kaufen. QLC ist aufgrund effizienten Cachings anfangs zwar ähnlich flott wie TLC, wird nach einigen übertragenen Gigabyte aber langsamer und bricht oft auf Werte unterhalb von herkömmlichen Festplatten ein.

SATA-SSDs sind inzwischen nur noch unwesentlich billiger, dafür aber viel lahmer und zudem aufwendiger einzubauen. Besitzen Sie noch alte SATA-SSDs, spricht aber nichts dagegen, diese weiterzunutzen. Denn der Hauptteil des SSD-typischen Beschleunigungseffekts gegenüber Festplatten ergibt

Problemfälle: Genau so, nur anders

Immer wieder erreichen uns Anfragen mit der Bitte um Hilfe zu einem der Bauvorschläge. Mal schluckt das System zu viel Strom, mal überhitzt die CPU oder der Rechner wird zu laut. Auf Nachfrage, ob denn nach unserer Anleitung vorgegangen wurde, kommt dann oft die Antwort: „Ja, ich habe das genau so nachgebaut, nur ein wenig anders!“

Die Sache ist die: Ein anderes Prozessormodell aus derselben Baureihe, aber mit höherer TDP-Klasse kann deutlich mehr Leistung aufnehmen. Dann wirds wärmer, der CPU-Lüfter dreht schneller und macht zu viel Krach. Dasselbe gilt, wenn man eine andere Grafikkarte mit gleichem GPU-Typ wählt, etwa um 10 Euro zu sparen. Sie mag dieselbe Performance liefern, kann dabei aber lauter werden – oder noch leiser, weil der Hersteller einen völlig anderen Kühler draufpackt. Das gleich teure Mainboard eines anderen Herstellers hat vielleicht eine vergurkte Lüftersteuerung oder stellt die Power Limits der CPU falsch ein. Selbstverständlich können Sie also unsere Bauvorschläge nach Ihrem Gusto anpassen. Die Messwerte und Einstellungen gelten allerdings nur für die von uns vorgestellten Kombinationen inklusive passender Settings im BIOS-Setup.

sich aus der extrem kurzen Zugriffszeit auf beliebige Sektoren, nicht aus der reinen Transferrate. Deshalb spüren nur die wenigsten den Unterschied zwischen einer NVMe-SSD mit PCIe 3.0 und einer mit PCIe 4.0, auch wenn er sich messtechnisch erfassen lässt.

Von Festplatten raten wir für den Einsatz im Desktop-PC ab – außer vielleicht als Sammelstelle für selten genutzte Daten wie das Foto-Archiv oder die Filmsammlung, auf die nur sequenziell zugegriffen wird.

Grafikkarte: Für Gutbetuchte

Bei den während des Kryptogoldrauschs drastisch überteuerten Grafikkarten gibt es gute und schlechte Nachrichten. Die guten: Es gibt Bewegung bei den Preisen in der Mittelklasse. 3D-Karten für flüssiges Zocken mit bis zu 2560 × 1440 Bildpunkten kosten inzwischen keine vierstelligen Beträge mehr und mit Intels Arc-Grafikkarten A380 bis A770 ist ein zusätzlicher Konkurrent für Nvidias GeForces und AMDs Radeons auf den Plan getreten.

Die zweite gute Nachricht: Mit AMDs Ryzen 7000 hat jetzt auch die Intel-Konkurrenz serienmäßig eine integrierte Grafikeinheit, sodass viele PC-Bastler, die keine oder nur sehr alte 3D-Spiele zocken wollen, komplett auf die Grafikkarte verzichten können.

Wer jedoch ernsthaft spielen will oder eine Grafikkarte für andere Berechnungen wie bei der Videobearbeitung, bei Raw-Foto-Konvertern oder im 3D-Rendering mit Programmen wie Blender, Cinema 4D einsetzt, dem reicht die integrierte Grafikeinheit in der Regel nicht mehr und eine dedizierte Karte muss her. Die aktuellen Baureihen sind GeForce RTX 3000/4000, Radeon RX 6000/7000 und Intels Arc A-Serie. Sie alle steuern mehrere Bildschirme bis 8K-Auf-

Leistungsvergleich Bauvorschläge unter Windows 11: Benchmarks und Messwerte

PC-Bauvorschlag	Cinebench R23 1T / MT	3DMark Firestrike	Assassin's Creed Odyssey, hoch, WQHD / Full HD Ø [fps]	Rise of the Tomb Raider, hoch, WQHD / Full HD Ø [fps]	Lautheit Leerlauf / CPU- / Volllast [sone]	Leistungsaufnahme Leerlauf / CPU- / Volllast [W]
	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	◀ besser	◀ besser
13-Watt-PC	1700/12077	2140	-	-	<0,1/<0,1/<0,1	13/100/103
+ Radeon RX 6600	1716/12161	19985	77/105	80/122	<0,1/<0,1/0,4	15/106/249
+ Core i7-12700 / RX 6600	1892/17019	20596	78/109	80/122	<0,1/<0,1/0,4	16/108/247
High-End-PC	2024/36144	2056	-	-	<0,1/0,1/0,2	35/193/203
+ Radeon RX 6600	2018/36091	21440	80/115	82/126	<0,1/0,1/0,5	42/200/330
+ Radeon RX 6800	2041/35866	39375	128/132	159/221	<0,1/0,1/0,6	52/210/454

WQHD: 2560 × 1440, Full HD: 1920 × 1080 — keine Messung, zu langsam



Grafikkarten gibt es in allen möglichen Formen und Größen. Vom IGP-Ersatz Nvidia Quadro T400 mit 3 × Mini-DP (oben links) über unsere Bauvorschlagsoption Radeon RX 6600 (unten Mitte) mit zwei großen Lüftern bis hin zu mächtigen Quad-Slot-Trümmern wie der GeForce RTX 4090 oben im Bild.



Bei Massenspeichern setzen sich die kleinen M.2-SSD-Kärtchen durch. Gängig sind bereits 2 TByte Kapazität und Transferraten von über 3 GByte/s. Kühlkörper (ganz links) sind mehr Zierrat, als dass sie die Leistung außerhalb synthetischer Benchmarks wirklich verbessern.

lösung an und bieten moderne Videodecoder, die den Prozessor entlasten. RTX 3000 und Radeon RX 6000 haben als einzige in dieser Liste keine Hardware, um die CPU auch beim Encoding von AV1-Formaten zu unterstützen; das volle Programm beim De- und Encoding vereint aber auch schon Intels Arc A380, die es teils für weniger als 200 Euro gibt. Damit ist sie für Videofans eine deutlich günstigere Wahl als die teuren RTX 4000 oder RX 7900.

Generell sollten auch Spieler mit Full-HD-Bildschirmauflösung nur unter 8 GByte einsteigen, wenn das Budget höchste Priorität hat. Durch den großen Speicher liegen auch bei neuen Spielen die Texturen in Griffreichweite des Grafikchips und die Bilder laufen von weniger nervigen Stockern unterbrochen übers Display. Wer in Full-HD-Auflösung spielt, kommt noch mit einer Radeon RX 6600, GeForce RTX 3050 oder Intel Arc A750 aus, sollen es zusätzlich schicke Raytracing-Effekte sein, schaltet man entweder eine Detailstufe herunter oder aktiviert die zum Teil KI-gestützten Upscaler DLSS (Nvidia), FSR (AMD) respektive XeSS (Intel). Im Allgemeinen sind Radeon-Karten bei herkömmlichen Spielen schneller als GeForce-RTX-Karten derselben Preisliga, während die RTX bei Titeln mit Raytracing-Effekten auftrumpfen.

Für eine Auflösungsstufe mehr oder besonders hohe Bildraten für Monitore mit 120 Hertz und mehr bieten sich Karten ab der Radeon RX 6700 oder GeForce RTX 3060 Ti an. Wer hingegen mit 4K-Auflösung und vollen Details zocken möchte, greift je nach Budget und Qualitätsansprüchen in Spielen zu einer Grafikkarte ab der Radeon RX 6800 oder GeForce RTX 3070 – zusätzliches Raytracing stemmen aber erst noch teurere Karten in allen Titeln.

Mit RTX 4090 und 4080 sowie AMDs Radeon RX 7900 XT/XTX bedienen die beiden großen Hersteller gemeinsam den High-End-Fan, für den Geld keine oder kaum eine Rolle spielt. Zu Preisen von teils weit über 1000 Euro greifen nur absolute Hardcore-Zocker zu, bekommen dafür aber Rundum-sorglos-Leistung auch in höheren Auflösungen als 4K.

Fazit

Wenn Sie von unseren nachfolgenden Bauvorschlägen abweichen wollen und stattdessen andere Komponenten suchen, finden Sie in den c't-Ausgaben der vergangenen Monate zahlreiche weitere Tests zu Mainboards, SSDs, Prozessoren, Netzteilen und Gehäusen. Die Bauvorschläge auf den folgenden Seiten zeigen, wie Sie gängige Komponenten kombinieren, um ganz unterschiedliche Wünsche zu erfüllen. Für welche Teile oder für welchen Bauvorschlag Sie sich auch entscheiden: Viel Spaß beim Basteln! (csp) c't

Literatur

[1] Christian Hirsch, **Mini maximal**, Superleiser Mini-PC für 333 Euro, c't 24/2021, S. 26

[2] Carsten Spille, **Kraftkur**, Mini-PC-Bauvorschlag mit Core i5-11400-Prozessor, c't 5/2022, S. 154

[3] Christian Hirsch, **Wünsch dir was Luxuriöses**, High-End-Bauvorschlag mit AMD Ryzen Threadripper 1950X, c't 26/2017, S. 84



Bauvorschlag für einen 13-Watt-PC

Die Basisvariante unseres PC-Bauvorschlags mit Sechskernprozessor bleibt selbst unter Volllast flüsterleise und kommt bei ruhendem Desktop mit lediglich 13 Watt aus. Das System ist schon für die kommende Prozessorgeneration gerüstet und taugt mit optionaler Grafikkarte zum Spielen.

Von **Christian Hirsch**

Für einen universell nutzbaren Desktop-PC der Mittelklasse bieten Intel-Prozessoren derzeit das beste Verhältnis aus Preis und Leistung bei akzeptablem Energiebedarf. Für den Allround-Rechner setzen wir deshalb auf den Sechskerner Core i5-12400, 16 GByte Arbeitsspeicher und eine 1-TByte-SSD. Das genügt auch für anspruchsvolle Aufgaben wie Bild- und Videobearbeitung. Wie der Name 13-Watt-PC verrät, benötigt er im Leerlauf für einen flexibel konfigurierbaren Desktop-PC sehr wenig Energie und bleibt mit 0,1 Sone auch unter Volllast flüsterleise.

Fürs Gaming gibt es die Option, eine AMD Radeon RX 6600 einzubauen, die 3D-Spiele in 1080p- und

1440p-Auflösung flüssig aufs Display zaubert. Wer mehr Rechenleistung benötigt, kann beispielsweise statt des Core i5 den Zwölfkerner Core i7-12700 einsetzen und den RAM aufstocken. Der 13-Watt-PC nimmt aber auch günstigere Prozessoren bis hinunter zum 60-Euro-Dual-Core Celeron G6900 auf.

Manche Komponenten des 13-Watt-PCs dürften einigen Lesern bekannt vorkommen, weil er auf dem bewährten Alder-Lake-PC aus c't 9/2022 basiert [1]. Unter der Haube steckt aber viel Neues, damit der Rechner auch 2023 aktuell ist.

Upgrade-tauglich

Das Mainboard, die wichtigste Komponente eines Desktop-PCs, mussten wir entgegen unseren ursprünglichen Plänen austauschen. Auf der Habenseite steht, dass das bisherige MSI Pro B660M-A DDR4 als eines von nur zehn LGA1700-Boards vier digitale Displays ansteuert. Noch wichtiger war uns jedoch, dass in unserem 13-Watt-PC auch Core-i-13000-Prozessoren laufen, vor allem die für Januar 2023 geplanten 65-Watt-Varianten. Zwar arbeiten diese Raptor-Lake-Prozessoren in allen LGA1700-Boards, egal ob mit Serie-600- oder Z790-Chipsatz. Für erstgenannte ist jedoch ein aktuelles BIOS notwendig, das nicht älter als vom Juli 2022 sein darf.

Um sicherzugehen, haben wir das MSI Pro B660M-A DDR4 erneut gekauft und leider feststellen müssen, dass darauf die BIOS-Version 7D43v11 vom 1. März 2022 installiert war. Core-i-13000-CPUs booten jedoch erst mit der Firmware 7D43v17 vom 11. Juli 2022. Im Test mit dem Core i5-13600K blieb der Startvorgang direkt nach dem Einschalten hängen. Weil dem MSI-Board die Flashback-Funktion fehlt, mit der man auch ohne passende CPU das BIOS aktualisieren kann, muss man entweder wenig nachhaltig für 60 Euro den Celeron G6900 kaufen und übergangsweise einbauen. Oder alternativ für 25 Euro den Update-Service von MSI nutzen, für den Sie das Mainboard aber einschicken müssen (ct.de/wd4c).

Weil wir Ihnen diesen Aufwand ersparen wollen, haben wir uns stattdessen für das mit 155 Euro ähnlich teure Gigabyte B660M Gaming X AX DDR4 entschieden. Bei der Board-Auswahl legten wir außer auf BIOS-Flashback auf mehrere weitere Funktionen Wert: Vier DDR4-DIMM-Slots ermöglichen kostengünstiges Aufrüsten des Arbeitsspeichers. Zudem kostet DDR5-RAM 50 Prozent mehr als DDR4-Speicher und bringt nur in wenigen Anwendungen deutliche Vorteile. Des Weiteren war uns eine interne Key-A-Buchse wichtig, um daran den USB-C-Frontschluss vom PC-Gehäuse anzubinden. Über den integrierten Wi-Fi-6E-Adapter geht der Rechner drahtlos ins Internet. Der AX211-Adapter von Intel schafft im Test auf 20 Meter Entfernung rasend schnelle 747 Mbit/s. Wer kein WLAN möchte, kann stattdessen auch das ansonsten identische B660M Gaming X DDR4 kaufen, das 5 Euro weniger kostet.

Als das Board bei uns eintrudelte, haben wir direkt den Core i5-13600K eingebaut – allerdings blieb der Bildschirm wie beim MSI-Board dunkel. Das Board verließ bereits Anfang Februar 2022 mit der BIOS-Version F2 die Fabrik und lag dann monatelang beim Händler. Um es für einen Raptor-Lake-Prozessor fit zu machen, müssen Sie fürs BIOS-Flashback die aktuelle Firmware-Version F20 von der Gigabyte-Webseite herunterladen. Entpacken Sie die Zip-Datei und kopieren Sie die darin enthaltene Datei B660MGXAXDDR4.F20 auf einen FAT32-formatierten USB-Stick. Damit das Flashback funktioniert, müssen Sie diese in GIGABYTE.BIN umbenennen.

Verbinden Sie nun das Board lediglich mit dem 24-poligen ATX- und dem 8-poligen CPU-Stromstecker vom ATX-Netzteil, anderweitig bestücken brauchen Sie es nicht. Der USB-Stick kommt in den weißen USB-Port. Drücken Sie anschließend einmal kurz auf den QFlash-Plus-Knopf am unteren Board-Rand. Während das Board das BIOS aktualisiert, blinkt daneben eine kleine LED. Erlischt diese, können Sie das Netzteil wieder abschalten und den Stick abziehen.



Über den weißen USB-Port lässt sich das BIOS des Gigabyte B660M Gaming X AX DDR4 per Flashback auch ohne CPU aktualisieren.

Schneller Sechskerner

Gern hätten wir den Bauvorschlag mit einem der neuen Core-i-13000-Prozessoren ausgerüstet, die dank zusätzlicher Effizienzkerne beim Multithreading

über 30 Prozent schneller rechnen als die Vorgänger. Allerdings hat Intel die Power-Limits bei den sechs bislang vorgestellten „K“-Übertaktervarianten noch weiter aufgedreht (siehe S. 76). Selbst mit dem recht potenten CPU-Kühler Scythe Mugen 5 Rev. C erhitzte sich der Core i5-13600K mit den dauerhaft erlaubten 181 Watt auf 97 Grad und drosselte sich. Den Core i9-13900K mit satten 253 Watt haben wir deshalb erst gar nicht eingebaut. Statt noch mehr Geld für einen besseren Kühler herauszuwerfen, empfehlen wir Ihnen bis Januar zu warten, wenn die preiswerteren 65-Watt-Varianten der Core i-13000 erscheinen.

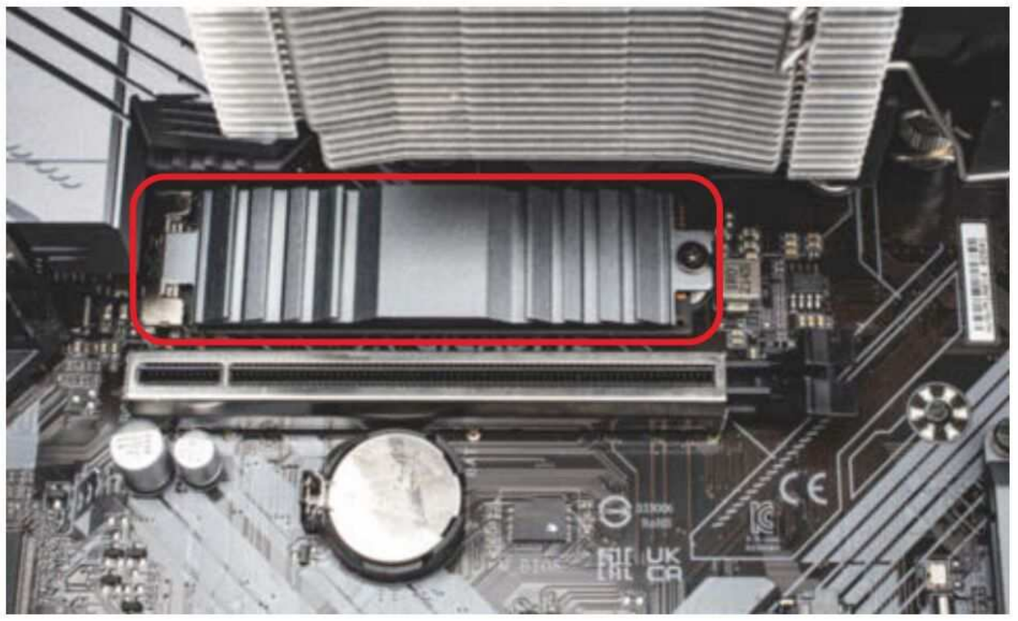
Aus diesem Grund bleibt es beim Core i5-12400. Dieser bietet mit sechs Kernen, 2,5 GHz Nominaltakt (Turbo: 4,4 GHz) und Hyper-Threading genug Leistung für Anwendungen, die von mehreren Threads profitieren, wie zum Beispiel Raw-Foto-Konverter, Videoprogramme oder Entwicklungsumgebungen.

Unter Dauervolllast kommt der 13-Watt-PC mit knapp über 100 Watt aus und ist dabei auch in leisen Umgebungen praktisch nicht wahrnehmbar. Weil Grafikkarten immer noch teuer sind, haben wir uns für die Standardvariante des Prozessors mit integrierter UHD-730-Grafik entschieden. Wer nicht spielen will, spart dadurch mindestens 100 Euro für eine Grafikkarte ein. Die Xe-GPU beschleunigt die Videowiedergabe auch von modernen Formaten wie H.265/HEVC, VP9 und AV1. Über DisplayPort 1.4a und HDMI 2.1 kann das Board zwei 4K-Displays zugleich mit ruckelfreien 60 Hertz ansteuern.

Wer vorhat, die Gaming-Variante mit der Radeon RX 6600 zu bauen oder eine andere Grafikkarte hinzustecken will, kann alternativ die 20 Euro günstigere F-Variante Core i5-12400F mit deaktivierter Grafik und ansonsten identischen Eigenschaften kaufen.

Speicher und SSD

Als Arbeitsspeicher haben wir uns für zwei DIMMs mit je 8 GByte Kapazität von Kingston entschieden, aber Sie können auch jedes andere DDR4-3200-Modul mit 1,2 Volt Spannung und einer CAS Latency von 22 nehmen. Overclocking-Module mit höherer Taktfrequenz beziehungsweise kürzeren Latenzen benötigen hingegen eine höhere Spannung und verwenden XMP-Speicherprofile. Diese haben wir nicht getestet, weil die CPU damit außerhalb der Spezifikation betrieben wird und der Performancegewinn den Aufpreis meist nicht rechtfertigt. Zudem verschlimmbessern einige Boards beim Aktivieren von XMP im BIOS-Setup weitere Parameter, die überhaupt nichts mit dem Speicher zu tun haben. Manchmal steigt dadurch die Leistungsaufnahme deutlich an.



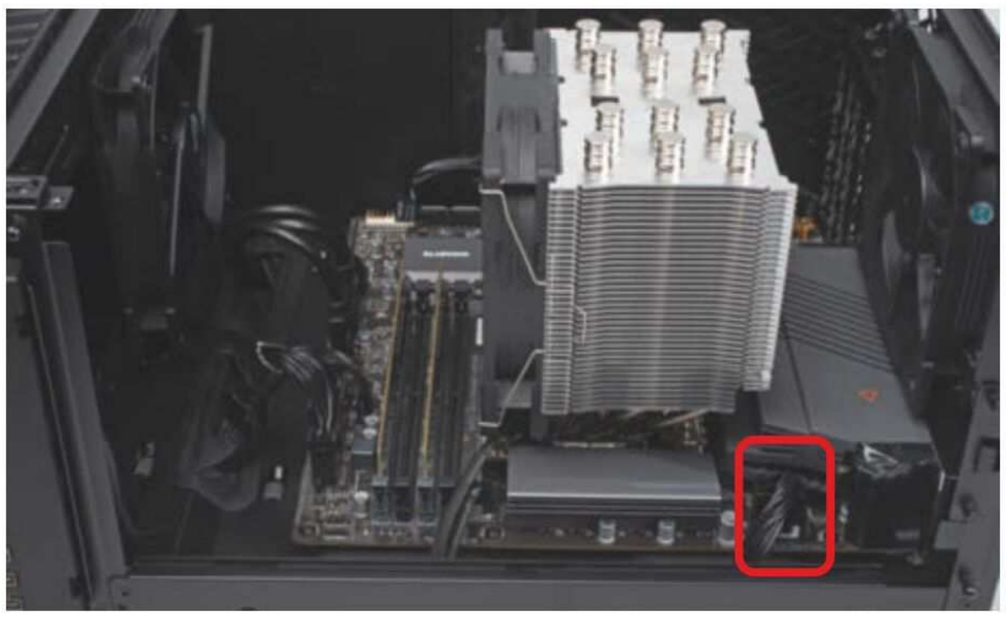
Die Betriebssystem-SSD sitzt im M.2-Slot direkt neben der CPU. Ein Kühlkörper vom Board leitet die Abwärme ab.

Der Grafikkartensteckplatz des Gigabyte B660M Gaming X AX DDR4 arbeitet maximal mit PCIe-4.0-Geschwindigkeit. Zwar können die Core-i-12000- und Core-i-13000-Prozessoren PCIe 5.0 am PEG-Slot, die schnellere Schnittstelle erfordert aber Boards mit sechs statt vier Layern und ist deshalb teureren Mainboards vorbehalten. In der Praxis spielt das keine Rolle, denn es gibt immer noch keine PCIe-5.0-Grafikkarten zu kaufen.

Für M.2-SSDs bringt das Board zwei Slots mit, die beide im PCIe-4.0-Modus arbeiten. Der obere M.2-Slot M2A_CPU hängt direkt an der CPU und sollte

13-Watt-PC: Teile

Komponenten	Produkt	Preis
Prozessor	Intel Core i5-12400 boxed (BX8071512400)	231 €
CPU-Kühler	Scythe Mugen 5 Rev. C (SCMG-5200)	55 €
Mainboard	GIGABYTE B660M Gaming X AX DDR4	157 €
Speicher	2 × Kingston ValueRAM DIMM 8GB, DDR4-3200, CL22-22-22 (KVR32N22S8/8)	58 €
SSD	Samsung SSD 980 1TB, M.2 (MZ-V8V1T0BW)	93 €
Gehäuse	Fractal Design Define 7 Mini Black Solid, schallgedämmt (FD-C-DEF7M-01)	122 €
Netzteil	Seasonic Core GM 500W ATX 2.4	70 €
	Summe (+ Versandkostenpauschale)	**786 € + 20 €**
Optionen		
Grafikkarte	ASRock Radeon RX 6600 Challenger D, RX6600 CLD 8G, 8GB GDDR6, HDMI, 3x DP	331 €
Prozessor	Intel Core i7-12700, boxed (BX8071512700)	400 €
Arbeitsspeicher	2 × Kingston ValueRAM DIMM 16GB, DDR4-3200, CL22-22-22 (KVR32N22D8/16)	110 €



Zur leichteren Montage können Sie das Gehäusedach abschrauben. So kommen Sie viel leichter an den ATX12V-Stecker, den der CPU-Kühler teilweise verdeckt.

deshalb mit der Betriebssystem-SSD bestückt werden. In der Praxis spürt man bei Desktop-Anwendungen keinen Unterschied zwischen PCI Express 3.0 und 4.0, weshalb wir eine Samsung SSD 980 mit PCIe-3.0-Interface und 1 TByte Kapazität ausgewählt haben. Sie schafft 3,5 GByte/s beim Lesen und schreibt Daten mit rund 2,3 GByte/s. Wer etwas Geld sparen will, kann auch die günstigere 512-GByte-Variante einbauen.

Weiterhin stellt das Gigabyte B660M Gaming X AX DDR4 2,5-Gbit/s-Ethernet sowie drei USB-A-Buchsen mit 5 Gbit/s in der I/O-Blende bereit. Für Eingabegeräte, Drucker und Webcams gibt es dort 5 × USB 2.0.

Bei der Prozessorfassung LGA1700 der Alder-Lake-CPUs liegen die Befestigungslöcher drei Millimeter weiter auseinander als bei vorherigen Fassungen für Intel-Prozessoren (78 statt 75 Millimeter). Zudem sind die Core-i-12000- und Core-i-13000-Prozessoren etwas flacher. Deshalb haben wir mit dem Scythe Mugen 5 Rev. C einen Kühler ausgewählt, der von Haus aus für LGA1700 taugt. Zudem ist er leistungsfähiger als der beim ursprünglichen Alder-Lake-Bauvorschlag verwendete Kühler.

Beim Netzteil haben wir ebenfalls auf ein stärkeres Modell gesetzt. Das Seasonic-Netzteil leistet 500 Watt und bietet zwei 6+2-poligen PEG-Stromstecker für kräftige Grafikkarten. Dennoch arbeitet es bei Teillast sehr effizient, sodass die Leerlaufleistungsaufnahme gering bleibt. Das Midi-Tower-Gehäuse Fractal Design Define 7 Mini passt zum Micro-ATX-Format des Mainboards und bietet unter anderem einen USB-C-Frontanschluss. Das Gehäuse besteht aus zwei Abteilen. Im unteren sind das Netzteil sowie zwei Einschübe für 3,5-Zoll-Laufwerken untergebracht. Im oberen Abschnitt befindet sich das Mainboard. Auf der Rückseite des Board-Trägers können Sie zwei 2,5-Zoll-SSDs montieren.

Erste Bauschritte

Der Zusammenbau des 13-Watt-PCs ist kein Hexenwerk, sofern Sie unsere Hinweise beachten. Sonst bereiten schon kleine vergessene Details wie der ATX12V-Stecker Frust, wenn der Rechner beim ersten Einschalten nicht booten mag. Damit alles glattläuft, sollten Sie beim Bestellen der Komponenten auf die exakten Produktbezeichnungen achten, wie sie in der Tabelle auf S. 16 oder in der Teileliste für den Heise-Preisvergleich auf der Projektseite (Link über ct.de/wd4c) angegeben sind. Schon ein Buchstabe in der Produktbezeichnung des Prozessors entscheidet darüber, ob eine Grafikkarte notwendig ist oder nicht. Falls Sie unsicher sind, fragen Sie im Leserforum nach, das auf der Projektseite verlinkt ist.

Wir empfehlen, dass Sie sich einen Nachmittag dafür freihalten. Schließlich folgen der Montage noch die Installation von Betriebssystem, Treibern und Software. Als Werkzeug benötigen Sie je einen kleinen sowie einen großen und langen Kreuzschlitzschraubendreher. Auch wenn viele Schritte selbsterklärend sind, sollten Sie dennoch zusätzlich zu unserer Bauanleitung die zu den Komponenten mitgelieferten Anleitungen lesen, die viele Einbauschritte bebildert erklären.

Im ersten Schritt geht es darum, das Mainboard vorzubereiten. Bestücken Sie es noch außerhalb des Gehäuses mit dem Arbeitsspeicher, der M.2-SSD und dem Prozessor. Die beiden Speicherriegel kommen in die Steckplätze DDR4_A2 und DDR4_B2. Für den Einbau der M.2-SSD in den Steckplatz M2A_CPU müssen Sie zunächst die Schraube des Kühlkörpers auf dem Board lösen. Vergessen Sie nicht die Schutzfolie für das Wärmeleitmaterial zu entfernen, bevor Sie den Kühlkörper wieder montieren.

Achten Sie beim Einsetzen der CPU darauf, keines der 1700 empfindlichen Federchen der Fassung zu verbiegen. Lösen Sie dazu den Bügel, sodass die Fassung aufklappt. Lassen Sie die Schutzkappe an Ort und Stelle. Setzen Sie dann die CPU ein. Für die korrekte Ausrichtung muss das Dreieck in einer der Ecken des CPU-Heatspreaders mit dem Dreieck auf dem Halterahmen übereinstimmen. Beim anschließenden Verriegeln der Fassung springt die Schutzkappe von selbst ab.

Beim CPU-Kühler Scythe Mugen 5 Rev. C müssen Sie zunächst die mitgelieferte Konterplatte auf der

Rückseite anbringen. Vergessen Sie nicht, auf die vier Bolzen die Abstandshalter aus Plastik aufzustecken, bevor Sie die zwei Befestigungsstege aufsetzen. Diese müssen parallel zu den DIMM-Slots verlaufen, sonst ist später der Kühler falsch ausgerichtet. Nach dem Festschrauben der Stege kommt Wärmeleitpaste auf die CPU. Weil die LGA1700-Prozessoren rechteckig sind, empfehlen wir längs der Mitte einen dünnen Streifen aufzubringen. Die Paste verteilt sich durch den Anpressdruck des Kühlers.

Nach dem Aufsetzen des Kühlers müssen Sie abwechselnd die beiden Schrauben festziehen und den Lüfter mit den Halteklammern anbringen. Anschließend sollte der Kühler so stehen, dass der Lüfter über den Speichermodulen sitzt und in Richtung der I/O-Anschlüsse bläst. Das zugehörige vierpolige Kabel kommt auf den CPU_FAN-Pfostenstecker.

Mainboard-Einbau

Bevor die Hochzeit aus Board und Gehäuse ansteht, müssen Sie das Gehäuse vorbereiten. Nach dem Abnehmen der Seitenteile empfehlen wir, wie im Handbuch des Define 7 Mini auf Seite 13 beschrieben, das Dach sowie die beiden darunter liegenden Rahmen abzubauen. Das erleichtert den späteren Einbau ungemein.

Lösen Sie die beiden Schrauben der Netzteilblende und bringen Sie diese mit vier Schrauben am Netzteil an. Achten Sie beim Einsetzen darauf, dass der Netzteillüfter zum Gehäuseboden zeigt. Dort befindet sich eine Öffnung mit Staubfilter. Verlegen Sie bereits jetzt die Kabel für den 24-poligen ATX- und den 8-poligen ATX12V-Stecker hinter dem Board-Träger und führen Sie sie durch die Aussparungen. Der ATX12V-CPU-Stromanschluss sitzt an der oberen, linken Ecke und wird beim Zusammenbau gerne vergessen.

Um die I/O-Blende des Boards müssen Sie sich nicht kümmern, weil sie bereits fest am Mainboard angebracht ist. Rangieren Sie die Hauptplatine zunächst grob in Position, schrauben Sie sie aber noch nicht fest, sondern nutzen den Spielraum, um die Stecker für Strom, USB, Audio, LEDs und Taster anzuschließen. Der hintere Gehäuselüfter kommt an den SYS_FAN3-Anschluss mittig am unteren Board-Rand. Nur so passt die Zuordnung der Lüfterkurven und der 13-Watt-PC bleibt flüsterleise.

Den vorderen Ventilator vom Gehäuse brauchen Sie nur anzuschließen, wenn Sie eine Grafikkarte einbauen. Ansonsten reicht die Kühlleistung des hinteren vollkommen aus. Der vordere Ventilator kommt an SYS_FAN2, der sich zwischen dem 24-poligen ATX-Stromstecker und den Speicher-Slots ver-

13-Watt-PC: technische Daten und Tests

Hardware-Ausstattung	
Abmessungen (B × H × T)	**21,0 cm × 40,5 cm × 40,5 cm**
Erweiterungs-Slots (nutzbar)	2 × PEG (1 × PCIe 4.0 x16 (1), 1 × PCIe 3.0 x4 (1))
M.2-Slots (frei)	1 × M.2-2280/60 (PCIe 4.0 x4) (0), 1 × M.2-22110/80/60 (PCIe 4.0 x4) (1)
Einbauschächte (frei)	2 × 2,5"/3,5× (2), 2 × 2,5" (2)
Anschlüsse hinten	1 × HDMI 2.1, 1 × DisplayPort 1.4a, 3 × analog Audio, 3 × USB-A 5 Gbit/s, 5 × USB 2.0, 1 × LAN, 2 × WLAN-Antenne
Anschlüsse vorn	1 × USB-C 10 Gbit/s, 2 × USB-A 5 Gbit/s, 2 × USB 2.0, 2 × analog Audio
Elektrische Leistungsaufnahme, Datentransfer-Messungen	
Soft-off (mit ErP) / Energie Sparen / Leerlauf	1,2 W (0,2 W) / 1,6 W / 13 W
Volllast / Peak	100 W / 142 W
SSD: Lesen (Schreiben)	3,5 (2,3) GByte/s
USB 3.2 Gen 1 (5 Gbit/s) / USB 3.2 Gen 2 (10 Gbit/s): Lesen (Schreiben)	465 (467) / 1073 (1028) MByte/s
LAN: Empfangen (Senden)	298 (297) MByte/s
WLAN 5 GHz / 6 GHz: nah (20 m)	203 (94) / 173 (47) MByte/s
Bootdauer Windows 11	14 s
Ubuntu 22.10: Leerlauf / optimiert	17 W / 12 W
LAN / W-LAN / Bluetooth / Audio	✓ (r8169) / ✓ (iwlwifi) / ✓ / ✓
Preis	806 €

steckt. Anschließend schrauben Sie das Board mit allen sieben Schrauben fest und kontrollieren noch einmal alle Anschlüsse.

Wenn Sie sich für die Gaming-Option mit der Radeon RX 6600 entschieden haben, müssen Sie vor dem Einbau der Grafikkarte die oberen beiden Slot-Blenden im Gehäuse entfernen. Schrauben Sie die Karte anschließend mit diesen beiden Rändelschrauben fest und schließen Sie den achtpoligen PEG-Stromstecker vom Netzteil an. Zum Abschluss montieren Sie wieder die Dachkonstruktion und schließen das Gehäuse.

Feinschliff

Wir empfehlen, zuerst die aktuelle BIOS-Version einzuspielen, die wir auf unserer Projektseite verlinkt haben. Bei Redaktionsschluss war das Version F20. Am einfachsten klappt das Update, wenn Sie die Zip-Datei über unsere Projektseite (ct.de/wd4c) herunterladen und deren Inhalt ins Hauptverzeichnis eines USB-Sticks entpacken. Starten Sie dann den Rechner, gehen Sie mit Drücken auf die Entf-Taste ins BIOS-Setup und rufen dort die Option Q-Flash (F8) auf. Falls Sie eine Core-i-13000-CPU verwenden wollen, müssen Sie die Firmware mit dem anfangs beschriebenen Flashback-Verfahren aktualisieren.

Das BIOS-Update und die von uns empfohlenen Einstellungen für die Lüfter und Energiesparmodi sollen Sie unbedingt vor der Betriebssystem-Installation vornehmen. Nur so gelten unsere Messwerte. Nach der Windows-Installation folgt ein Durchlauf des Windows-Updates. Zusätzlich sollten Sie die auf unserer Projektseite genannten Treiber für Chipsatz, Serial I/O, HID-Event-Filter, Netzwerk und Audio aufspielen. Den Rechner haben wir mit Windows 11 Version 22H2 getestet, ohne dass uns Probleme aufgefallen sind. Anhand der Benchmarks auf Seite 12 können Sie die Leistung mit dem High-End-PC vergleichen.

Der 13-Watt-PC läuft auch mit der Linux-Distribution Ubuntu 22.10. Sämtliche Hardware-Funktionen wie das Transferieren von Daten auf eine schnelle USB-SSD, der Standby-Zustand, 2,5-Gbit/s-Ethernet und WLAN funktionierten problemlos. Im Leerlauf lag die Leistungsaufnahme unter Ubuntu 22.10 um vier Watt höher als unter Windows. Durch Optimieren mit powertop (siehe Manpage) können Sie die Differenz aber wieder einsparen.

Wenn Sie unserem Bauvorschlag bis zu dieser Stelle gefolgt sind, sollte jetzt ein flotter Office-PC beziehungsweise Gaming-PC vor Ihnen stehen, den Sie an Ihre Bedürfnisse anpassen können. Sei es, dass Sie ein anderes Betriebssystem aufspielen, ihm mehr RAM oder eine größere SSD spendieren oder ihn anderweitig erweitern. Wenn Ihnen die Leistung des optionalen Zwölfkerners Core i7-12700 nicht reicht, ist vielleicht der High-End-PC auf den nächsten Seiten etwas für Sie. Ansonsten wünschen wir viel Spaß beim Basteln. (chh) c't

Literatur

[1] Christian Hirsch, **Multimonitor-Allrounder**, Bauvorschlag für einen leisen Allround-PC mit Intel Core i-12000, c't 9/2022, S. 154

Projektseite mit BIOS-Einstellungen

ct.de/wd4c

Genial verbunden –

Der wertvolle Boost für Ihr Netzwerk!

Heft für 14,90 € • PDF für 12,99 €
• Bundle Heft + PDF 19,90 €

shop.heise.de/ct-admin22



+ GRATIS Online-Kurs im Wert von 99,- €

Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten oder ab einem Einkaufswert von 20 € (innerhalb Deutschlands). Nur solange der Vorrat reicht. Preisänderungen vorbehalten.

heise Shop



Bauvorschlag für einen starken Ryzen-PC

Unser High-End-PC mit 16 Prozessorkernen sowie großem Arbeitsspeicher liefert Leistung satt. Mit einem Kniff zähmen wir Lautstärke und Energiebedarf.

Von **Christian Hirsch**

Alles neu! – das war das Motto bei unserem diesjährigen Ryzen-Rechner, denn AMD hat mit den Ryzen 7000 eine komplett überarbeitete Plattform mit DDR5-RAM, PCI Express 5.0 und der neuen CPU-Fassung AM5 vorgestellt. Deshalb haben wir den Fokus bei unserem High-End-PC auf maximale Rechenleistung gelegt. Der 16-Kerner Ryzen 9 7950X taugt fürs Rendering und Kompilieren aufwendiger Projekte. Dazu stellen wir ihm 32 GByte schnelles DDR5-RAM sowie eine 1-TByte-SSD zur Seite.

Wer den Rechner nach getaner Arbeit zum Spielen nutzen will, kann ihn zur Gaming-Maschine erweitern. Dafür schlagen wir zwei unterschiedliche Grafikkarten vor: Die Radeon RX 6600 rechnet schnell genug für Full-HD- und WQHD-Auflösung, die stärkere Radeon RX 6800 hat ausreichend Dampf, um Raytracing-Effekte hinzuzuschalten. Obendrein lässt sich der High-End-PC mit weiteren Laufwerken oder noch mehr RAM hochrüsten.

Neue Plattform

Wegen der neuen Plattform konnten wir keine Teile aus erprobten Bauvorschlägen weiternutzen. Und klar ist auch: Ein Ryzen-7000-PC geht ins Geld. Selbst

der „kleinste“ Sechskerner Ryzen 5 7600X kostet 340 Euro, AM5-Boards gehen bei 200 Euro los und für schnelles DDR5-RAM legt man das Doppelte von DDR4-RAM auf den Tisch. Derzeit lohnt sich die AM5-Plattform deshalb vor allem für Anwender, die maximale Leistung wünschen.

Als Prozessor haben wir uns für den im Oktober vorgestellten 16-Kerner Ryzen 9 7950X entschieden. Die überarbeiteten CPU-Kerne mit Zen-4-Architektur rechnen bei gleichem Takt rund 13 Prozent schneller als die Vorgänger. Zugleich hat AMD die Taktfrequenzen bis auf 5,7 GHz erhöht, sodass der Ryzen 9 7950X manche Multithreading-Aufgaben 50 Prozent schneller erledigt als der Ryzen 9 5950X (siehe S. 60). AMD verlangt allerdings 800 Euro für den High-End-Prozessor. Sie können selbstverständlich eine günstigere Ryzen-7000-CPU einbauen.

Eine wichtige Neuerung des Ryzen 7000 ist die integrierte Grafikeinheit. Wer nicht spielen will, spart dadurch rund 100 Euro für eine Grafikkarte und einige Watt Leistungsaufnahme. Beim Kauf des Prozessors empfehlen wir immer die Boxed-, statt der Tray-Variante zu kaufen. Zwar fehlt bei beiden ein CPU-Kühler, aber nur bei der Boxed-Variante bietet AMD drei Jahre Herstellergarantie. In den vergangenen Jahren meldeten sich mehrere c’t-Leser, deren Ryzen-Systeme mit Instabilitäten zu kämpfen hatten und bei denen sich am Ende die CPU als defekt herausstellte.

Bei der Auswahl des Mainboards verlangten wir vier DIMM-Slots und einen USB-C-Frontanschluss.



Damit es der High-End-Grafikkarte nicht zu heiß wird, pusten zwei 14-Zentimeter-Lüfter Frischluft ins Gehäuse des High-End-PCs.

Die Wahl fiel auf das zum Kaufzeitpunkt günstigste AM5-Board Asrock B650M PG Riptide, das 200 Euro kostet. Es steuert zwei digitale Displays an und die Firmware lässt sich per BIOS-Flashback für kommende CPU-Generationen aktualisieren. Zu den Schnittstellen in der fest angebrachten I/O-Blende gehören unter anderem schnelles 2,5-Gbit-Ethernet sowie USB-A und USB-C mit je 10 Gbit/s.

Intern bietet das Asrock-Board zwei PCIe-x1- und zwei PEG-Slots. Der obere hängt über 16 PCIe-4.0-Lanes an der CPU. Der untere PEG-Slot ist beim B650M PG Riptide am B650-Chipsatz angebunden, allerdings nur über vier PCIe-4.0-Lanes.

Für NVMe-SSDs gibt es auf dem B650M PG Riptide zwei M.2-Slots. Beide kommunizieren direkt mit dem Prozessor, der obere arbeitet mit einer passenden SSD im PCIe-5.0-Modus. Zu kaufen gibt es diese aber bislang nicht. Zudem spürt man bereits zwischen PCIe-3.0- und -4.0-SSDs keinen Geschwindigkeitsunterschied, weshalb wir an dieser Stelle Kosten sparen und uns wie beim 13-Watt-PC (siehe S. 14) für eine PCIe-3.0-SSD von Samsung entschieden haben.

Damit den 16 CPU-Kernen bei großen Projekten nicht der Speicher ausgeht, empfehlen wir für den High-End-PC 32 GByte RAM. Die Ryzen 7000 unterstützen offiziell DDR5-5200-RAM. Bislang benötigte man aber für alles schneller als DDR5-4800 Übertakterspeicher mit höherer Spannung und XMP- beziehungsweise EXPO-Profil. Zum Glück konnten wir die ersten Module ergattern, die diese Geschwindigkeit auch mit standardkonformem JEDEC-Profil erreichen. Für das Adata-Kit aus zwei Modulen müssen Sie allerdings 180 Euro ausgeben.

Wer von vornherein mehr RAM einbauen will, kann auch zu günstigerem DDR5-4800-Speicher greifen. Bei Vollbestückung mit zwei DIMMs pro Kanal lässt AMD nämlich offiziell nur DDR5-3600 zu, auch wenn in der Praxis wohl meistens auch höheres Tempo möglich ist. ECC-RAM unterstützt das Board nicht. Damit ist aber nicht die in den DRAM-Chips integrierte Fehlerkorrektur gemeint, die alle DDR5-Module enthalten, sondern ECC-Module mit zusätzlichen Paritätschips.

Problem Leistungsaufnahme

Durch den Fokus auf maximale Rechenleistung und schnellste Schnittstellen hat AMD beim Ryzen 7000 die Leistungsaufnahme aus dem Blick verloren. Der von uns verwendete 16-Kerner Ryzen 9 7950X hat eine Thermal Design Power von 170 Watt. Diese Zahl

ist aber ein reiner Papierwert, denn CPUs mit dieser TDP dürfen dauerhaft 230 Watt verheizen. Solche Wärmemengen können selbst teure Luftkühler nicht mehr leise abtransportieren. Das widerspricht unserer Auffassung eines optimalen PCs.

Aus diesem Grund haben wir uns entschieden, den Ryzen 9 7950X im Eco-Modus mit einem Package Power Limit (PPT) von 142 Watt zu betreiben, was einer TDP von 105 Watt entspricht. Der Performanceunterschied beträgt im Rendering-Benchmark Cinebench R23 gerade einmal fünf Prozent. Dafür schluckt die CPU unter Volllast aber fast 90 Watt weniger und bleibt unter 80 Grad Celsius, statt sich auf 95 Grad zu erhitzen. Die niedrige CPU-Temperatur trotz einer kaum wahrnehmbaren Lautheit von 0,2 Sone erreichen wir allerdings nur dank des Doppel-Tower-Kühlers Noctua NH-D15 mit zwei 15-Zentimeter-Lüftern. Wer das letzte Quäntchen Leistung herauskitzeln will, kann den Ryzen-Prozessor auch mit den standardmäßigen 230 Watt betreiben, dann wird es unter Last lauter.

An der hohen Leistungsaufnahme der Plattform im Leerlauf können wir leider nichts drehen. In der Basisvariante mit integrierter Grafik stehen auch bei ruhendem Desktop mindestens 35 Watt auf der Uhr. Also deutlich mehr als das Doppelte des 13-Watt-PCs mit Intel-Technik.

Die Suche nach passenden Grafikkarten gestaltete sich zwar einfacher als in den Vorjahren, war aber dennoch kein Selbstläufer. AMD und Nvidia stecken in Generationswechseln, wodurch sich ältere Karten im Abverkauf befinden, neue Modelle aber erst bei wenigen Händlern verfügbar sind. Wir haben uns deshalb von Asrock und Sapphire versichern lassen, dass unsere Empfehlungen auf absehbare Zeit erhältlich sind.

Zusätzlich zur Radeon RX 6600 mit 8 GByte GDDR6-RAM, die auch im 13-Watt-PC steckt, haben wir als High-End-Karte die Radeon RX 6800 herausgesucht. Mit 3840 Shadern und 16 GByte Grafikspeicher rechnet sie deutlich schneller, schluckt aber auch mehr Strom. Derzeit läuft eine Aktion, bei der Käufer einer Radeon-6000-Grafikkarte bis 4. Februar ein Spiele-Bundle aus Dead Island 2 und The Callisto Protocol erhalten (siehe ct.de/w3up). Wer mehrere Monitore am High-End-PC betreiben will, kann die vier Displayanschlüsse der Grafikkarte und die zwei am Mainboard zugleich verwenden.

Damit die leistungsstarke Grafikkarte das Netzteil nicht überlastet, bauen wir ein 600-Watt-Modell von be quiet ein. Es bietet genug Dampf, um den Prozessor mit einem Power-Limit von 230 Watt zusammen mit der Radeon RX 6800 zu betreiben. Für Grafikkarten ist es mit vier PEG-Stromsteckern ausgerüstet.

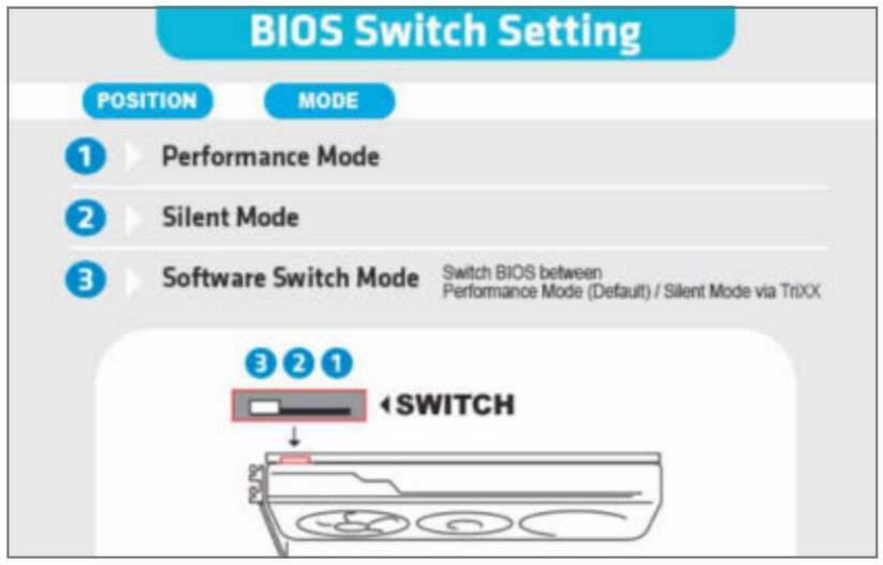


Bild: Sapphire

Damit die Grafikkarte leise arbeitet, muss der Schiebeschalter fürs Silent-BIOS auf der mittleren Position stehen.

Die lange Grafikkarte und der gigantische CPU-Kühler benötigen viel Platz, weshalb wir uns für das ATX-Gehäuse Fractal Design Meshify 2 Compact entschieden haben, obwohl das Mainboard das kleinere Micro-ATX-Format verwendet. Im Unterschied zum Define 7 Mini des 13-Watt-PC sind Front und Dach luftdurchlässig; dadurch bekommt das System mehr kühle Luft von außen. Denn unter Volllast mit der Radeon RX 6800 verheizt der High-End-PC 454 Watt. Im unteren Abschnitt des Gehäuses, vor dem Netzteil, sitzt ein Käfig für zwei 3,5-Zoll-Festplatten. Zwei 2,5-Zoll-SSDs finden auf der Rückseite des Mainboard-Trägers Platz.

Weil das Mainboard kein WLAN hat, haben wir eine passende Erweiterungskarte herausgesucht. Der AX210-Chip von Intel funkt im Wi-Fi-6-Standard und liefert im 5-GHz-Band eine hohe Geschwindigkeit, vergleichbar mit der des 13-Watt-PCs. Die Antennen sind zwar direkt an der Karte angebracht, lassen sich aber um zwei Achsen drehen und schwenken.

Basteltipps

Damit Sie beim Bau des High-End-PCs keine bösen Überraschungen erleben, sollten Sie beim Bestellen der Komponenten auf die exakten Produktbezeichnungen achten, wie sie in der Tabelle auf S. 23 oder in der Teileliste für den Heise-Preisvergleich auf der Projektseite (siehe ct.de/w3up) aufgeführt sind.

Planen Sie für den Bau und die anschließende Einrichtung ausreichend Zeit ein. Denn nach dem Schrauben steht noch die Installation von Betriebs-

system, Treibern und Software an. Als Werkzeug empfehlen wir einen kleinen und einen langen großen Kreuzschlitzschraubendreher, wobei ein langer dem CPU-Kühler beiliegt. Wärmeleitpaste liegt diesem ebenfalls bei. Auch wenn vieles selbsterklärend ist, sollten Sie sicherheitshalber die mitgelieferten Handbücher zurate ziehen, die einige Bauschritte bebildert darstellen. Bei Problemen hilft unser Leserforum auf der Projektseite weiter (ct.de/w3up).

Zuerst erfordert das AM5-Mainboard Zuwendung. Bestücken Sie dieses außerhalb des Gehäuses mit dem Arbeitsspeicher, der M.2-SSD und dem Prozessor. Die beiden Speicherriegel im DIMM-Format kommen in die Steckplätze DDR5_A2 und DDR5_B2. Asrock hat auf die DIMM-Slots einen Aufkleber angebracht, der die Bestückung erklärt. Allerdings lässt er sich nur schwer entfernen, weil es der Hersteller bei der Klebekraft übertrieben hat. Künftige Boards will Asrock ohne diesen Aufkleber ausliefern. Falls bei Ihrem Exemplar die Klebereste die Steckplätze verstopfen, wenden Sie sich für einen Austausch an den Händler.

Bestücken Sie anschließend den Slot M2_1 zwischen dem PEG-Slot und der Prozessorfassung mit der SSD. Dafür müssen Sie zuvor die beiden Schrauben des SSD-Kühlers lösen. Entfernen Sie die Schutzfolie von der Unterseite und setzen Sie dann die SSD ein und den Kühler darauf.

Für den Ryzen 7000 verwendet AMD statt einer Fassung mit Pins eine mit einem Land Grid Array (LGA), bei der kleine Federchen gegen Kontaktflächen auf der Unterseite des Prozessors drücken. Öffnen Sie den Bügel und achten Sie beim Einsetzen der CPU darauf, keine der empfindlichen Federn zu berühren. Die Schutzkappe springt beim Schließen des Halterahmens von selbst ab.

Bevor Sie den Kühler montieren können, müssen zunächst die beiden schwarzen Plastikhalterungen neben der CPU-Fassung weichen, denn der gigantische Noctua NH-D15 wird direkt mit der Backplate des Mainboards verschraubt. Setzen Sie anschließend die vier grauen Abstandshalter auf. Darauf kommen die beiden gebogenen Metallstreben. Sie müssen jeweils in Richtung des Prozessors zeigen.

Nach dem Auftragen der Wärmeleitpaste müssen Sie die Lamellenpakete vorübergehend von den Lüftern befreien. Nur so können Sie den Kühler anschrauben. Zum Abschluss hängen Sie die beiden Lüfter wieder ein, und zwar so, dass Sie so tief wie möglich sitzen, denn sonst lässt sich später das Gehäuse nicht schließen. Die zwei Lüfter verbinden Sie mit dem mitgelieferten Y-Kabel mit dem CPU_FAN1-Anschluss.

Beim Gehäuse empfehlen wir zunächst die Abdeckung des Dachs nach oben hin abzuziehen und danach die Blende sowie den darunterliegenden Träger zu entfernen. Am Träger müssen Sie zwei Schrauben lösen. Das genaue Vorgehen ist auf Seite 13 des Handbuchs des Fractal Design Meshify 2 Compact beschrieben. Weil wir ein Micro-ATX-Mainboard in einem ATX-Gehäuse verwenden, müssen Sie drei der Abstandsbolzen von den mit dem Buchstaben A in die mit dem Buchstaben M markierten Positionen versetzen. Auch hier liefert das Handbuch auf Seite 15 eine gute Anleitung.

Das Netzteil sitzt unten in einem separaten Gehäusesegment. Wenn Sie eine Grafikkarte oder zusätzliche Laufwerke einsetzen möchten, müssen Sie vor dem Einbau die entsprechenden Kabelstränge an das teilmodulare Netzteil anschließen. Später kommen Sie nicht mehr an die Anschlüsse heran. Lösen Sie nun die Netzteilblende vom Gehäuse und schrauben Sie daran das Netzteil an. Achten Sie beim Hereinschieben darauf, dass der Lüfter nach unten zeigt. Denn dort befindet sich die mit einem Staubfilter versehene Ansaugöffnung. Die Stromkabel für den 24-poligen ATX- und den 8-poligen ATX12V-Stecker können Sie bereits jetzt auf der Rückseite des Board-Trägers verlegen.

Wenn das Gehäusedach offen ist, können Sie das Paket aus Mainboard und Kühler relativ komfortabel in Position bringen. Schrauben Sie es aber erst fest, wenn Sie alle Kabel verbunden haben. Die drei Gehäuselüfter kommen an die Anschlüsse CHA_FAN1

High-End-PC: Teile

Komponente	Produkt	Preis
Prozessor	AMD Ryzen 9 7950X (100-100000514WOF)	790 €
CPU-Kühler	Noctua NH-D15	100 €
Mainboard	ASRock B650M PG Riptide (90-MXBJ90-A0UAYZ)	200 €
Speicher	ADATA DIMM Kit 32GB, DDR5-5600, CL46-45-45, on-die ECC, tray AD5U560016G-DT	175 €
SSD	Samsung SSD 980 1 TByte (MZ-V8V1T0BW)	93 €
Gehäuse	Fractal Design Meshify 2 Compact Black Solid (FD-C-MES2C-01)	139 €
Netzteil	be quiet! Pure Power 11 CM 600W ATX 2.4 (BN298)	80 €
	Summe (+ Versandkostenpauschale)	**1577 €+ 20 €**
Optionen		
Grafikkarte	ASRock Radeon RX 6600 Challenger D, RX6600 CLD 8G (90-GA2RZZ-00UANF)	331 €
Grafikkarte	Sapphire Nitro+ Radeon RX 6800 (11305-01-20G)	420 €
WLAN-Karte	Inter-Tech PowerOn DMG-36 (88888165)	37 €

(Heck), CHA_FAN2 und CHA_FAN3 (Front) am unteren Board-Rand. Wenn Sie keine Grafikkarte einbauen, können Sie die beiden vorderen weglassen. Nun folgen die Stecker für Audio, USB, Strom und den Ein-Taster.

Wenn Sie sich für eine der beiden Gaming-Varianten mit der Radeon RX 6600 oder RX 6800 entschieden haben, dann vergessen Sie nicht, diese mit einem beziehungsweise zwei achtpoligen PEG-Stromstecker(n) vom Netzteil zu verbinden. Bei der Sapphire Nitro+ Radeon RX 6800 müssen Sie den Schiebeschalter für die Firmware auf die mittlere Stellung bringen. Nur so lädt beim Booten das Silent-BIOS und der Rechner erreicht unsere Messwerte. Zum Abschluss montieren Sie wieder den Gehäusedeckel und rasten die Seitenteile wieder ein.

Einrichtungstipps

Wir empfehlen, die aktuelle BIOS-Version für das Board einzuspielen. Die Ryzen-7000-Plattform ist noch sehr jung, sodass mit den ersten BIOS-Versionen noch Kinderkrankheiten auftreten. So gibt es beispielsweise bei dem von uns verwendeten Asrock B650M PG Riptide vor der Firmware-Version 1.11 einen Bug, durch den die integrierte Grafik nur rund ein Drittel ihrer Performance liefert.

Den Download-Bereich fürs aktuelle BIOS haben wir auf unserer Projektseite verlinkt (siehe ct.de/w3up). Entpacken Sie die Zip-Datei und kopieren Sie sie auf einen USB-Stick. Beim ersten Start rufen Sie mit „Entf“ das BIOS-Setup auf und können es dort per Instant Flash aktualisieren. Damit der Rechner keine Zicken macht, stellen Sie danach die von uns empfohlenen Vorgaben für die Power-Limits und Lüfter ein und installieren Sie dann erst das Betriebssystem. Achtung, der allererste Bootvorgang kann mehrere Minuten dauern, bis der Rechner schließlich ein Bild anzeigt. Ursache ist das umfangreiche Speichertraining bei Ryzen-7000-Prozessoren. Mit aktuellem BIOS bootet der High-End-PC später deutlich schneller.



Die optionale WLAN-Karte bindet den High-End-PC in Drahtlosnetzwerke ein.

High-End-PC: technische Daten und Tests

Hardware-Ausstattung	
Abmessungen (B × H × T)	21 cm × 47,5 cm × 42 cm
Erweiterungs-Slots (nutzbar)	2 × PEG (1 × PCIe 4.0 x16 (1), 1 × PCIe 4.0 x4 (1)), 2 × PCIe 3.0 x1 (2)
M.2-Slots (frei)	1 × M.2-2280/60 (PCIe 5.0 x4) (0), 1 × M.2-2280/60 (PCIe 4.0 x4) (1)
Einbauschächte (frei)	2 × 2,5 "/ 3,5" (2), 2 × 2,5 " (2)
Anschlüsse hinten	1 × HDMI 2.1, 1 × DisplayPort 2.0, 3 × analog Audio, 1 × USB-C 10 Gbit/s, 1 × USB-A 10 Gbit/s, 2 × USB-A 5 GBit/s, 4 × USB 2.0, 1 × LAN
Anschlüsse vorn	1 × USB-C 5 Gbit/s, 2 × USB-A 5 Gbit/s, 2 × analog Audio
Elektrische Leistungsaufnahme, Datentransfer-Messungen	
Soft-Off (mit ErP) / Energie Sparen / Leerlauf	1,0 (0,3 W) / 1,4 W / 35 W
Volllast	203 W
SSD: Lesen (Schreiben)	3,5 / 2,7 GByte/s
USB 3.2 Gen 1 (5 Gbit/s) / USB 3.2 Gen 2 (10 Gbit/s): Lesen (Schreiben)	470 (470) MByte/s / 998 (1012) MByte/s
LAN: Empfangen (Senden)	298 / 297 MByte/s
WLAN 5 GHz / 6 GHz: nah (20 m)	201 (76) / 135 (34) MByte/s
Bootdauer	25 s
Ubuntu 22.10: Leerlauf	35 W
LAN / W-LAN / Bluetooth / Audio	✓ (r8169) / ✓ (iwlwifi) / ✓ / ✓
Preis	1597 €

Die Tests und Benchmarks haben wir unter Windows 11 Version 22H2 durchgeführt. Von Windows 10 raten wir ab, weil der Support in weniger als drei Jahren abläuft. Beim ersten Start des High-End-PCs erscheint der Asrock Auto Driver Installer, der die Treiber für Grafik, Chipsatz, Audio und LAN aus dem Netz lädt und aufspielt. Anschließend empfehlen wir, das Windows-Update durchlaufen zu lassen. Den aktuellen Treiber für die WLAN-Karte erhalten Sie dort unter „Erweiterte Optionen/optionale Updates“.

Der High-End-PC läuft auch mit der Linux-Distribution Ubuntu 22.10. Sämtliche Hardware-Funktionen, darunter WLAN, Bluetooth sowie das Transferieren von Daten auf eine schnelle USB-SSD, funktionierten problemlos. Bei der Leerlaufleistungsaufnahme konnten wir keine Unterschiede zu Windows 11 messen.

Falls Ihnen der High-End-PC zu teuer ist und Sie kein System mit Intel-Prozessor wünschen, können Sie alternativ auch den Ryzen-Allrounder aus dem Vorjahr nachbauen. AMD verkauft die Ryzen-5000-CPUs gerade mit großen Preisnachlässen. Mainboard und CPU-Kühler müssen Sie allerdings durch die jeweiligen Nachfolgerevisionen ersetzen. Wir wünschen viel Spaß beim Schrauben. (chh) c't

Projektseite mit BIOS-Einstellungen

ct.de/w3up



secIT by Heise

HANNOVER 2023

meet. learn. protect.

14.–16. März 2023

Die Kongressmesse für Security-Experten!

- Mehr als **70 Unternehmen** präsentieren ihre Tools und Services
- Rund **50 Vorträge** zu den neuesten Trends und Lösungen auf drei Bühnen
- **20 Expert Talks** liefern wichtige Impulse
- **30 praxisnahe Workshops** vertiefen Ihr Wissen
- **Start-up-Bereich** und Recruiting Area

Jetzt Tickets sichern: secit-heise.de



Bauvorschlag: Mini-ITX-PC für Gamer

Mit aktueller Sechskern-CPU, 16 GByte RAM und GeForce RTX 3060 Ti versammelt unser Mini-Gamer im Toaster-Format genug Performance zum Zocken in WQHD-Auflösung mit höchster Detailstufe. Die Hardware stecken wir ins schicke Alu-Gehäuse mit 11 Liter Volumen.

Von **Benjamin Kraft**

Dicke Rechner wie Gamer-PCs stellt man am besten unter den Tisch. Sie sind oft nicht nur so laut, dass man sie nicht direkt auf dem Schreibtisch haben möchte, sondern würden auch viel Platz einnehmen. Unser Ziel war es, ein möglichst kompaktes System mit genug Leistung zum Zocken in WQHD-Auflösung (2560 × 1440) bei hohen Details zusammenzustellen, das im Leerlauf flüsterleise bleibt und daher beim Arbeiten nicht stört. Wir kamen am Ende auf Teilekosten von etwa 1400 Euro – gar nicht mal so viel mehr als bei einigen unserer vergleichbar ausgestatteten großen Bauvorschläge.

Innenleben und …

Beim Mini-Gamer galt es, möglichst viel Leistung in einem ziemlich kleinen Gehäuse unterzubringen und dabei ausreichend und doch leise zu kühlen. Dass damit das High-End-Segment ausfiel, war also von vornherein klar. Deshalb nahmen wir bei den CPUs Intels aktuelle Core-i-Prozessoren der 12. Generation (alias Alder Lake) der 65-Watt-Klasse ins Visier. Sie erzielen höhere Singlethreading-Leistung als AMDs Ryzen-5000-Prozessoren, was in vielen Spielen wichtig ist (siehe Seite 108). Klar war auch, dass wir zu einer Sechskern-CPU greifen wollten, um die Abwärme im Griff zu behalten, denn alle i7-Modelle verbraten im Turbo trotz 65-Watt-TDP bis zu 180 Watt – der i5 begnügt sich mit einfacher kühlbaren 117 Watt. Außerdem setzen sich die zwölf Kerne eines i7 aus acht Performance- und vier Efficiency-Cores zusammen, was dem Scheduler von Windows 10 nicht schmeckt – die Mischung verdaut erst Windows 11 richtig.

Ursprünglich sollte es der Core i5-12600 werden, der aber weder in Spielen noch Anwendungen nennenswerte Vorteile gegenüber dem deutlich günstigeren Core i5-12400F zeigte. Dieser Sechskern-Prozessor ohne integrierte Grafikeinheit taktet zwar nominell mit nur 2,5 GHz, verbringt aber einen Großteil seiner Zeit im Turbo-Modus mit bis zu 4,4 GHz. Wer den Bauvorschlag erst später mit einer Grafikkarte nachrüsten möchte, greift zum i5-12400 ohne F und mit iGPU für 20 Euro mehr.



Klein und performant: die Komponenten unseres Mini-Gamers.

Das richtige Mainboard war schnell gefunden, denn wir hatten konkrete Vorstellungen. Es gibt im deutschen Einzelhandel nämlich nur zwei Hauptplatinen im ITX-Format für Alder-Lake-CPUs, die den günstigeren DDR4-Speicher unterstützen, zwei M.2-Slots haben und das schnelle Wi-Fi 6E beherrschen. Beide stammen von Asrock: Das Z690M-ITX/ax und das 50 Euro günstigere H670M-ITX/ax, das wir wählten. Letzteres erlaubt kein Overclocking (das auch nicht auf unserem Wunschzettel stand) und sein Anschluss für eine USB-C-Buchse am Gehäuse schafft nur 5 statt 20 Gbit/s. Das reicht aber locker für schnelle USB-Sticks und das Board hat sich im Vergleichstest bereits bewiesen (siehe Seite 82).

Zusätzlich zum Gigabit-Ethernet-Anschluss gibt es noch eine Buchse für 2,5-Gbit-LAN. Außerdem ist der PEG-Slot mit PCIe 5.0 angebunden und damit zukunftssicher, wenngleich es derzeit noch keine Grafikkarten für diese Schnittstellengeneration gibt. Die zwei RAM-Steckplätze bestücken wir mit je einem 8-GByte-Modul; 16 GByte DDR4-3200 reichen derzeit für die allermeisten Spiele aus. Wie üblich verzichten wir auf Overclocker-Ware und greifen zu Crucial-DIMMs, die mit konservativen 22-22-22-Timings und der Standard-Spannung von 1,2 Volt laufen und ohne XMP-Tricks auskommen.

Beide M.2-Steckplätze für SSDs sind erfreulicherweise mit PCIe 4.0 x4 angebunden, was derzeit zwar in der Desktop- und Gamer-Praxis keinen Vorteil bringt, aber spätere Aufrüstaktionen auf schnellere Medien ermöglicht. In den oberen M.2-Steckplatz pflanzen wir eine SSD 980 von Samsung mit 1 TByte ein; mit einem Preis um 90 Euro ist diese PCIe-3.0-SSD aktuell ein Preis/Leistungs-Tipp [1]. Der zweite M.2-Slot bleibt frei.

Flache Kühler fürs ITX-Gehäuse gibt es ebenfalls nicht viele. Soll der Preisvergleich nur Modelle zeigen, die maximal 55 Millimeter hoch sind, einen großen und vergleichsweise leise drehenden 92-Millimeter-Lüfter tragen und bereits ab Werk auf Intels Prozessorfassung LGA1700 passen, bleiben nur wenige Modelle übrig. Wir entschieden uns für den Noctua NH-L9i-17xx, der uns in der Version für LGA115x bereits in einem anderen Mini-Bauvorschlag gute Dienste geleistet hat [2].

Anstelle eines kompakteren SFX-Netzteils sollte eines im SFX-L-Format als Energielieferant dienen, das Platz für einen größeren und damit potenziell leiseren Lüfter hat. Unsere Wahl fiel auf das be quiet! SFX-L Power 500W, das modular ausgeführt ist.

Vorteil: Man schließt nur die Kabelstränge an, die das eigene System benötigt und reduziert den gehäuseinternen Kabelsalat. Nachteil: Die Steckverbinder ragen ein Stück weit ins Gehäuse; fest verbundene Kabel könnte man enger am Netzteil entlangführen.

Bei der Grafikkarte taten wir uns etwas schwerer. Ein Bauvorschlag hat mehrere Wochen Vorlauf und als das Projekt anlief, konnten wir über Preise und Verfügbarkeit potenzieller Kandidaten nur spekulieren. Typischerweise besser lieferbar als andere Karten sind die Referenzmodelle von AMD und Nvidia, die die Firmen jeweils im eigenen Webshop verkaufen. In die engere Wahl nahmen wir aus Preis/Leistungs-Gründen AMDs Radeon RX 6700 XT und Nvidias GeForce RTX 3060 Ti Founders Edition. Aus Rücksicht auf die Abwärme und die wesentlich höhere Leistung in Spielen mit Raytracing-Effekten haben wir uns für die Nvidia-Karte entschieden.

Sie können auf ein anderes Modell ausweichen, das Ihnen mehr zusagt, oder den Mini-Gamer mit einer Profi-Karte in eine kompakte Render-Workstation verwandeln. Allerdings gelten unsere Messungen und BIOS-Einstellungen nur für die hier vorgestellte Kombination – selbst wenn die gleiche GPU zum Einsatz kommt. Das gilt gleichermaßen für alle anderen Komponenten.

… das Drumherum

Eigentlich lautete der Plan, den ITX-Bauvorschlag im ultraschlanken Alu-Gehäuse DAN Cases A4-SFX unterzubringen [3]. Der scheiterte aber daran, dass die Gehäuseoberseite unter Volllast unangenehm warm wurde: Stressten wir das System dauerhaft mit den beiden Hitzetreibern Prime95 und Furmark, maßen wir zeitweise rund 50 Grad Celsius – das zwiebelt schon bei kurzem Kontakt mit dem nackten Unterarm. Daher schauten wir uns nach einem anderen Mini-ITX-Gehäuse um.

Wieder war die Auswahl klein, denn wir wollten eine USB-C-Buchse an der Frontseite, Platz für ein SFX-L-Netzteil, ausgewiesene PCIe-4.0-Kompatibilität für die Grafikkarte und möglichst kompakte Abmessungen. Gerade der letzte Punkt filterte viele Kandidaten heraus. Letztlich entschieden wir uns für einen engen Verwandten des A4-SFX, nämlich das A4-H2O. Das Design stammt zwar ebenfalls von DAN Cases, gefertigt und vertrieben wird das Gehäuse aber vom Hersteller Lian-Li. Achtung: Dieses Modell gibt es nicht nur in Schwarz und Silber, sondern auch in einer billigeren Version mit PCIe 3.0. Deren Modellnummern enden auf „3“, die der PCIe-4.0-Varianten auf „4“.

Das Gehäusevolumen wächst gegenüber dem A4-SFX von 7,2 auf gut 11 Liter, was dem ganzen System im wörtlichen Sinne mehr Luft zum Atmen gibt. Wie der Name verrät, hat das A4-H2O Platz für einen Wasserkühler mit 240-Millimeter-Radiator; darauf verzichten wir, weil eine WaKü für eine 65-Watt-CPU übertrieben wäre. Zudem ist es nicht trivial, die Schläuche im kleinen Gehäuse zu verlegen.

Stattdessen montieren wir zwei 120-Millimeter-Lüfter von Scythe im Deckel, die mit einer angepassten Lüfterkurve geregelt die warme Luft aus dem Gehäuse saugen. Die Kaze Flex 120 genannten Quirle kennen wir vom wuchtigen CPU-Kühler Scythe Mugen 5 bis Revision B, den wir in diversen Bauvorschlägen eingesetzt haben; auf der C-Revision sitzt eine neuere Variante, die schneller und lauter arbeitet. Achten Sie beim Kauf darauf, die PWM-Version mit bis zu 1200 U/min zu wählen.

Der andere Nebeneffekt des etwas breiteren Gehäuses ist, dass sogar Triple-Slot-Grafikkarten mit einer Länge von 32 Zentimetern hineinpassen. Das vergrößert die Auswahl bei einem eventuellen Upgrade ungemein, da die Grafikartenhersteller sich bei ansonsten sehr ähnlichen technischen Daten vor allem über wuchtige Kühler differenzieren wollen – selbst bei günstigen Modellen.

Noch ein Unterschied: Das A4-H2O hat nicht nur eine USB-C-Buchse vorn, sondern auch Audio-in und Audio-out sowie einen USB-A-Anschluss mit 5 GBit/s. Leider sind die Anschlüsse an der linken Seite eingelassen und nur erreichbar, wenn der Rechner rechts auf dem Schreibtisch steht.

Performance und Messwerte

Mit unserem üblichen Benchmarkparcours fühlten wir dem Kleinen auf den Zahn. Im Benchmark Cinebench R23 erzielte er im Singlethreading-Durchlauf 1692 Punkte, mit allen verfügbaren Threads am Start waren es 12.390. Unter Last machten sich die Gehäuselüfter bezahlt, denn ohne sie schaffte der Core i5-12400F auf allen Kernen rund 380 Punkte weniger. Zum Vergleich: Ein ähnlich teurer AMD Ryzen 5 5600 erzielte im Test 1471 und 11.208 Punkte, der ebenfalls mit Core i5-12400 ausgestattete Multimonitor-Bauvorschlag aus c’t 9/2022 erreichte 1725 und 12.041 Punkte [4].

In der BAPCo SYSmark25, die die Systemleistung anhand von Alltagsanwendungen wie Microsofts Office-Suite und Adobe-Anwendungen ermittelt, kam



Geballte Power auf kleinem Raum: das Innenleben des Mini-Gamer-Bauvorschlags. In der rechten Gehäusehilfe sitzt die Grafikkarte, in der linken das Mainboard mit CPU, RAM und SSD sowie das Netzteil.

der ITX-Gamer auf 1585 Punkte, der Multimonitor-Bauvorschlag ging mit 1757 in Führung. Im Grafikteil des 3DMark Firestrike liegen die beiden erwartungsgemäß gleichauf, denn zum Spielen ausgerüstet steckt in ihnen die gleiche Grafikkarte. Den Endzeitshooter Metro Exodus bringt der kleine Spielerechner in WQHD-Auflösung in der Voreinstellung „Ultra“ mit 70 Bildern pro Sekunde auf den Schirm, beim Action-Adventure Shadow of the Tomb Raider sind es im Preset „Ultrahoch“ 105 fps.

Im Leerlauf bleibt der Rechner mit unseren optimierten Lüfterkurven praktisch unhörbar (<0,1 sone), nimmt aber leider etwas hohe 34 Watt auf. Mit dem CPU-Brutzler Prime95 oder dem Grafikkartenstresser Furmark traktiert, maßen wir leise 0,5 und hörbare 1,2 sone, das Leistungsmessgerät zeigte dabei 115 respektive 242 Watt. Liefen beide Stromfresser parallel, stieg die kombinierte Leistungsaufnahme auf 314 Watt und der Störschall erhöhte sich auf 1,5 sone – ohne die Lüfter im Deckel waren es sogar 2,2 sone.

Zusammenbau vorbereiten

Der Mini-Bauvorschlag stellt aufgrund der engen Behausung in manchen Phasen eine besondere Herausforderung dar. Planen Sie also eine gute Stunde für die Montage ein. Kleiner Tipp: Legen Sie sich nicht nur einen Kreuzschlitzschraubendreher bereit, sondern breiten Sie auf der Arbeitsfläche ein Handtuch aus, um Schrammen zu vermeiden und stellen Sie sich ein paar Schüsselchen für die verschiedenen Schrauben hin.

Als erstes bereiten Sie das Gehäuse vor: Lösen Sie die Rändelschrauben und nehmen Sie die eingerasteten Seitenteile sowie den Gehäusedeckel ab. In die rechteckige Aussparung im Gehäuserücken klemmen Sie die Anschlussblende des Mainboards, und zwar mit den beiden runden Löchern unten. Biegen Sie auch gleich das Näschen über dem unteren Ausschnitt für eine LAN-Buchse etwas nach innen, damit es nachher nicht in den Anschluss rutscht.

Stellen Sie das Gehäuse nun aufrecht hin und entfernen Sie von oben die Lüfterhalteschiene, die mit vier Schrauben befestigt ist. Darin montieren Sie die beiden 120-Millimeter-Lüfter mit dem Typenaufkleber (SU1225FD12M-RHP) nach oben; die passenden Schrauben liegen den Lüftern bei. Wir haben die Quirle so ausgerichtet, dass ihre grauen Gummipuffer in etwa mit der mittleren Querstrebe der Schiene abschließen. Um seinen jeweiligen Anschluss gut zu erreichen, sollte das Kabel des hinteren Gehäuselüfters zur Gehäuserückseite zeigen, das des vorderen zur rechten Gehäuseseite.

Von der linken Seite aus entfernen Sie nun die Netzteilhalterung. Darin montieren Sie das Netzteil mit seinem Lüfter nach außen und dem Netzanschluss nach oben. Die weiteren Kabel schließen Sie



Die Lüfter gehören mit dem Typenschild nach oben in die Halteschiene; ihre Gummipuffer sollten mit der Mittelstrebe abschließen.

später an. Achten Sie darauf, dass das Netzteil am Kippschalter eingeschaltet ist – später ist es schlecht zu erreichen.

Legen Sie das Gehäuse mit der rechten Seite nach oben auf Ihre Arbeitsfläche und schrauben Sie den Grafikkartenanschluss ab. In die darunter liegenden Gewindebolzen drehen Sie die Verlängerungen aus der Tüte mit dem Gehäusezubehör und befestigen die x16-Kontaktleiste des Grafikkartensteckplatzes wieder. So hat die Grafikkarte mehr Luft im Rücken und rückt gleichzeitig näher an die Gehäuseseite und damit an die Frischluftzufuhr. Außerdem können Sie später einige Kabel hinter der Grafikkarte entlangführen. Achtung: Das klappt nur bei Dual-Slot-Karten wie unserer GeForce RTX 3060 Ti – wollen Sie eine dickere Karte einbauen, entfällt dieser Schritt!

Nun bestücken Sie das Mainboard, angefangen mit dem Prozessor. Legen Sie es dazu so vor sich, dass die externen Anschlüsse nach links zeigen (alle folgenden Positionsangaben beziehen sich auf diese Ausrichtung). Öffnen Sie die Prozessorfassung mit dem Bügel und klappen Sie die Halterung mit der noch eingesetzten Kappe nach hinten. Achtung: Die vielen empfindlichen Federchen im Sockel dürfen nicht verbogen werden. Setzen Sie den Prozessor vorsichtig ein und achten Sie dabei auf die korrekte Ausrichtung: Das Dreieck in einer der Ecken des CPU-Heatspreaders muss mit dem Dreieck auf dem Halterahmen übereinstimmen. Beim anschließenden Verriegeln der Fassung springt die Schutzkappe von selbst ab.

Weiter gehts mit dem CPU-Kühler: Tragen Sie mit dem beigelegten Spritzchen einen dünnen Strich Wärmeleitpaste mittig entlang der Längsachse des CPU-Deckels auf und lassen Sie dabei an jedem Ende etwa einen halben Zentimeter frei, damit sich die Paste noch ausbreiten kann, ohne unterm Kühler hervorzuquellen. Den Kühler anzubringen, ist ein wenig fummelig. Wir haben uns für folgende Methode entschieden: Legen Sie die vier Schrauben so auf den Tisch, dass sie durch die vorgesehenen Löcher um den CPU-Sockel durchschauen, und legen Sie das Mainboard auf. Dann setzen Sie den Kühler so auf den Prozessor, dass die Kühlrippen parallel zu den Speichersteckplätzen verlaufen und die Gewinde über den Schrauben liegen. Nun schieben Sie das Mainboard von unten darauf schauend mit einer Ecke voraus langsam über die Tischkante, bis die erste Schraube erscheint und drehen sie von unten nur so weit ein, bis sie greift. Diesen Vorgang wiederholen Sie reihum mit den anderen Schrauben und ziehen sie zum Schluss über Kreuz fest. Es ist normal, dass sich das Board dabei ein wenig biegt. Den Lüfter schließen Sie links über dem Kühler an der senkrechten Pfostenleiste CPU_FAN1 an.

Schrauben Sie jetzt den SSD-Kühlkörper unterhalb der CPU-Fassung ab, um die SSD im oberen der beiden M.2-Steckplätze einzusetzen. Vergessen Sie nicht, die Schutzfolie von der Unterseite des Kühlkörpers abzuziehen, bevor Sie ihn wieder festschrauben. Wichtig: Der Schriftzug „M.2 Armor“ muss richtig herum zu lesen sein, sonst blockiert der Kühler einige Lüfteranschlüsse. Anschließend setzen Sie die RAM-Riegel ein.

Letzter Vorbestückungsakt ist, zwei der modularen Netzteilkabel anzuschließen; so lassen sie sich

einfacher verlegen. Oben links gehört das ATX-12V-Kabel mit den zwei vierpoligen Steckern für die CPU-Versorgung hin. An der rechten Boardkante klicken sie den breiten ATX-Stecker ein.

Ab ins Gehäuse

Legen Sie das offene Gehäuse mit der linken Seite nach oben und der ATX-Anschlussblende nach rechts auf die Arbeitsfläche, alle weiteren Positionsangaben beziehen sich auf diese Ausrichtung. Bevor Sie das Mainboard einsetzen, müssen noch einige Kabel und Leitungen an die richtigen Stellen. Als Erstes sollten Sie das rechteckige Steckerchen für die vorderen Audiobuchsen am Gehäuseboden entlang und durch die Aussparung fürs Flachbandkabel nach vorn verlegen. Dann schließen Sie es unten links am Mainboard an und legen letzteres locker ins Gehäuse. Das ATX-12V-Kabel oben links führen Sie erst in den Gehäusehimmel, dann zwischen Mainboardträger und Flachbandkabel auf der anderen Seite wieder zum Boden.

Jetzt verbinden Sie auch die USB-Frontanschlüsse für die A- und C-Buchsen mit dem Mainboard; die Kabel lassen Sie möglichst nah an der Boardkante zur anderen Gehäuseseite herunter – später sollen sie zwischen Board und Netzteil liegen. Das zweiadrige Kabel für den Einschalttaster gehört auf die siebenpolige Pfostensteckerleiste unten rechts am Mainboard, und zwar vertikal auf die beiden unteren Pins der äußeren Reihe.

Als Nächstes schieben Sie das Mainboard an seinen Platz und beachten dabei, dass nicht nur Schraublöcher und Gewinde übereinander liegen, sondern checken auch, ob die rückseitigen An-



Modernes Anschlussfeld: Der Mini-Gamer hat schnelles USB-C, 2,5-GBit-LAN und Wi-Fi 6E an Bord.

schlüsse an der richtigen Stelle sitzen und vor allem nicht blockiert sind. Von der Kontaktleiste des Flachbandkabels ziehen Sie die weiße Schutzkappe ab und stecken es in den x16-Slot unten am Board. Passt alles, fixieren Sie das Board mit den kleinen Schrauben mit Wölbung (Details finden Sie in der Gehäuseanleitung).

Jetzt zu den Lüftern: Den hinteren stöpseln Sie in der oberen linken Mainboard-Ecke an den Lüfteranschluss CHA_FAN1 und lassen die überlange Strippe hinterm Flachbandkabel verschwinden. Dort versenken Sie auch das Kabel des vorderen Lüfters und schrauben die Lüfterhalterung wieder ans Gehäuse, das Sie anschließend auf den Kopf stellen. Als Nächstes entfernen Sie den Gehäuseboden – Achtung, es sind fünf Schrauben! –, fischen das Lüfterkabel hervor, führen es am Flachbandkabel nach vorn und setzen es auf den Lüfteranschluss CHA_FAN2 nahe dem CPU-Kühler. Dann verschließen Sie den Boden wieder.

Bevor Sie die Grafikkarte einbauen, stecken Sie das PCIe-Stromkabel an. Wenn Sie die von uns vorgeschlagene GeForce RTX 3060 Ti Founders Edition gekauft haben, kommt zwischen Karte und Kabel noch Nvidias proprietärer Adapter. Dann entfernen Sie an der Gehäuserückseite die beiden äußeren

Teile Mini-ITX-Bauvorschlag

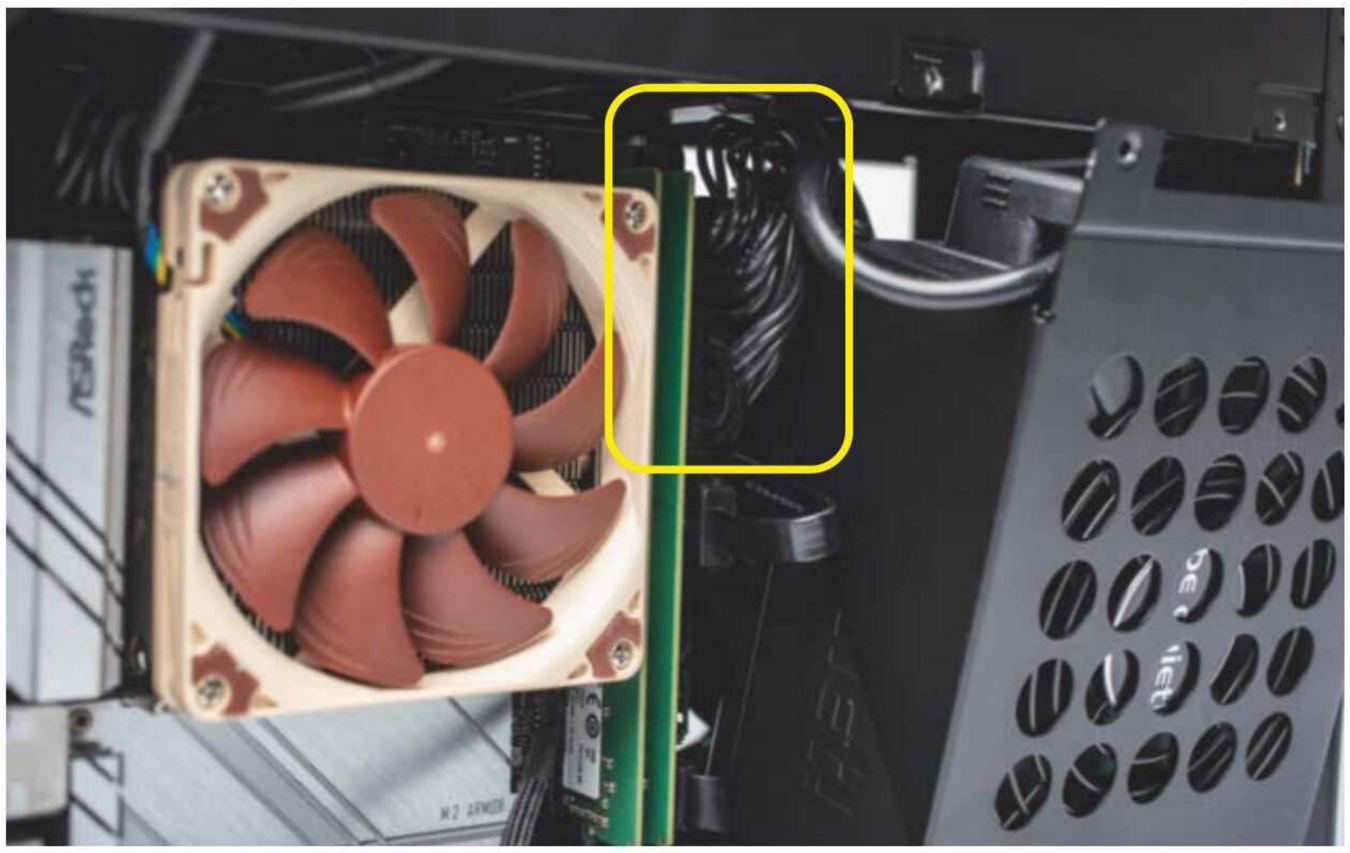
Komponenten	Bezeichnung	Preis
Prozessor	Intel Core i5-12400F, boxed (BX8071512400F)	200 €
CPU-Kühler	Noctua NH-L9i-17xx	45 €
Mainboard	ASRock H670M-ITX/ax (90-MXBHZ0-A0UAYZ)	200 €
RAM	2 × Crucial DIMM 8GB, DDR4-3200, CL22-22-22 (CT8G4DFRA32A)	50 €
Grafikkarte	Nvidia GeForce RTX 3060 Ti Founders Edition	440 €
SSD	Samsung SSD 980 1TB (MZ-V8V1T0BW)	90 €
Gehäuse	Lian Li DAN Cases A4-H20, PCIe 4.0, silber, Mini-ITX (A4-H20 A4)	160 €
Gehäuselüfter	2 × Scythe Kaze Flex 120 PWM 1200 rpm (SU1225FD12M-RHP)	20 €
Netzteil	be quiet! SFX-L Power 500W (BN238)	90 €
Betriebssystem	Windows 11 Home	90 €
	Summe (inklusive Versandpauschale 20 €)	**1405 €**

Platzhalterbleche, öffnen die kleine weiße Kartenarretierung am PEG-Slot, setzen die Karte ein, sichern sie mit dem weißen Schieber und schrauben sie fest. Stellen Sie das Gehäuse wieder auf die Füße und führen Sie das Stromkabel am Gehäuseboden auf die linke Seite.

Nun schließen Sie alle Stromkabel – den zweigeteilten ATX-Stecker, die CPU-Stromversorgung und das PCIe-Stromkabel für die Grafikkarte – am Netzteil an und verbinden es mit dem internen Kaltgerätekabel des Gehäuses. Das müssen Sie dafür ein wenig biegen und fest einstecken. Nehmen Sie das Netzteil mit Rahmen in die Hand und legen Sie das Gehäuse auf die rechte Seite – letzte Chance, den Hauptschalter am Netzteil zu kontrollieren! –, bugsieren Sie das Netzteil mit sanfter Kraft an seinen Platz und sortieren dabei ein letztes Mal die Kabel: Die beiden USB-Kabel sollen zwischen Mainboard und Netzteil durchführen, das ATX-Kabel über der linken oberen Netzteilecke. Helfen Sie mit den Fingern der freien Hand nach. Ist das Netzteil reingerutscht, schrauben Sie es fest. Denken Sie zum Schluss daran, die beiden WLAN-Antennen des Mainboards anzuschrauben.

Jetzt ist es Zeit für einen Systemcheck. Schließen Sie Monitor, Tastatur und Stromkabel an, um das erste Mal probehalber zu starten. Drücken Sie nach dem Einschalten die Entf-Taste, um in die BIOS-Einstellungen zu gelangen. Klappt das, war Ihr Zusammenbau erfolgreich und Sie können unsere BIOS-Einstellungen einpflegen, die Sie zusammen mit der Teileliste und einigen Detailbildern auf der Projektseite über ct.de/wxhq finden. Wenn nicht, sollten Sie kontrollieren, ob alle Kabel sitzen. Hören Sie ein Rattern, hängt vermutlich ein Kabel in einem Lüfter. Überhaupt: Drehen alle Lüfter?

Hat der Rechner den Funktions- und Sound-Check bestanden, klipsen Sie die Gehäuseteile an und installieren das Betriebssystem von einem USB-Medium. Viel Spaß beim Zocken! (bkr) c't



Wenn Sie das Netzteil einsetzen, wird es eng. Den ATX-Kabelstrang bugsieren Sie mit dem Finger über die Kante des Netzteils.

Bauvorschlag Mini-Gamer: Technische Daten und Tests

Hardware-Ausstattung	
Abmessungen (B × H × T) / Gewicht	14 cm × 24,4 cm × 32,6 mm / 6,6 kg
Erweiterungs-Slots (nutzbar)	1 × PEG (PCIe 4.0 x16) (1), 1 × M.2-2280/60/42 (PCIe 4.0 x4) (0), 1 × M.2-2280/60/42 (PCIe 4.0 x4 & SATA 6G) (1), 1 × M.2 2230 (E-Key) (0)
Anschlüsse hinten	HDMI 2.1, 3 × DisplayPort 1.4a, 3 × analog Audio, 2 × USB-A (10 Gbit/s), 4 × USB-A (480 Mbit/s), USB-C (20 Gbit/s), 2 × LAN, WLAN
Anschlüsse vorn	USB-A (5 Gbit/s), USB-C (5 Gbit/s), 2 × analog Audio
Elektrische Leistungsaufnahme, Datentransfer-Messungen	
Soft-off (mit ErP) / Energie Sparen / Leerlauf	1,2 W (1,2 W) / 1,4 W / 34,4 W
Volllast: CPU / CPU und Grafik	115 W / 314 W
SSD: Lesen (Schreiben)	3562 (2341) MByte/s
USB 3.2 Gen 1 (5 Gbit/s) / USB 3.2 Gen 2x2 (20 Gbit/s): Lesen (Schreiben)	463 (467) MByte/s / 2015 (1950) MByte/s
LAN 1/2: Empfangen (Senden)	297 (298) / 118 (119) MByte/s
Bootdauer	18 s
Preis	1405 €

Literatur

[1] Lutz Labs, **Hauptsache PCI Express**, Günstige und teure PCIe-SSDs im Vergleich, c't 18/2021, S. 106

[2] Carsten Spille, **Sparen mit Zukunft**, Asrocks Deskmni-H470-Barebone als flexibel konfigurierbarer Spar-PC, c't 6/2021, S. 76

[3] Benjamin Kraft, **4-Käsehoch**, PC-Gehäuse für Power satt im Kompaktformat, c't 6/2022, S. 78

[4] Christian Hirsch, **Multimonitor-Allrounder**, Bauvorschlag für einen leisen Allround-PC mit Intel Core i-12000, c't 9/2022, S. 154

Projektseite mit Download-Links und BIOS-Einstellungen

ct.de/wxhq

Aktion: Sichere Büro-PCs

Wie Sie Büro-PCs sicher konfigurieren, erfahren Sie in diesem heise-Security-Webinar mit c't-Hardware-Experte Christof Windeck, das für die Käufer dieser Ausgabe kostenlos ist.

Die großen PC-Hersteller verkaufen spezielle Bürocomputer für den gewerblichen Einsatz. Viele dieser PC-Baureihen haben besondere Eigenschaften und Funktionen, die Admins die Arbeit erleichtern und die Sicherheit stärken.

Christof Windeck, der Hardware-Experte von c't, stellt in dieser Webinar-Aufzeichnung vom 17. November 2020 die wichtigsten Security-Features vor und erklärt, wie sie mit Windows-Funktionen wie dem seit Windows 10 eingeführten Virtualization-Based Security (VBS) zusammenspielen. Das Ziel ist eine Basiskonfiguration von Business-PCs für sicheren und zuverlässigen Betrieb, die die wichtigsten Schlupflöcher für Angreifer schließt.

Themenschwerpunkte

- typische Eigenschaften von Business-PCs
- das bringen CSME, AMT, DASH, VBS, DRTM & Co.
- Firmware-Optionen und (UEFI-)BIOS-Setup
- Schutz gegen BIOS-Manipulation
- bekannte Risiken und Schwachstellen

Jürgen Schmidt, Senior Fellow Security bei Heise Medien und verantwortlich für heise Security, moderierte das Webinar und diskutierte mit dem Referenten Fragen der Teilnehmenden.

Das gut 90-minütige Webinar richtet sich an IT-Sicherheitsverantwortliche, Administratoren, Systemintegratoren und Hardware-Spezialisten in Unternehmen. Über den im roten Button angegebenen Aktionscode erhalten Sie kostenlosen Zugang zur Webinar-Aufzeichnung. Der Stream steht Ihnen zeitlich unbegrenzt in Ihrem heise-Shop-Account zur Verfügung.

Informieren bei heise Security

Das Sicherheitsportal heise Security greift in seinen Webinaren regelmäßig Themen rund um IT-Sicherheit und Datenschutz auf. Security- und Datenschutzverantwortliche, die sich kontinuierlich auf dem aktuellen Stand halten wollen, finden dort auch das Abopaket heise Security Pro. Es bietet kontinuierlich Hintergründe und Analysen zu aktuellen Gefährdungen sowie Best Practices und bündelt vertiefendes Know-how rund um IT-Sicherheit. Abonnenten haben darüber hinaus vielfältige Gelegenheiten zum Austausch mit der heise Security Redaktion sowie IT-Administratoren und -Spezialisten im exklusiven Pro-Forum sowie bei der jährlichen heise Security Tour, der Security-Messe secIT und den Security- und Datenschutz-Webinaren von heise Security. Mehr Informationen finden Sie unter ct.de/wjzy



Über shop.heise.de/HG2022 erhalten Sie diese Webinar-Aufzeichnung mit dem Rabattcode GUIDE2022 einmalig gratis* statt für 99 Euro.

*Preis- und andere Irrtümer vorbehalten. Das Angebot ist gültig bis zum 31.07.2023 (Stand: Dezember 2022).



Christof Windeck erklärt in einem kompakten Überblick, welche Features und Einstellungen wirklich wichtig sind, um den PC als sichere und vertrauenswürdige Basis für das Betriebssystem zu betreiben.

Der c’t-Leitfaden für Massenspeicher

Die SSD-Technik ist allgegenwärtig, aber Festplatten sterben nicht aus. Als externe und mobile Speichermedien stehen USB-Sticks, USB-Festplatten, USB- und Thunderbolt-SSDs sowie SD- und MicroSD-Karten zur Wahl. Unsere Entscheidungshilfe erklärt aktuelle Speichertechnik.

Von **Christof Windeck**



Bild: Andreas Martini

Übersicht aktueller Speichermedien	34
SSD-Kaufberatung und Auswahlhilfe	40
Grundlagenwissen zu Festplatten	44
Schnelle, kleine und spezielle PCIe-SSDs	48
Superschnell per USB und Thunderbolt	54

Solid-State Disks (SSD) haben sich durchgesetzt, weil sie schneller, kleiner, leichter und robuster sind als Festplatten. Notebooks mit Festplatten gibt es praktisch nicht mehr, in Desktop-PCs sind sie höchstens Beiwerk. Doch Platten sterben nicht etwa aus, sondern ziehen lediglich um: vom PC in ein USB-Gehäuse, ins NAS oder in die Cloud. Denn Platten speichern große Datenmengen noch immer viel billiger als SSDs und bleiben deshalb erste Wahl für Backup und Langzeitarchivierung. Flash-Speicher und Magnetfestplatten haben sehr verschiedene Eigenschaften und in beiden „Speicherwelten“ gibt es wiederum erhebliche Unterschiede zwischen Bauformen, Schnittstellen und Aufzeichnungsverfahren beziehungsweise Speichertypen. Daraus ergeben sich viele Fragen: Reicht als Bootmedium noch eine SATA-SSD oder muss es eine in der „Streifenbauform“ M.2 mit PCI Express sein? Wenn M.2, ist dann PCIe 4.0 spürbar schneller als PCIe 3.0? Braucht man einen SSD-Kühler? Wie ist es um die Haltbarkeit bestellt? Solche Fragen klärt der SSD-Berater ab Seite 40.

Um Festplatten geht es ab Seite 44: Was unterscheidet NAS-Laufwerke von solchen für Desktop-PCs? Welche Nachteile hat die Aufzeichnungstechnik Shingled Magnetic Recording (SMR)? Der Artikel ab Seite 54 wiederum liefert einen aktuellen Überblick über Schnittstellen für externe Massenspeicher: Was kann die Schnittstelle Thunderbolt besser als USB-C?



Klassische Festplatten mit rotierenden Magnetscheiben (unten) bieten gewaltige Speicherkapazität zum günstigsten Preis, doch eine M.2-SSD (rechts) und erst recht eine MicroSD-Karte sind schneller, leichter, robuster und sparsamer.

Im Verlauf der vergangenen 15 Jahre haben die auch Solid-State Drives genannten Solid-State Disks Notebooks, Desktop-PCs und Server erobert. Die Bezeichnung „Solid State“ (unbeweglich) zeigt, worum es geht: SSDs speichern Daten in Halbleiterbauelementen, meistens in NAND-Flash-Speicherchips, statt auf rotierenden Magnetscheiben. SSDs sind nicht unbedingt in jeder Disziplin schneller als Festplatten: Bei vielen günstigen SSDs bricht die Datentransferrate bei sehr langen Schreibzugriffen stark ein. Bei typischer Nutzung von Notebooks und Desktop-PCs tritt dieser Fall allerdings kaum jemals ein, weil man nur sehr selten riesige Datenmassen von mehr als 20 GByte am Stück kopiert. Wichtiger sind bei PCs und Notebooks schnelles Lesen und kurze Zugriffszeiten, also niedrige Latenzen beim Zugriff auf kleine, zufällig verteilte Datenblöcke (Random Read). Statt einige hundert Ein-/Ausgabeoperationen pro Sekunde (IOPS) wie Festplatten schaffen SSDs mindestens mehrere zehntausend.

Flash statt Scheibe

Allerdings darf man den IOPS-Vergleich nicht auf die Spitze treiben, denn die höchsten Werte liefern SSDs erst bei vielen parallelen Zugriffen. Solche sind bei Servern typisch, bei PCs und Notebooks aber selten. Und deshalb wiederum spürt man am PC kaum einen Unterschied, ob eine SSD mit 20.000 oder 400.000 IOPS drinsteckt – Hauptsache, keine Festplatte! Bei manchen Spezialanwendungen kann es dennoch vorteilhaft sein, eine superschnelle PCIe-4.0-SSD in den PC zu stecken.

In Notebooks hat eine SSD den zusätzlichen Vorteil, dass sie anders als eine Festplatte unempfindlich gegen Stöße ist. SATA-SSDs mit 128 GByte Kapazität kosten mittlerweile weniger als 20 Euro und sind billiger als Festplatten. Anders sieht das bei hohen Kapazitäten von mehreren Terabyte aus: Dann kosten Festplatten deutlich weniger, siehe Tabelle auf Seite 36.

Platten als Datenhalden

Die große Mehrheit der PC-Käufer entscheidet sich mittlerweile für Notebooks, nur noch rund 20 Prozent wählen Desktop-PCs. Unter letzteren wiederum sind viele Mini-PCs, in die keine 3,5-Zoll-Festplatten passen. Weil es folglich kaum noch Nachfrage nach

Geschwindigkeiten gängiger PC-Speichermedien

Datenträgertyp	max. gemessene Datentransferrate	IOPS QD1[1]	max. IOPS
	schreiben / lesen	schreiben / lesen	schreiben / lesen
M.2-SSD PCIe 4.0 x4	7,0 / 7,5 GByte/s	68 / 22 Tsd.	1250 / 1020 Tsd.
M.2-SSD PCIe 3.0 x4	2,9 / 3,6 GByte/s	53 / 18 Tsd.	390 / 500 Tsd.
USB-SSD mit USB 3.2 Gen 2x2	2,0 / 2,0 GByte/s	–	80 / 80 Tsd.
USB-SSD mit USB 3.2 Gen 2	1,0 / 1,0 GByte/s	–	40 / 40 Tsd.
SATA-SSD	0,53 / 0,56 GByte/s	12 / 12 Tsd.	88 / 99 Tsd.
USB-SSD mit USB 3.2 Gen 1	0,48 / 0,48 GByte/s	–	25 / 25 Tsd.
SATA-Festplatte 7200 min^{-1}	0,25 / 0,25 GByte/s	0,8 / 0,8 Tsd.[2]	0,8 / 0,8 Tsd.[2]
MicroSD-Karte (UHS-I DDR208)	0,13 / 0,18 GByte/s	–	0,7 / 2,8 Tsd.

[1] Queue Depth 1: pro Adressierung ein einzelner Zugriff, also keine parallelen Zugriffe

[2] die meisten SATA-Platten liegen eher bei 150 bis 400 IOPS

Preisvergleich Massenspeicher

Datenträgertyp	Preis pro Gigabyte	Preisbeispiele					
		250 GByte	500 GByte	1 TByte	2 TByte	8 TByte	16 TByte
M.2-NVMe-SSD	ab 7 Cent	20 €	35 €	65 €	130 €	1.300 €	–
SATA-SSD (2,5")	ab 6 Cent	20 €	35 €	60 €	120 €	600 €	2.700 €
SATA-Festplatte	ab 1,6 Cent	–	25 €	35 €	50 €	180 €	280 €
USB-Festplatte	ab 1,6 Cent	20 €	40 €	43 €	56 €	155 €	310 €
USB-SSD	ab 9 Cent	40 €	60 €	85 €	160 €	2.200 €	–
SD-Karte	ab 8 Cent	23 €	60 €	110 €	800 € [1]	–	–
MicroSD-Karte	ab 8 Cent	25 €	55 €	150 €	–	–	–
USB-Stick	ab 6 Cent	16 €	35 €	110 €	–	–	–

Preise: Stand November 2022 [1]derzeit nicht lieferbar

Desktop-PC-Laufwerken gibt, entwickeln die drei verbliebenen Plattenhersteller Seagate, Western Digital und Toshiba vor allem Platten für Cloud-Server und NAS. Dort wiederum zählt vor allem möglichst hohe Kapazität pro Euro und Watt. Anders gesagt: Geschwindigkeit ist Nebensache, die holen sich Server von SSDs (siehe Textkasten auf Seite 37).

Die Nachfrage nach Festplatten schrumpft noch weiter, weil immer weniger Menschen ihre Daten selbst pflegen, sondern sie Clouddiensten anvertrauen: Microsoft One Drive, Apple iCloud, Google Drive, Dropbox und so weiter. Die wenigen noch lieferbaren 3,5-Zoll-Platten mit unter 4 TByte Kapazität sind meistens steinalte Designs, auch bei Notebookfestplatten (2,5 Zoll) gibt es kaum noch Fortschritte. Die niedrigsten Preise pro Terabyte Kapazität zahlt man bei Platten ab 6 TByte.

NAS und USB-Platten eignen sich prima als günstige Datenhalden fürs Backup. Denken Sie aber daran, mindestens zwei Sicherheitskopien anzufertigen, die möglichst getrennt vom PC lagern, damit sie für Verschlüsselungstrojaner unerreichbar sind. Wenn möglich sollte eine Kopie außerhalb Ihrer Wohnung lagern, etwa bei Verwandten, Freunden oder in einem Bankschließfach. So sind die Daten besser gegen Diebstahl, Brand und Hochwasser geschützt.

Als Archiv eignen sich Festplatten tendenziell besser als SSDs, weil bei letzteren nicht klar ist, wie lange sie Daten im stromlosen Zustand sicher speichern [1]. Die Hersteller machen dazu keine Angaben. Festplatten gelten als mindestens fünf Jahre lagerfähig, eher länger. Mehr zur Archivierung haben wir in [2, 3] zusammengestellt.

Need for Speed

Geschwindigkeit ist ein wichtiges Kaufkriterium bei Massenspeichern, muss aber im Kontext betrachtet werden. So nutzt eine superschnelle externe SSD

Festplatten sterben nicht aus, sie laufen nur anderswo: etwa im Netzwerkspeicher (NAS) statt im Notebook oder Desktop-PC.



Serverspeicher

Servertechnik unterscheidet sich immer stärker von Komponenten für PCs und Notebooks. Denn die meisten Server werden für den Dauereinsatz in den Schränken (Racks) riesiger Cloudrechenzentren entwickelt. Das Angebot an Servern in PC-ähnlicher „Tower“-Bauform schrumpft; in Kleinfirmen und Heimbüros kommen eher NAS zum Einsatz.

Im Zuge dieser Veränderungen verschwinden klassische RAID-Hostadapter allmählich. NAS und Rackserver nutzen Storage-Software, um Redundanz und Geschwindigkeit zu verbessern. Dazu dienen Dateisysteme wie ZFS und btrfs und Storage-Software wie Ceph und VMware vSAN. Manche verteilen Daten dynamisch auf verschiedene Speichermedien: „kalte“, also selten abgefragte Daten auf Festplatten, „heiße“ Daten auf die schnellsten SSDs.

Für verschiedene Zugriffscharakteristiken gibt es angepasste SSD-Varianten, darunter besonders schreibfeste und teure sowie billigere für hauptsächlich lesende Zugriffe. Eine typische Spezifikation für hochbelastbare SSDs nennt fünf „Drive Writes per Day“ (DWPD): Sie sind dafür ausgelegt, innerhalb einer fünfjährigen Garantiefrist täglich mit dem Fünffachen ihrer Kapazität überschrieben zu werden.

Viele Storage-Server haben Schnellwechselrahmen für den Austausch defekter Datenträger auch im laufenden Betrieb (Hotswapping). M.2-SSDs eignen sich dafür nicht, stattdessen aber Bauformen wie das 2,5-Zoll-Format U.3 oder das längliche „Linealformat“ E.1. Im Einzelhandel sind derartige Spezialitäten immer seltener zu finden. Wer ein NAS oder einen Selbstbauserver mit einer robusten SSD bestücken möchte, kann sich an den „Endurance“-Angaben der Hersteller orientieren: Besonders schreibfeste Typen vertragen 1 Petabyte und mehr (1000 Terabytes Written, TBW).

Datentransferraten einiger (PC-)Schnittstellen

Schnittstelle	maximale Datentransferrate	Kopierzeit 4 GByte
RAM: 2 Kanäle DDR5-4800	76 GByte/s	0,05 s
PCIe 5.0 x16	64 GByte/s	0,06 s
RAM: 2 Kanäle DDR4-3200	50 GByte/s	0,08 s
PCIe 5.0 x4	16 GByte/s	0,25 s
PCIe 4.0 x4	8 GByte/s	0,5 s
PCIe 3.0 x4	4 GByte/s	1 s
Thunderbolt 4 (TB4)	4 GByte/s	1 s
USB 3.2 Gen 2x2	2 GByte/s	2 s
Ethernet 10 Gbit/s (10GbE)	1,1 GByte/s	3,6 s
USB 3.2 Gen 2	1 GByte/s	4 s
SATA 6G	500 MByte/s	8 s
USB 3.2 Gen 1 (USB 3.0)	450 MByte/s	9 s
Ethernet mit 2,5 Gbit/s (2.5GbE)	250 MByte/s	16 s
Wi-Fi 6 nah (950 Mbit/s)	120 MByte/s	33 s
Ethernet mit 1 Gbit/s (GbE)	110 MByte/s	36 s
Wi-Fi 6E 20 Meter durch Wände	60 MByte/s	67 s
USB 2.0 Highspeed	45 MByte/s	89 s
Ethernet 100 Mbit/s (DSL100)	11 MByte/s	364 s
DSL50	6 MByte/s	666 s



Viele SSDs für Server haben Hotswap-taugliche Bauformen wie U.3: Das entspricht dem „dicken“ 2,5-Zoll-Format mit 15 Millimetern Bauhöhe und einem SFF-8639-Stecker, der PCI Express und alternativ SATA oder SAS überträgt.

nichts, wenn der interne Datenspeicher im Notebook, von dem kopiert werden soll, langsamer arbeitet. Wer seine Daten per WLAN aufs NAS kopiert, darf sich über eine gemächliche Gangart nicht wundern: Müssen sich Funkwellen durch ein paar Hausmauern kämpfen, sind Datentransferraten von 60 MByte/s schon sehr gute Werte. Noch ein weiteres Beispiel: Eine SD-Karte mit 100 MByte/s bringt nichts, wenn das Lesegerät per USB 2.0 angebunden ist.

Doch auch wenn es Ihnen nicht auf höchstmögliche Geschwindigkeit ankommt, sollten Sie beim Einkauf von Speichermedien auf konkrete Angaben zu Datentransferraten achten. Denn wenn der Hersteller die Geschwindigkeit eines Produktes nicht verraten möchte, ist es üblicherweise krötenlahm. Findet sich ein ordentliches Datenblatt, ist auch die Wahrscheinlichkeit einer Fälschung geringer; bei Handelsplattformen wie wish.com, joom.com, AliExpress und eBay wimmelt es nur so von gefälschten USB-Sticks und (Micro)SD-Karten, die Ihre wertvollen Daten vernichten, statt sie zu speichern. Unsere Preistabelle zeigt: USB-Sticks mit mehr als 1 TByte Kapazität gibt es nicht (mehr) und MicroSD-Karten noch nicht. Wenn Sie ein Angebot für einen 2-TByte-Stick sehen, handelt es sich mit hoher Wahrscheinlichkeit um eine Fälschung. Kaufen Sie daher nur bei seriösen Anbietern und prüfen Sie Speichermedien sofort nach Erhalt, etwa mit der Software H2testw (siehe ct.de/wh5k).

Sicherheit und Entsorgung

Notebooks und Smartphones werden häufiger gestohlen als Desktop-Rechner, die im (Heim-)Büro besser geschützt sind. Daher sollte man Mobilcomputer und Smartphones mit sicheren Passwörtern oder biometrischer Authentifizierung gegen unbefugten Zugriff schützen und die jeweiligen Datenträger verschlüsseln. Bei modernen Smartphones ist das Standard, bei Windows-Notebooks leider nicht. In den Pro-Versionen von Windows ist BitLocker als SSD-Verschlüsselung eingebaut, bei anderen Versionen lässt sich VeraCrypt (siehe ct.de/wh5k) nachrüsten. Apples macOS (FileVault) und Linux (LUKS) haben eingebaute Tools. Achtung: Notieren Sie Passwort und Wiederherstellungsschlüssel un-

Literatur

[1] Tim Niggemeier, **Vergesslicher Speicher**, Flash-Grundlagen, Teil 2: Lebensdauer der Daten, c’t 11/2021, S. 116

[2] Christof Windeck, **Lange haltbar**, Digitale Daten langfristig zuverlässig speichern, c’t 22/2020, S. 60

[3] Lutz Labs, **Stabile Magnetpartikelchen**, Langzeitarchivierung mit Festplatten, c’t 22/2020, S. 64

Tools und Infos

ct.de/wh5k

bedingt auf Papier und verwahren Sie sie sicher, am besten auch eine Kopie an einem anderen Ort. Denken Sie an Backups!

Verschlüsselung ist auch bei USB-Sticks und Mobilfestplatten ratsam, weil sie leicht verloren gehen und in falsche Hände geraten können. Zum Verschlüsseln genügt kostenlose Software wie VeraCrypt oder 7-Zip (ct.de/wh5k). Falls Sie als Gewerbetreibender oder Freiberufler Kundendaten speichern, verpflichtet Sie die DSGVO zu einem „angemessenen Schutzniveau“. Dazu sollten Sie Backup-Datenträger mit sensiblen Daten verschlüsseln oder im Tresor lagern.

Wenn Sie Datenträger ausmustern, um sie zu entsorgen oder zu verkaufen, müssen Sie sie vorher sicher löschen. Dazu genügt bei Festplatten einmaliges vollständiges Überschreiben, unter Windows etwa mit dem Programm `diskpart` und dessen Befehl `clean all` – aber es gibt auch andere Tools dafür, etwa das erwähnte H2testw. SSDs löschen Sie am besten mittels Secure Erase (Anleitung: ct.de/wh5k). Waren die Daten sicher verschlüsselt, so reicht es, das Schlüsselmaterial zu löschen, was viel schneller geht. Wiederum gelten bei gewerblicher Nutzung je nach Schutzwürdigkeit der Daten strengere Vorschriften bis hin zur Pflicht, Datenträger schreddern zu lassen. Dafür gibt es zertifizierte Dienstleister.

Medienwahl

Der Markt der Massenspeicher für Notebooks und Desktop-PCs verändert sich hin zur SSD; gängiges Bootmedium ist heutzutage ein M.2-Kärtchen. Die PCIe-3.0-Generation dominiert das Angebot und genügt für die meisten Ansprüche. Jenseits von 4 TByte gibt es kaum M.2-SSDs und nur wenige SATA-SSDs. Oberhalb von 8 TByte regiert die viel billigere Festplatte.

Die verschiedenen Flash-Speichermedien – interne und externe SSDs, USB-Sticks und Speicherkarten – werden noch viele Jahre gemeinsam mit klassischen Magnetfestplatten auf dem Markt sein. Je nach Anwendung eignet sich mal das eine, mal das andere Medium besser, wie die folgenden Artikel zeigen. (ciw) c't



Auch als Heft + PDF mit 29 % Rabatt

Die volle Ladung

Dieses c't-Sonderheft räumt auf mit Mythen rund ums E-Auto und schafft einen realen Überblick zu Vor- und Nachteilen der E-Mobilität

- Leitfaden zum Kauf eines E-Autos
- Kostenvergleich: Storm vs. Sprit
- Fahrberichte und Tests
- Den Akku richtig nutzen und laden
- Überschussladen – Strom aus Photovoltaik nutzen
- Auch als Bundle mit Buch „E-Autos einfach erklärt“ vom dpunkt-Verlag erhältlich!

Heft für 14,90 € • PDF für 12,99 €
Bundle Heft + PDF 19,90 €

shop.heise.de/ct-eautos22

Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten oder ab einem Einkaufswert von 20 € (innerhalb Deutschlands). Nur solange der Vorrat reicht. Preisänderungen vorbehalten.

heise Shop



Bild: Andreas Martini

SSDs: Kaufberatung und Auswahlhilfe

Mit dem Wunsch nach einer neuen SSD kommen die Fragen: SATA oder NVMe? TLC oder QLC? Muss die SSD eigenen DRAM haben oder reicht SLC-Cache? Was ist wichtiger: IOPS oder MByte/s? Und überhaupt: Was bedeutet das alles? Ein Leitfaden für die SSD-Wahl.

Von **Benjamin Kraft**

Wer heute einen Computer kauft, zusammenstellt oder nachrüstet, greift fürs System-„Laufwerk“ in der Regel zur SSD. Der Flash-Speicher ist viel schneller als eine Festplatte und wirkt für ältere Systeme wie eine Frischzellenkur. Meist liegt der Blick dabei auf den hohen Transferraten bei sequenziellen Zugriffen, doch das eigentliche Geheimnis der Flash-Beschleunigung liegt in der Geschwindigkeit, mit der wahlfreie Zugriffe bedient werden, gemessen in IOPS (Input/Output operations per Second, Ein-/Ausgabeoperationen pro Sekunde).

Gute SATA-SSDs kommen auf Werte bis 100.000 IOPS, Festplatten schaffen nur ein paar Hundert. Das

ist der Grund für einen schnellen Windows-Start: Dabei werden Hunderte kleiner Dateien geladen. Festplatten müssen dafür die Schreib-Leseköpfe an die passende Stelle bringen, was Zeit kostet. SSDs greifen hingegen mit winzigen Latenzen auf die in ihren NAND-Flashzellen gespeicherten Daten zu und werden sogar noch schneller, wenn mehrere Aufträge gleichzeitig anstehen.

Format und Anschluss

SSDs gibt es in verschiedenen Bauformen mit unterschiedlichen Anschlüssen. Die älteste und am weitesten verbreitete Bauform ist das 2,5-Zoll-Gehäuse mit SATA-Anschluss, bekannt von der klassischen Notebookfestplatte. Für Aus- und Aufrüster ist sie immer noch die erste Wahl, weil dafür beinahe alle Desktop-PCs und viele ältere Notebooks Anschlüsse und Einschübe haben. Die maximale Datenübertragungsrate der seit über zehn Jahren aktuellen SATA-6G-Schnittstelle (alias SATA III) liegt in der Praxis bei rund 550 MByte/s.

Schneller sind Laufwerke für die PCIe-Schnittstelle, die fast ausschließlich das NVMe-Protokoll verwenden (Non-volatile Memory Express). Die meisten NVMe-SSDs haben das M.2-Format und sehen aus wie übergroße Kaugummistreifen. Angenehmer Nebeneffekt der Bauform: Anders als bei 2,5-Zoll-Laufwerken muss man für M.2-SSDs weder Strom- noch SATA-Kabel durchs Gehäuse legen. Inzwischen kosten günstige NVMe-SSDs ähnlich viel wie SATA-Modelle gleicher Kapazität, übertreffen diese aber bei der Geschwindigkeit.

M.2-Speicherkärtchen gibt es in verschiedenen Größen, deren Formatbezeichnung sich aus der Breite und der Länge ableitet. Gebräuchlich sind 2280-SSDs, die 22 Millimeter breit und 80 Millimeter lang sind. Moderne PC-Mainboards haben mindestens einen M.2-Steckplatz, der durch eine versetzbare Schraubhülse flexibel ausgelegt ist und so nicht nur das Format 2280, sondern auch die Varianten 2242, 2260 und – seltener – 22110 aufnimmt. Sie müssen beim Einkauf also auf die passende Länge achten.

Am M.2-Slot liegen meist vier PCIe-Lanes an, die Generation hängt von der CPU ab. Vier PCIe-3.0-Lanes ermöglichen eine theoretische Datenübertragungsrate von 4 GByte/s, mit PCIe 4.0 steigt das Limit auf knapp 8 GByte/s – und an dem kratzen bereits erste Modelle wie die Seagate FireCuda 530, die Daten mit 7,5 GByte/s liest und mit 7 GByte/s schreibt [1]. Auch die Geschwindigkeit beim Zugriff auf zufällige Adressen bewegt sich bei High-End-SSDs in ganz anderen Dimensionen als bei SATA-SSDs: Corsairs MP600 Pro erreicht laut unseren Messungen enorme 1,25 Millionen IOPS [2].

Allerdings sollte man diese Zahlen nicht überbewerten: SSDs können ihr volles IOPS-Potenzial erst bei vielen gleichzeitigen Zugriffen ausspielen, etwa bei einer Queue-Depth von 32, also bei 32 gleichzeitig ausstehenden Anfragen. Im Windows-Alltag kommt man laut Messungen von Intel aber selten über eine Queue-Depth von 2 oder 3 hinaus [3]. Das gilt selbst beim Systemstart oder beim Laden eines Spielelevels. Die Ergebnisse des Benchmarks BAPCo SYSmark, der den Rechner einen Testparcours mit echten Anwendungen (unter anderem Office und Videoschnitt) durchlaufen lässt, legen nahe: Hauptsache SSD, welche ist sekundär (siehe Diagramm unten). Für die meisten Heim-PCs und selbst für anspruchsvolle Gamer ist eine High-End-SSD daher kompletter Overkill.

Achtung: Ältere Mainboards können nicht von PCIe-SSDs booten – bei Intel gelingt das beispielsweise erst ab dem Z170-Chipsatz. Außerdem ist der zweite M.2-Slot – sofern vorhanden – bei vielen Mainboards am Chipsatz angebunden, dessen PCIe-Generation oft jener der CPU hinterherhinkt. Dadurch verringern sich Durchsatz und IOPS. Zudem ist er bei

Performancemessungen

	Systemstart[1] [s]	Final Fantasy XIV (level loading) [s]	SYSmark 25 [Punkte]	IOPS (4K/QD 4)
	◀ besser	◀ besser	besser ▶	besser ▶
Seagate IronWolf Pro (20 TB, SATA-HDD)	42	25,2	1611	395
Crucial MX 500 (500 GByte, SATA-SSD)	15,5	13,8	1823	22400
Samsung SSD 980 Pro (1 GByte, PCIe 2.0 x4)	15,3	11,96	1875	53100
Samsung SSD 980 Pro (1 GByte, PCIe 4.0 x4)	14	10,85	1875	87300

Testsystem: Intel Core i5-12400, 16 GByte DDR4-3200, Windows 11 (64 Bit)

[1]vom Einschalten bis zum Windows-Desktop

manchen Billigmainboards nur mit zwei PCIe-Lanes beschaltet, was die theoretische Geschwindigkeit nochmals halbiert. Außer bei großen Datentransfers macht sich selbst diese vergleichsweise langsame Anbindung in der Praxis bei Programmstarts oder beim Booten kaum bemerkbar.

Eine eindeutige Zuordnung von Bauform und Anschluss ist übrigens nicht möglich. Beispielsweise gibt es auch SATA-SSDs für den M.2-Slot. Welche SSD-Typen der M.2-Steckplatz Ihres Mainboards unterstützt, verrät das Handbuch. Zudem sind die NVMe- und SATA-SSDs nicht nur elektrisch, sondern auch mechanisch zueinander inkompatibel: Aktuelle NVMe-SSDs mit vier PCIe-Lanes haben eine Kerbe an der Anschlussleiste, SATA-SSDs zwei. Bei einigen Mainboards schalten sich ein oder zwei SATA-Anschlüsse ab, wenn man eine M.2-SSD verwendet.

NVMe-SSDs gibt es indes auch als PCIe-Steckkarten mit x4-, x8- oder x16-Anschluss. Sie sind aber meist unverhältnismäßig teuer und nur für Nischenanwendungen interessant, beispielsweise um auf einem PCIe-3.0-System via x8-Anschluss die Geschwindigkeit einer M.2-SSD mit PCIe 4.0 x4 zu erzielen. Das inzwischen ausgestorbene mSATA und die für Server und Workstations gedachten Formate U.2 und U.3 spielen auf dem Desktop keine Rolle.

MLC, TLC, QLC?

Die ersten SSDs speicherten pro NAND-Zelle ein Bit (Single Level Cell, SLC). Um die Speicherdichte zu erhöhen und die Produktionskosten zu senken, entwickelten die Flash-Hersteller Zellen, die immer mehr Bits fassen. Die Kehrseite der zunehmenden Verdichtung ist allerdings, dass die einzelnen Zellen langsamer arbeiten und weniger Schreibzyklen vertragen. Zur Haltbarkeit gleich mehr. Vereinfacht gesagt: Je mehr Bits pro Zelle gespeichert werden, desto geringer die Geschwindigkeit. Das gilt aber nur, wenn man die einzelne Zelle betrachtet, denn mit zahlreichen Tricks holen die SSD-Controller auch aus langsameren und weniger robusten Zellen hohe Geschwindigkeit und lange Lebensdauer heraus. Beispielsweise wird bei 3D-NAND der Speicher in mehreren Lagen gestapelt. Obwohl sich damit die Speicherdichte erhöht, ist er robuster und schneller als 2D-NAND. Je mehr Lagen, desto schneller ist der Speicher. Die neuesten Chips haben über 100 solcher Flash-Schichten.

MLC-NAND (Multi Level Cell) mit zwei Bits pro Zelle nutzen inzwischen nur noch einstige High-End-SSDs wie Samsungs SSD 970 Pro, bei neuen Modellen spielt die Technik keine Rolle mehr. Im Großteil der aktuell verkauften SSDs vom Einsteigermodell bis zur PCIe-4.0-Rakete steckt TLC-NAND (Triple Level Cell) mit drei Bits pro Zelle.

QLC-NAND (Quadruple Level Cell) mit vier Bits je Zelle kommt bisher in SSDs zum Einsatz, wo hohe Kapazität bei niedrigem Preis wichtiger ist als maximale (Schreib-)Geschwindigkeit. Bekannte Vertreter sind die SATA-SSDs Crucial BX500 und Samsung SSD 870 QVO sowie die NVMe-Modelle Crucial P1 und Samsung SSD 980. Ärgerlich: Viele Hersteller geben nicht an, welchen Flash-Typ ihre SSDs verwenden. Zuletzt gab es häufiger Fälle, bei denen sie den Controller oder den Speicher einer SSD-Familie tauschten, ohne die Produktbezeichnung zu ändern.

Cache is King

Um aus vergleichsweise langsamen Flash-Zellen hohe Geschwindigkeit zu kitzeln, setzt man einen Controller mit mehreren Kanälen ein, der also mehrere Flash-Chips parallel ansteuert. Daher auch die besseren IOPS-Zahlen bei parallelen Zugriffen. Bessere und teurere SSDs haben einen DRAM-Cache zur Beschleunigung, billige nutzen einen Teil des Hauptspeichers. Unabhängig davon verwenden alle modernen SSDs einen Teil der verfügbaren Flash-Kapazität als Zwischenspeicher, der sich wie schnelle SLC-Zellen verhält und mit den im Datenblatt genannten hohen Geschwindigkeiten schreibt – man spricht vom (Pseudo-)SLC-Cache. Im Hintergrund schreibt der Controller die Daten in andere, langsamere Speicherbereiche und schaufelt den Cache wieder frei. Bei sehr langen, kontinuierlichen Schreibzugriffen klappt das nicht, die Schreibrate sackt ab. Besonders lahme QLC-SSDs fallen sogar unter das Niveau von Notebookfestplatten. In der Praxis passiert das extrem selten, weil man dazu je nach SSD mehr als 20 oder gar 150 GByte am Stück und mit maximaler Geschwindigkeit schreiben müsste.

Je nach SSD hat der SLC-Cache eine feste Größe oder nimmt einen dynamischen Anteil der Gesamtkapazität ein. Die 500-GByte-Version von Crucials QLC-SSD P1 hat beispielsweise 5 GByte festen SLC-Cache und zweigt je nach Füllungsgrad der SSD bis zu 14 Prozent der Laufwerkskapazität zusätzlich ab. Verschiebt man zum Beispiel beim Umzug von einer Festplatte die prall gefüllte Spielebibliothek auf die P1, schreibt sie die ersten rund 75 GByte mit etwa 1,7 GByte/s, danach nur noch mit 60 bis 80 MByte/s. Bei der 1-TByte-Version wächst der Cache



SATA-SSDs im 2,5-Zoll-Format (rechts) passen in praktisch jeden PC. Von ihnen gibt es auch Varianten für den M.2-Steckplatz (links), die aber nicht so schnell wie NVMe-SSDs sind und nicht auf jedem Board funktionieren. Steckkarten-SSDs für den PCIe-Slot (oben) lohnen sich nur für Spezialanwendungen.

auf 140 GByte. Western Digital gibt sich bei der WD Blue SN570 knausriger: Die 1-TByte-Version hat nur rund 12 GByte SLC-Cache, schreibt aber auch im TLC-Modus immerhin mit knapp 600 MByte/s. Wer zu den sehr wenigen PC-Nutzern gehört, die häufig gigantische Datenmassen auf die SSD schreiben, sollte eine mit TLC-Flash nehmen.

Weil NVMe-SSDs so rasend schnell sind, schreiben und lesen sie riesige Datenmengen in kurzer Zeit: Bei 6 GByte/s lässt sich eine 1-TByte-SSD in weniger als 3 Minuten komplett auslesen. Deshalb wiederum bringen Kühlkörper auf M.2-SSDs wenig: Zugriffe dauern kaum jemals so lange, dass sich die SSD übermäßig erhitzen und deshalb drosseln würde.

Lebenserwartung: TBW und DWPD

Weil die einzelnen Flash-Zellen immer kleinere Strukturen haben, sinkt ihre theoretische Lebenserwartung. Allerdings haben SSDs als Ganzes betrachtet auch immer mehr Speicherzellen. Durch das sogenannte Wear Leveling verteilt der Controller Schreibzugriffe auf möglichst viele Zellen, zudem gibt es Reservezellen. Dadurch erreichen SSDs eine für die Praxis mehr als ausreichende Haltbarkeit. Nur wer außergewöhnlich viele Daten schreiben möchte, sollte eine SSD mit besonders großer Schreibfestigkeit kaufen.

Für die theoretische Lebenserwartung haben sich zwei Kenngrößen durchgesetzt: Die Endurance, angegeben in Terabytes Written (TBW), steht für die Mindestschreibmenge, die ein bestimmtes Laufwerk aushalten soll und bei der die geschriebenen Daten für eine definierte Zeit lesbar bleiben [4]. Aus den TBW und der Garantiezeit errechnen sich die DWPD (Drive Writes Per Day), also wie oft eine SSD während der Garantiezeit pro Tag theoretisch vollgeschrieben werden dürfte. Wer sich an Autogarantien nach dem Schema „10 Jahre oder 100.000 Kilometer“ erinnert fühlt – genau so.

Crucial gibt für seine QLC-SSD P1 mit 500 GByte beispielsweise 100 TBW an. Microsoft geht bei einem typischen Windows-PC von einer durchschnittlichen Schreiblast von 20 bis 30 GByte pro Tag aus. Nähme man großzügige 40 GByte pro Tag (inklusive Wochenenden) an, käme man nach einem Jahr auf nicht einmal 15 Terabyte (40 × 365 = 14.600). Bevor die 6,7 Jahre rum sind, bis man diese Grenze erreicht, ist vermutlich eh eine größere SSD fällig. Neuere QLC-Modelle wie Crucials P2 oder Samsungs SSD 980 haben bei gleicher Kapazität eine höhere Endurance von 150 respektive 300 TBW.

Für die DWPD lautet die Formel TBW × 1000 ÷ 365 Tage × Garantiejahre × Kapazität in GByte. Für Crucials P1 mit ihren 100 TBW und fünfjähriger Garantie errechnen sich daraus etwa 0,11 DWPD, also 11 Prozent der Laufwerkskapazität pro Tag und damit 55 GByte. Wer täglich mehr GBytes schreibt, sollte zu einer TLC-SSD greifen oder sich für Spezialanwendungen bei Workstation-SSDs umsehen.

Zusammenfassung

Zwar zeigen Benchmarks in manchen Szenarien enorme Unterschiede, doch in der Praxis merkt man sehr selten, ob nun eine SATA- oder ein NVMe-SSD im Rechner steckt. Selbst wenn man eine schnelle PCIe-4.0-SSD nur mit PCIe 2.0 anspricht, ändert sich wenig. Die Kaufentscheidung sollte man an der Kapazität, der Bauform und dem Preis festmachen. Der verwendete Flash-Speicher spielt in der Regel nur eine untergeordnete Rolle.

Spezialanwendungen können hingegen durchaus von leistungsfähigeren SSDs profitieren. Hohe IOPS-Werte nützen beispielsweise Datenbanken und gemeinsam genutzten Medien im Server oder im Firmen-NAS; für beides gibt es aber spezialisierte SSDs. Und wer unkomprimiertes 8K-Filmmaterial in Echtzeit speichert und bearbeitet oder regelmäßig gigabyteweise Daten am Stück schreibt, freut sich über dauerhaft hohe Transferraten beim sequenziellen Schreiben. (bkr) c't

Literatur

[1] Lutz Labs, **Mehr Vielfalt**, Sechs SSDs mit PCIe 3.0 und 4.0 sowie TLC- und QLC-Speicher, c't 8/2021, S. 84

[2] Lutz Labs, **Zweieiige Drillinge**, Drei SSDs mit PCIe 3.0 und PCIe 4.0, c't 22/2021, S. 110

[3] Lutz Labs, **Test: Intel Optane SSD 800P arbeitet schneller als angegeben**, https://www.heise.de/-4030913.html

[4] Tim Niggemeier, **Vergesslicher Speicher**, Flash-Grundlagen, Teil 2: Lebensdauer der Daten, c't 11/2021, S. 116



Bild: Andreas Martini

Grundlagenwissen zu Festplatten

Für große Datenmengen bleiben Festplatten auf absehbare Zeit unverzichtbar. Wir klären, welches Modell sich für welchen Zweck am besten eignet, und beschreiben die wichtigsten technischen Begriffe.

Von **Lutz Labs**

Die Zeit der Festplatten ist noch längst nicht abgelaufen, ganz im Gegenteil: Bis 2025 sollen Laufwerke mit 30 oder 40 Terabyte Kapazität auf den Markt kommen, einige Jahre später sollen es sogar 100 TByte sein. Denn da, wo wirklich viel Speicherplatz benötigt wird – beispielsweise bei Facebook, Google und Amazon, also in den großen Rechenzentren –, kommen auch in naher Zukunft keine SSDs zum Einsatz, sondern Festplatten. Die SSD-Hersteller könnten gar nicht ausreichend viele SSDs bauen, um deren Bedarf zu befriedigen, von den deutlich höheren Kosten einmal ganz abgesehen.

Im privaten Umfeld hingegen gibt es immer weniger Anwendungsbereiche für die rotierenden Datenträger, aber diese drei bleiben: Massenspeicher im Desktop, Massenspeicher im NAS und USB-Platte für das Backup. Für jeden dieser Bereiche haben die

Hersteller – mittlerweile sind das nur noch Seagate, Toshiba und Western Digital – spezielle Laufwerke im Programm. In diesem Artikel geht es um die internen Festplatten.

Festplatten funktionieren prinzipiell immer noch genauso wie vor 60 Jahren: Ein auf einer Achse befestigter Arm mit einem Schreib-Lese-Kopf wird so über eine rotierende Magnetscheibe (Platter) bewegt, dass er jede Spur erreichen kann. Dort kann der Kopf entweder ein paar Magnetpartikel magnetisieren oder deren Magnetisierung lesen.

Seitdem haben die Techniker die Mechanik verfeinert und die Elektronik verbessert, damit sie möglichst viele Bits auf der zur Verfügung stehenden Fläche speichern können. In den vergangenen zehn Jahren ist etwa die maximale Kapazität einer einzelnen 3,5-Zoll-Festplatte von 4 auf 22 TByte gestiegen.

Mehr Kapazität

Einige der kapazitätssteigernden Tricks im Schnelldurchlauf: 2013 stellte Western Digital unter dem Label der damaligen Tochter HGST die erste heliumgefüllte Festplatte vor. Das Edelgas verringert die Luftreibung und erlaubt damit dünnere Scheiben, was den Einbau zusätzlicher Scheiben ermöglicht. Das steigert auf recht einfache Weise die Kapazität, zudem sinkt die Leistungsaufnahme. Shingled Magnetic Recording (SMR) folgte kurz danach in der ersten 8-TByte-Festplatte von Seagate. Dabei lässt der Schreibkopf keine Lücke zwischen einzelnen Spuren, sondern überschreibt einen Teil der gerade geschriebenen Spur, die damit schmaler wird – und so passen mehr Spuren auf die Scheibe. Für den Lesekopf sind die resultierenden Spuren ausreichend breit. Für Archiv-Laufwerke funktioniert das gut, bei häufig wechselnden Inhalten sollte man besser zu einer Platte mit konventioneller Aufzeichnungstechnik (Conventional Magnetic Recording, CMR) greifen.

Gegen das schwächere Magnetfeld der schmaleren Spuren setzen die Hersteller seit etwa drei Jahren auf einen oder sogar zwei zusätzliche Leseköpfe. Diese Two Dimensional Magnetic Recording (TDMR) genannte Technik eliminiert Signale der nebenliegenden Spuren und verstärkt so das gesuchte Signal. Zusätzlich verfeinerten die Hersteller das verwendete Magnetmaterial immer weiter. Bei rund 20 TByte Plattenkapazität ist jedoch so langsam Schluss mit der konventionellen Technik. Bei diesen Laufwerksgrößen sind schon fast alle Tricks vereint, mittlerweile ist die Scheibenanzahl auf zehn gestiegen, die Dicke einer einzelnen Scheibe liegt bei nur noch rund 0,5 Millimeter.

Noch mehr Kapazität ist möglich, dazu aber brauchen die Schreibköpfe Unterstützung durch eine zusätzliche Energiequelle. Toshiba setzt für Kapazitäten bis etwa 40 TByte auf die Hilfe von im Kopf eingebauten Mikrowellensendern (Microwave Assisted Magnetic Recording, MAMR), Western Digital verstärkt das Signal über eine zusätzliche Spule am Schreibkopf, Seagate nutzt Laserdioden (Heat Assisted Magnetic Recording, HAMR) und will damit Laufwerke bis zu 100 TByte bauen – im Jahr 2030 oder so.

Beim Rennen um immer höhere Kapazitäten stehen vor allem die Anforderungen der Rechenzentren im Vordergrund, die einen unermesslichen Bedarf an möglichst billigem Massenspeicher haben. Die Entwicklungen fließen im Lauf der Zeit jedoch auch in die günstigeren Modelle für Privatleute ein.



Festplatten sieht man auf den ersten Blick nicht an, für welchen Zweck sie spezifiziert wurden. In diesem Bild versammeln sich Modelle für den Desktop und den Einsatz im Netzwerkspeicher.

Datensicherheit

Bei den immer höheren Kapazitäten auf gleichem Raum stellt sich die Frage nach der Datensicherheit. Die Hersteller spezifizieren für Festplatten eine Zeit bis zum Ausfall (MTTF, Mean Time To Failure) zwischen 600.000 und 2,5 Millionen Stunden. Umgerechnet entspricht das einem Ausfall von 1,45 bis 0,35 Prozent aller Laufwerke gleichen Typs in einem Jahr (Annualized Failure Rate, AFR). In der Praxis liegt die Wahrscheinlichkeit für Defekte deutlich höher, also bei bis zu 5 Prozent pro Jahr.

Fehlerfrei sind Festplatten aber auch im laufenden Betrieb nicht. Die schwachen Signale der Leseköpfe liefern gelegentlich falsche Werte – zu Lese-

fehlern führt das dank ausgefeilter Fehlerkorrektur jedoch extrem selten. Dennoch spezifizieren die Hersteller auch eine maximale Anzahl nicht-korrigierbarer Fehler, die bei Desktop-Festplatten meistens im Bereich 1 Fehler pro 10^{14} gelesener Bits liegt, bei NAS- und Servermodellen eine Zehnerpotenz besser. Dennoch bedeutet diese Angabe nicht, dass beim Kopieren von 10 TByte sicher ein Fehler auftreten wird, denn auch diese Angabe ist nur ein statistischer Vergleichswert. Vieles deutet darauf hin, dass Lesefehler in der Praxis wesentlich seltener eintreten.

Desktop-Festplatten

Laufwerke für den Einsatz als Massenspeicher im PC haben alle drei Hersteller im Portfolio, doch die Modellvielfalt sinkt: Ende 2021 hat Seagate seine Barracuda-Pro-Serie abgekündigt, Desktop-Festplatten oberhalb von 8 TByte gibt es seitdem in Deutschland von Seagate nicht mehr. Da die Pro-Modelle etwa in den USA jedoch noch erhältlich sind, finden auch einige den Weg auf den deutschen Markt; vor allem das Modell mit 10 TByte ist bei diversen Händlern gelistet. Die einfache Barracuda arbeitet mit Shingled Magnetic Recording, die Kapazitäten reichen von 2 bis 8 TByte. Im Vergleich war das 8-TByte-Modell etwas laut, brauchte aber wenig Strom [1].

Bei Western Digital enden die Desktop-Laufwerke bei 10 TByte mit der schnellen, aber auch lauten Black, die langsamere Blue hat maximal 6 TByte. Bei der Blue muss man zudem aufpassen, denn die meisten Kapazitäten gibt es in verschiedenen Versionen: mit SMR- und mit CMR-Aufzeichnung.

Toshiba ist der einzige Festplattenhersteller, der auch heliumgefüllte Modelle für den Einsatz im Desktop-PC anbietet. Die Festplatten aus der X300-Reihe fassen bis zu 18 TByte und sind dank CMR-Aufzeichnung flott, die Laufwerke aus der langsameren P300-Serie arbeiten zum Teil mit SMR-Aufzeichnung. Toshibas E300-Serie ist mit maximal 3 TByte Speicherkapazität erhältlich; Kapazitäten in diesem Bereich lassen sich unter Umständen besser mit einer größeren SSD abdecken.

Die schnelleren Modelle der Hersteller sind typischerweise lauter als ihre langsameren Geschwister – das folgt aus der höheren Drehzahl, denn die Pro-Modelle rotieren meistens mit 7200 Umdrehungen pro Minute, die günstigeren mit nur 5400 Umdrehungen pro Minute. Vorsicht: Viele Einzelhändler verkaufen Festplatten ohne Herstellergarantie, also nur mit gesetzlicher Gewährleistung.



Mit einem Dock kann man den Inhalt einer Festplatte schnell mal auslesen. Als Dauerlösung sind solche Adapter zu fehlerträchtig.

NAS-Festplatten

Im mechanischen Aufbau unterscheiden sich NAS-Festplatten nur wenig von Desktop-Festplatten. Aber ihre Firmware ist stärker für den gleichzeitigen Zugriff mehrerer Nutzer sowie für den RAID-Betrieb optimiert. Einige NAS-Platten haben Sensoren zur Erkennung von Vibrationen benachbarter Festplatten; damit kann die Firmware etwa die eigenen Spuren trotz der Störungen schnell und genau ansteuern.

Die Übersicht über die verschiedenen Reihen der Hersteller ist anders kompliziert als bei den Desktop-Festplatten. Toshiba hat die N300, Seagate die Ironwolf und die bessere Ironwolf Pro – so weit, so einfach. Bei Western Digital aber besteht die Red-Reihe seit dem Verwirrspiel um nicht kommuniziertes SMR in den einfachen NAS-Laufwerken [2] aus drei Modellen: WD Red mit Kapazitäten zwischen 2 und 6 TByte und SMR-Aufzeichnung, WD Red Plus mit bis zu 14 TByte und CMR-Aufzeichnung sowie die schnellere WD Red Pro mit maximal 22 TByte.

NAS-Festplatten sind dauerlauffähig und dürfen im Rahmen der Garantie mehr Daten bewegen als Desktop-Modelle: Während etwa Seagate bei den Barracuda-Modellen ein Workload-Rating von 55 TByte pro Jahr angibt, sind es bei der Ironwolf bereits 180 TByte, bei der Ironwolf Pro sogar 300 TByte pro Jahr. Das bedeutet nicht, dass eine Festplatte nach dem Erreichen der Grenze den Dienst einstellt, sie wird nur nicht mehr kostenlos repariert.

Trotz hoher Zuverlässigkeit ist es bei einer Festplatte nicht die Frage, ob sie ausfällt – sondern lediglich, wann sie ausfällt. Daher ist es fast schon grob fahrlässig, sich nicht um ein Backup zu kümmern, beispielsweise auf einer USB-Festplatte oder einem anderen externen Datenträger. (ll) c't

Literatur

[1] Lutz Labs, **Plattenkarussell**, Große Festplatten für den Desktop-PC, c't 1/2022, S. 90

[2] Lutz Labs, **Spezifikationen? Egal ...**, NAS-Probleme durch SMR-Festplatten, c't 11/2020, S. 146

Agile Softwareentwicklung im Unternehmen

Der nächste Schritt:
Von der Software- zur Produktentwicklung



Online-Konferenz – 26. Januar 2023

Viele Unternehmen entwickeln ihre Software agil – mal mehr, mal weniger, meist mit Erfolg und dem Gefühl, auf dem richtigen Weg zu sein. Aber das ist nur eine Seite der Medaille. Denn wenn das, was da entsteht, auch erfolgreich sein soll, dann muss die Software als Produkt gedacht und entwickelt werden.

Highlights aus dem Programm:

- Runter von der Insel! Agile Softwareentwicklung zu Ende gedacht – **Konstantin Diener**
- Ein Erfahrungsbericht – **John Fletcher, Till Voß**
- Das richtige Produkt finden: Product Discovery – **Miriam Soltwedel**
- Das richtige Produkt bauen: Stoppen wir den Feature-Wahn! – **Steffen Oehme**

Ein Event für alle, die in ihrem Team Verantwortung dafür übernehmen, dass Software nicht nur agil, sondern auch erfolgreich entwickelt wird: für **Softwareentwickler:innen**, **Softwarearchitekt:innen** und **Teamleads**.

Jetzt Tickets sichern!

asu.inside-agile.de

+++ Workshop am 2. Februar: Product-Discovery-Techniken für Entwickler +++

Konferenzen von inside agile

Veranstalter heise Developer | dpunkt.verlag

KANBAN DAY

Kanban im Unternehmen – mehr als nur Projektmanagement



Online-Konferenz – 28. Februar 2023

Der Kanban Day legt einen Schwerpunkt auf Kanban als Veränderungsmethode. Er gibt einen fundierten Einblick in die Vielfalt von Kanban, wie sich die Methode gewinnbringend einsetzen lässt und welche Metriken für eine Veränderung und kontinuierliche Verbesserung sinnvoll sind.

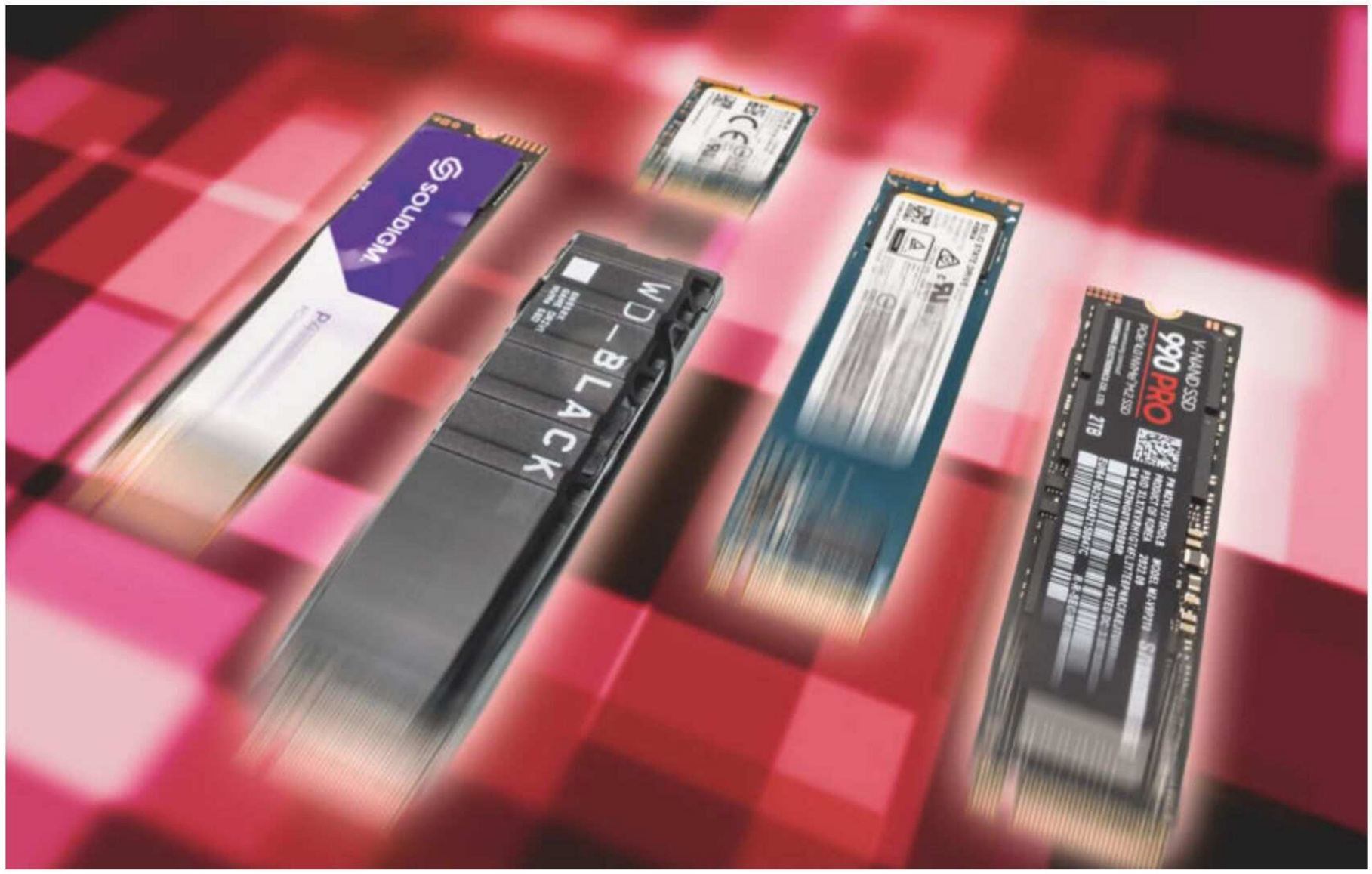
Highlights aus dem Programm:

- Kanban und Selbsterkenntnis – **Markus Hippeli**
- Kanban-Grundlagen entmystifiziert – **Mathias Schröder**
- Physisches Whiteboard oder elektronisches Tool? – **Mark Geschke & Mathias Tölken**
- Organisation von Ende-zu-Ende-Flüssen mit Kanban und Team Topologies – **Eric-Jan Kaack**
- Kanban in SAFe – **Sebastian Nickel**
- Kanban im Kontext einer Organisation – **Thomas Epping**

Jetzt Frühbucher-Rabatt sichern!

kanban.inside-agile.de

in Kooperation mit it-agile | leanovate beyond product



Schnelle, kleine und spezielle PCIe-SSDs

Samsung und Western Digital bringen SSDs aus der PCIe-4.0-Oberklasse, Kioxia und Solidigm bedienen mit ihren neuen Modellen die Mittelklasse. Wir testen die Neuvorstellungen der vier großen Hersteller.

Von **Lutz Labs**

Vielen technikaffinen Menschen dürften Samsung und Western Digital bekannt sein, Kioxia noch so einigen, Solidigm kennt aber wahrscheinlich kaum jemand. Dabei handelt es sich auch bei den beiden letztgenannten um etablierte Hersteller, nur eben nicht unter diesen Namen.

Als Kioxia firmiert seit ziemlich genau drei Jahren die Flash-Speichersparte von Toshiba – der Konzern hatte das lukrative Flash-Geschäft ausgegliedert und zum Teil verkauft, um Verluste aus der Pleite einer anderen Konzerntochter auszugleichen. Solidigm ist der neue Name der Flash-Sparte von Intel, die jetzt unter dem Dach von SK Hynix arbeitet, einem anderen Flash-Hersteller; die ehemaligen Intel-Mitarbeiter arbeiten im Großen und Ganzen in den alten Büros parallel zur Produktion des neuen Besitzers.

So kommen in diesem Test also vier SSDs großer Hersteller zusammen, alle als M.2-Streifen mit PCIe-4.0-Schnittstelle. Zwei Highend-SSDs – Samsung SSD 990 Pro und Western Digital WD_Black SN850X – treffen auf die QLC-SSD Solidigm P41 Plus und die Kioxia BG5 Client SSD, die uns in verschiedenen Größen vorlag: einmal als gewohnte 2280er und einmal als 2230er, also mit einer Länge von nur 30 Millimetern für den Einbau in sehr kleine Notebooks. Technisch sind die beiden Kioxia-SSDs gleich, sodass wir sie in diesem Test zusammenfassen, denn auch die Messergebnisse liegen nur im Rahmen der Messgenauigkeit voneinander entfernt.

SSD-Controller

Unterschiede gibt es vor allem bei den wichtigsten Bausteinen der SSDs: Controller und NAND-Flash. Kioxia, Samsung und Western Digital bauen ihre Controller selbst. Solidigm vertraut auf Silicon Motion und setzt den noch recht seltenen SM2269 ein, den ersten PCIe-4.0-Controller des Unternehmens.

Welchen Unterschied ein guter Controller macht, lässt sich gut an den SSDs von Kioxia und Western Digital ausmachen: Obwohl beide den gleichen Speicher nutzen, ist die WD deutlich schneller. Der WD-Controller spricht den NAND-Flash nicht nur über acht statt vier Lanes gleichzeitig an, sondern greift auch auf einen DRAM-Cache zurück. Kioxia bedient sich hingegen über den NVMe-Treiber an einem Teil des PC-Hauptspeichers als Puffer für die zu schreibenden Daten.

990 Pro und SN850X sind Nachfolger von Samsungs 980 Pro beziehungsweise WDs SN850, die Geschwindigkeitsgewinne resultieren zum größten Teil aus verbesserten Controllern. Samsung reklamiert für die 990 Pro mit dem neuen Pascal-Controller insgesamt eine Beschleunigung der sequenziellen Schreibleistung von 5 auf 6,9 GByte/s; beim Lesen legt die SSD nur 300 MByte/s auf nun 7,45 GByte/s zu. Die Verbesserungen der SN850X im Vergleich zum Vorgänger bewegen sich auf einem ähnlichen Niveau, auch Western Digital hat vor allem die Schreibleistung erhöht.

NAND-Flash

Der auf den SSDs verwendete Flash-Speicher lässt sich relativ genau bestimmen. Samsung nutzt sein eigenes 3D-TLC-NAND (Triple Level Cell, 3 Bit pro Zelle) mit wahrscheinlich 176 Lagen. Kioxia und Western Digital greifen auf die gemeinsame Fertigung zurück und bauen BiCS5 mit 112 Lagen TLC-Flash ein. Solidigms P41 Plus ist mit Flash bestückt, welches aufgrund der Speicherfähigkeit von 4 Bit pro Zelle wesentlich langsamer ist (QLC, Quad Level Cell, siehe Seite 40). Ungewöhnlich an dem 144-Lagen-Speicher ist sein Aufbau: Während alle anderen Hersteller ihre 3D-Türme aus zwei Schichten aufbauen, nutzt Solidigm einen dreischichtigen Aufbau aus jeweils 48 Lagen.

Aktuelle Technologieführer bei NAND-Flash sind nach Ansicht der Analysten von SemiAnalysis Micron und die chinesische YMTC. Beide produzieren NAND-Flash mit 232 Lagen und hoher Speicherdichte, Microns TLC-Flash kommt auf 14,6 GBit/mm², YMTCs sogar auf 15,2 GBit/mm². Micron kämpft Berichten zufolge noch mit der Geschwindigkeit des neuen Flash-Speichers. Das Unternehmen setzt bei diesem auf die Version 5.0 der ONFI-Schnittstelle mit einer Geschwindigkeit von 2,4 GT/s, die aktuell produzierten Wafer sollen sich jedoch nur für ONFI 4.0 mit 1,6 GT/s eignen.

Dies könnte auch der Grund sein, warum die bereits angekündigten PCIe-5.0-SSDs noch auf sich

M.2-SSDs mit PCIe 4.0 – Benchmarks

	seq. Transferraten Schreiben / Lesen[1] [MByte/s]	seq. Transferraten Schreiben gesamte SSD[2] / 5 Minuten[1] [MByte/s]	IOPS Lesen QD=1/32/256[3] [in Tausend]	IOPS Schreiben QD=1/32/256[3] [in Tausend]	PCMark 10 Drive Performance Consistency / Full System Drive / Office Benchmark[4] [Punkte]
	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶
Kioxia BG5 2280 (1 TByte)	2998/3512	731/2982	18/332/466	58/105/105	691/2945/6165
Samsung SSD 990 Pro (2 TByte)	6976/7460	1620/6756	21/526/1395	64/92/1143	3943/3947/6150
Solidigm P41 Plus (1 TByte)	2907/4099	162/2905	19/204/224	63/451/497	539/2825/6124
Western Digital SN850X (2 TByte)	6681/7368	1560/6423	21/447/1181	64/519/825	1260/3682/6178

[1] gemessen mit Iometer, Blockgröße 512 KByte, Laufzeit 60 s [2] gemessen mit H2testw [3] gemessen mit Iometer, Blockgröße 4 KByte, Laufzeit 60 s
[4] auf Asus TUF Gaming B550M-Plus (Wi-Fi) mit AMD Ryzen 7 5800X und 16 GByte RAM



Kioxia BG5 Client SSD

Ob 2230 oder 2280, für die Leistung der Kioxia BG5 Client SSD spielt das Format keine Rolle – die kürzere Version ist einfach nur kompakter. Beim Vorgänger, der BG4-2230, hatte Kioxia noch Controller und Flash in einem Baustein vereint, bei der BG5 kommt nun wieder die übliche Aufteilung zum Einsatz.

Für eine PCIe-4.0-SSD ist die BG5 recht langsam, das 3.0er Interface hätte für ihre Geschwindigkeit noch ausgereicht. Die 2230er Version eignet sich vor allem zum Aufrüsten etwa eines Surface Pro, die Speicherkapazität von 1 TByte gibt es in diesem Format bei keinem anderen Hersteller.

- **M.2 2230 mit hoher Kapazität**
- **langsam für PCIe 4.0 und teuer**
- **Preis: circa 162/200 Euro (1 TByte, PCIe 4.0)**



Samsung SSD 990 Pro

Kurz vor den ersten PCIe-5.0-SSDs hat Samsung noch die SSD 990 Pro mit PCIe 4.0 herausgebracht. Sie gehört zu den ersten mit NVMe 2.0, was bei PCs aber wenig bringt. Die 990 Pro schafft mit PCIe 4.0 fast 7,5 GByte/s beim Lesen und knapp 7 GByte/s beim Schreiben – damit holt sich Samsung den Spitzenplatz zurück. Auch bei Zugriffen auf zufällige Adressen ist die 990 Pro mit knapp 1,4 Millionen IOPS sehr schnell.

Bei den Ausdauertests wie dem Konsistenzbenchmark vom PCMark 10 liegt sie weit vor allen anderen SSDs, beim Vollschreiben mit H2testw muss sie sich lediglich knapp der älteren 980 Pro aus dem eigenen Haus geschlagen geben.

- **sehr schnell**
- **sehr dauerlastfest**
- **Preis: 325 Euro (UVP, 2 TByte, PCIe 4.0)**

warten lassen oder neuere Ankündigungen nur eine geringere Geschwindigkeit versprechen. Für 10 GByte/s reicht das langsamere Interface aus, die anfangs versprochenen SSDs mit 13 GByte/s und mehr nutzen den E26-Controller von Phison und benötigen dazu zwingend NAND mit ONFI 5.0. Die bereits verfügbaren Server-SSDs mit PCIe 5.0 sind davon nicht betroffen; sie nutzen Controller mit mehr Kanälen und kommen damit trotz langsamerer Schnittstelle auf hohe Leistung.

Preise sinken

Derweil sinken die Preise für NAND-Flash weiter. Der Nachholbedarf vieler Unternehmen durch die Corona-Pandemie hatte in den beiden vergangenen Jahren zu einer hohen Nachfrage und damit hohen Preisen bei Notebooks und Smartphones geführt, mittlerweile aber liegt der Speicher laut dem Marktforschungsunternehmen TrendForce wie Blei in den Lagern der Hersteller.



Solidigm P41 Plus

Die Solidigm P41 Plus ist praktisch der Nachfolger der Intel-SSD 670p, nur ohne DRAM. Sie hinterlässt einen zwiespältigen Eindruck: Auf der einen Seite schreibt sie für eine QLC-SSD recht flott und mit dem Synergy-Treiber legt sie auch noch eine Schippe drauf, auf der anderen Seite übertrifft sie nur beim Lesen die PCIe-3.0-Schwelle von 4 GByte/s.

Wer bereits eine PCIe-SSD im System nutzt und lediglich eine günstige SSD als Datenablage sucht, profitiert von der Beschleunigung durch den Treiber nicht. Dann ist die P41 Plus mit rund 80 Euro als Zweit-SSD zu teuer.

beschleunigender NVMe-Treiber

für PCIe 4.0 eher langsam

Preis: circa 81 Euro
(1 TByte, PCIe 4.0)



Western Digital WD_Black SN850X

Die Western Digital WD_Black SN850X ist eine Weiterentwicklung der SN850 und profitiert ebenfalls von einem neuen SSD-Controller; die Schreibgeschwindigkeit steigt auf rund 6,6 GByte/s – knapp hinter den schnellsten SSDs mit Phison-E18-Controller. Beim Lesen reizt die SN850X die PCIe-4.0-Schnittstelle mit 7,4 GByte/s fast aus.

Wir hatten die Version mit Kühlkörper im Test, ohne ist die SSD rund 15 Euro günstiger. Mit dem Kühlkörper (und wahrscheinlich auch unter einem Mainboard-Kühlblech) musste der Controller selbst unter hoher Last die Schreibgeschwindigkeit kaum drosseln, auch beim vollständigen Beschreiben ist die SSD sehr schnell.

sehr schnell

sehr dauerlastfest

Preis: circa 280 Euro
(2 TByte, PCIe 4.0)

Kioxia will daher den Ausstoß der Wafer-Fertigung etwa um 30 Prozent herunterfahren, Micron gar die Ausgaben für neues Wafer-Fertigungsequipment um 30 Prozent senken und den Flash-Ausstoß um 50 Prozent verringern. SK Hynix ist ebenfalls betroffen und will die Ausgaben in der nächsten Zeit um 80 Prozent senken, allerdings gilt dieser Wert wohl vor allem für die DRAM-Fertigung. Langfristige Projekte wie Fabrikneubauten sind von den Einsparungen in der Regel ausgenommen.

TrendForce geht davon aus, dass die Preise für NAND-Flash-Wafer im dritten Quartal 2022 sogar um 30 bis 35 Prozent gesunken sind, rund doppelt so stark wie erwartet. Den Preisrückgang für das vierte Quartal schätzt TrendForce auf etwa 20 Prozent. Das könnte dazu führen, dass eine 1-TByte-SSD Ende des Jahres nur noch 50 Euro kostet – aktuell liegen die günstigsten Modelle noch bei mindestens 60 Euro. 2023 aber könnten die Preise dann wieder steigen, da dann durch die Produktionssenkungen erneut

M.2-SSDs im Format 2230 und 2280 mit PCIe 4.0

Modell	BG5 Client SSD 2230	BG5 Client SSD 2280	SSD 990 Pro	P41 Plus	WD_Black SN850X
Hersteller	Kioxia, kioxia.com	Kioxia, kioxia.com	Samsung, samsung.de	Solidigm, solidigm.de	Western Digital, wdc.com
Bezeichnung	KBG50ZNS1T02 KIOXIA	KBG50ZNV1T02 KIOXIA	MZ-V9P2T0	SOLIDIGM SSDPFKNU010TZ	WD WDS200T2XHE
Kapazität laut Hersteller[1]	1 TByte	1 TByte	2 TByte	1 TByte	2 TByte
Von Windows erkannte Kapazität	954 GByte	954 GByte	1863 GByte	954 GByte	1863 GByte
Interface / Protokoll	PCIe 4.0 x4 / NVMe 1.4	PCIe 4.0 x4 / NVMe 1.4	PCIE 4.0 / NVMe 2.0	PCIe 4.0 x4 / NVMe 1.4	PCIe 4.0 x4 / NVMe 1.4
Bauform / Bestückung / Bauhöhe über Platine	M.2 2230 / einseitig / 1,4 mm	M.2 2280 / einseitig / 1,4 mm	M.2 2280 / einseitig / 1,2 mm	M.2 2280 / einseitig / 1,2 mm	M.2 2280 / einseitig / 7 mm
SSD-Controller / NAND-Kanäle	Kioxia TC58NC0L 1BGSB / 4	Kioxia TC58NC0L 1BGSB / 4	Samsung Pascal / 8	Silicon Motion SM2269XT / 4	WD Black G2 (SanDisk 20-82-200634-82) / 8
Flash-Hersteller / Flash-Art	Kioxia / TLC	Kioxia / TLC	Samsung / TLC	Solidigm / QLC	Western Digital / TLC
Schreibleistung pro Tag[2]	k. A.	k. A.	658 GByte	219 GByte	658 GByte
jährliche Ausfallwahrscheinlichkeit[2]	0,58 %	0,58 %	0,58 %	0,55 %	0,50 %
Garantie	3 Jahre	3 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre
Preis pro Gigabyte	21 Cent	17 Cent	17,4 Cent	8,5 Cent	15 Cent
Straßenpreis	200 €	162 €	325 €[3]	81 €	280 €
weitere erhältliche Kapazitäten	256 GByte (77 €)	256 GByte (79 €), 512 GByte (119 €)	1 TByte (175 €[3])	512 GByte (46 €), 2 TByte (199 €)	1 TByte (131 €)

[1] Die Hersteller rechnen mit 1 GByte = 1.000.000.000 Byte. Für Windows dagegen ist 1 GByte = 1.073.741.824 Byte, die angezeigte Kapazität ist daher kleiner.
[2] Herstellerangaben [3] UVP des Herstellers k. A. keine Angabe

NAND-Knappheit herrschen könnte – ein Schweinezyklus eben.

Zudem erwarten die Marktforscher eine Konsolidierung. Zur Erinnerung: Es gibt nur ein paar Flash-Hersteller, nämlich das Produktionsgespann Kioxia-Western Digital, Micron, Samsung, SK Hynix, Solidigm und YMTC; letzterer ist mit chinesischem Staatsgeld aufgebaut worden und spielt international noch keine große Rolle. Gerüchte über einen Besitzerwechsel gibt es immer wieder im Zusammenhang mit Kioxia.

Probleme scheint es auch bei YMTC zu geben: Der CEO Simon Yang ist Berichten zufolge Ende September von seinem Posten zurückgetreten. Apple steht seit einiger Zeit mit YMTC in Verhandlungen über Flash-Speicher für seine Produkte, US-Senatoren haben jedoch eine Überprüfung des Unternehmens aufgrund seiner „oft undurchsichtigen Verbindungen zur Kommunistischen Partei Chinas“ gefordert.

Solidigm P41 Plus mit Software-Turbo

Zurück zur Technik: Während spezielle Treiber für die eigene PCIe-SSD früher durchaus verbreitet waren, ist dies heute nicht mehr der Fall – die SSD-Hersteller verlassen sich auf den Standardtreiber des Betriebssystems. Solidigm stellt für seine P41 Plus jedoch nicht nur eine Verwaltungssoftware zum Download bereit, sondern zusätzlich die Synergy-Software, einen alternativen NVMe-Treiber für Windows. Dieser protokolliert laut Hersteller, welche Anwendungen der Nutzer aufruft und mit welchen Daten er arbeitet.

Diese Daten – Anwendungen und Nutzerdaten – legt die SSD-Firmware dann im SLC-Cache ab, den Solidigm als Host Managed Cache bezeichnet. Anders als üblich räumt der Controller den SLC-Cache nicht auf; die Daten bleiben dort und sind damit etwas schneller im Zugriff. Erst wenn die SSD zu 75 Prozent gefüllt ist, verschiebt der Controller die Daten in das langsamere QLC-Flash.

Solidigm will damit vor allem eine Beschleunigung beim Zugriff auf zufällige Adressen erreichen, das Unternehmen verspricht eine um bis zu 72 Prozent höhere Leistung beim Lesen und 19 Prozent beim Schreiben. Beides gilt für eine Anfragetiefe von 1, also beim exklusiven Zugriff einer Anwendung auf die SSD, wie sie bei Desktop-PCs üblich ist.

In einer Testreihe haben wir die SSD in Häppchen zu fünf Prozent der Nennkapazität befüllt und danach jeweils mittels Iometer die Geschwindigkeit beim Zugriff auf zufällige Adressen gemessen. Während die Lesegeschwindigkeit der P41 Plus mit dem Standard-Treiber bereits bei einer Füllung von nur 10 Prozent sinkt, brachte die SSD mit dem Synergy-

Treiber eine fast konstante Leistung bis zu einem Füllstand von etwa zwei Dritteln. Auch danach lag die IOPS-Leistung noch deutlich über der mit dem Standard-Treiber, bis sie bei 90 Prozent Füllung auf den gleichen Wert sank.

Die Werte für das Schreiben sind vom Füllstand unabhängig, mit dem Synergy-Treiber stiegen sie im Vergleich um rund 15 Prozent. Eine bei steigendem Füllstand sinkende IOPS-Leseleistung ist nicht ungewöhnlich. Zum Vergleich haben wir noch eine Crucial P5 Plus mit dieser Methode durchgemessen – auch bei dieser trat dieser Effekt auf.

Die Solidigm-SSD reagiert also wie beworben bei mittlerem Füllstand schneller auf Anfragen. Das sollte sich eigentlich auch in Anwendungsbenchmarks wie dem Office-Benchmark des PCMark 10 niederschlagen (siehe ct.de/wpye). Mit diesem haben wir vier verschiedene Testreihen laufen lassen, mit und ohne Synergy-Treiber sowie mit halb gefüllter und fast leerer SSD. Insgesamt lagen die Ergebnisse mit dem Synergy-Treiber knapp ein halbes Prozent über denen mit dem Standard-Treiber – eine gefühlte Beschleunigung ergibt sich daraus nicht, im Benchmark-Ranking aber klettert die P41 Plus ein paar Plätze nach oben.

Der Synergy-Treiber arbeitet ausschließlich mit der P41 Plus, in verschiedenen Dokumenten ist jedoch von einer Unterstützung der älteren Intel-SSDs 665p und 670p die Rede – ausprobiert haben wir dies nicht. Laut Installer lässt er sich nicht deinstallieren, das Abschalten des Beschleunigers ist über Solidigms Storage-Tool möglich. Andere SSDs scheint der Treiber nicht zu beeinflussen, eine kurze Kontrollmessung mit der Crucial-SSD führte zur dabei erwarteten Performance. Nach Angaben des Herstellers schaltet der Treiber die Beschleunigungsfunktion ab, wenn er eine „fremde“ SSD im System entdeckt. Wirklich notwendig scheint uns der Treiber nicht.

Download der Testprogramme

ct.de/wpye

Fazit

Sie sind schnell, die neuen SSDs von Samsung und Western Digital. Die PCIe-4.0-Schnittstelle wird deshalb allmählich zum Flaschenhals, beide SSDs kratzen beim Lesen bereits an der Grenze und auch beim Schreiben kommt sie langsam in Reichweite. Wer auf Höchstgeschwindigkeit angewiesen ist, kann unbesorgt zu einer SSD 990 Pro oder einer WD_Black SN850X greifen.

Deutlich langsamer sind die SSDs von Kioxia und Solidigm. Größter Vorteil der Kioxia BG5 ist die Option, die SSD auch im Mini-Format 2230 zu kaufen; damit lassen sich ultrakompakte Notebooks mit bis zu 1 TByte Speicherplatz ausstatten. Solidigm zeigt bei der P41 Plus, dass intelligente Software eine eher langsame SSD etwas beschleunigen kann – vielleicht läutet das die Renaissance der herstellereigenen Treiber ein. (ll) c't



ct.de/angebot

ICH KAUF MIR DIE c't NICHT.
ICH ABONNIER SIE.

Ich möchte c't 3 Monate lang mit über 30 % Neukunden-Rabatt testen. Ich lese 6 Ausgaben als Heft oder digital in der App, als PDF oder direkt im Browser.

Als Willkommensgeschenk erhalte ich eine Prämie nach Wahl, z. B. einen RC-Quadrocopter.



Jetzt gleich bestellen: ct.de/angebot
+49 541/80 009 120 leserservice@heise.de



Superschnell per USB und Thunderbolt

Rasante USB-Anschlüsse verkürzen die Wartezeiten beim Kopieren von Daten und bringen auch leichte Notebooks und Mini-PCs mit schneller Peripherie auf Trab. Im Wirrwarr der Spezifikationen verliert man aber schon mal den Überblick: Wir zeigen, was Logos und Abkürzungen bedeuten.

Von **Christof Windeck**

Der allgegenwärtige Universal Serial Bus (USB) feiert einen Erfolg nach dem anderen. Verwirrend ist allerdings die Vielzahl an Spezifikationen, an die sich überdies viele Hardwarehersteller nicht genau halten. Das kann zu ärgerlichen Missverständnissen und Kompatibilitätsproblemen führen. Wir untersuchen den aktuellen Stand bei schnellen USB-Geräten mit Datentransferraten von 20 Gbit/s und erklären, was die jungen Standards USB4 und Thunderbolt 4 zusätzlich bringen.

Ein kurzer Blick zurück: USB 2.0 hat mehr als 20 Jahre auf dem Buckel und USB 3.0 auch schon 14 Jahre.

Der mit USB 3.0 eingeführte Datentransfermodus mit 5 Gigabit pro Sekunde (5 Gbit/s alias SuperSpeed) überträgt in der Praxis bis zu 480 MByte/s. Das ist schneller als jede Magnetfestplatte und fast ebenso schnell wie eine SATA-SSD. Daher sind viele Leute mit USB 3.0 vollauf zufrieden.

Die jüngeren Spezifikationen USB 3.1 und USB 3.2 brachten schnellere Datentransfermodi mit 10 und 20 Gbit/s, aber auch Verwirrung: Denn viele Gerätehersteller warben (und werben immer noch) vollmundig mit USB 3.1 oder USB 3.2, meinen damit aber die jeweilige „Gen 1“-Version, hinter der sich der betagte 5-Gbit/s-Modus verbirgt. USB 3.2 Gen 2 steht für 10 Gbit/s, USB 3.2 Gen 2x2 für 20 Gbit/s.

USB-C-Komfort

Zwischenzeitlich brachte der kompakte Typ-C-Stecker viele komfortable Neuerungen [1]. Er ist verdrehsicher und verträgt mehr Steckzyklen – ist also langlebiger, wenn der Hersteller die Spezifikation einhält. Weil er mehr Kontakte hat als die alten Typ-A-Stecker, ermöglicht USB-C Zusatzfunktionen: Dank hoher Ladeleistung tanken daran auch große Notebook-Akkus und parallel überträgt das Kabel Bild- und Tonsignale.

Thunderbolt nutzt seit Version 3 ebenfalls den USB-C-Stecker. Das ist sehr praktisch, aber wiederum verwirrend: Ob eine Buchse „nur“ USB-C kann oder auch Thunderbolt, erkennt man bloß am kleinen Blitzsymbol oder am Datenblatt. Sowohl USB-C als auch Thunderbolt ermöglichen flexible Dockingstationen, die proprietäre Modelle des jeweiligen Notebookherstellers überflüssig machen. Thunderbolt 3 erreicht mit 40 Gbit/s noch höhere Transferraten als USB 3.2 und hat einige Zusatzfunktionen, dazu unten mehr.

Bei USB-C gibt es Missverständnisse: Viele PC-Käufer erwarten, dass jede Typ-C-Buchse sämtliche Funktionen bietet, doch viele sind leider nur optional. Sehr häufig finden sich Typ-C-Buchsen, die bloß 5 Gbit/s übertragen und weder Schnellladefunktionen kennen noch den alternativen DisplayPort-Transfermodus, um einen Monitor anzuschließen (DP Alt Mode).

Mit USB4 hätte das besser werden können, weil damit strengere Mindestanforderungen einhergehen: USB4 vereint im Grunde die zuvor exklusiv von Apple und Intel genutzte Thunderbolt-3-Technik mit USB 3.2. Doch weder der DP Alt Mode, noch der zu USB 3.2 Gen 2x2 abwärtskompatible 20-Gbit/s-Modus sind fest vorgeschrieben. Der dickste Hammer ist aber, dass USB4-Geräte nicht zwingend Thunderbolt 3 beherrschen müssen, obwohl USB4 darauf aufbaut. Immerhin funktioniert USB4-Peripherie an Thunderbolt-3-Hosts und USB4-Hosts beherrschen 10-Gbit/s-Transfers.

Die Königin der flexiblen Notebookschnittstellen ist derzeit Thunderbolt 4: Hier sind einerseits Kompatibilität zu Thunderbolt 3 und USB4 vorgeschrieben, andererseits aber auch Ladefunktionen und es müssen sich zwei externe 4K-Displays gleichzeitig anschließen lassen. Thunderbolt 4 gibt es aber erst in den jüngsten Notebook-Generationen mit Intel-Chips und es lässt sich bei Desktop-PCs nicht per Steckkarte nachrüsten. Daher ist die Verbreitung noch gering.

Auch bei USB4 geht es langsam voran: AMD und die bisher wenigen Hersteller, die Notebooks mit dem Ryzen 6000 bestücken, kämpfen noch mit Firmware-Macken. Bisher sind auch erst sehr wenige USB4-Peripheriegeräte auf dem Markt.



USB-C und Thunderbolt können sämtliche andere Buchsen dieses Notebooks ersetzen: USB-A, HDMI, Audio und Stromanschluss.

USB 3.2 Gen 2x2 und USB4

Die meisten USB-SSDs auf dem Markt arbeiten mit 10 Gbit/s (USB 3.2 Gen 2). Falls darin eine ausreichend schnelle NVMe-SSD eingebaut ist (und nicht bloß eine SATA-SSD), übertragen sie respektable 1 GByte/s, zumindest beim Lesen. Beim Schreiben schaffen viele günstige USB-SSDs diese Geschwindigkeit nur, solange ihr SLC-Cache nicht gefüllt ist, danach brechen die Transferraten ein. Allerdings sind

auch die internen SATA-SSDs und erst recht die Festplatten älterer Notebooks und PCs oft zu langsam, um mehr als USB 3.2 Gen 1 auszureizen.

Doch immer mehr Notebooks und Desktoprechner sind mit M.2-SSDs bestückt, die beim Lesen über 3 GByte/s schaffen (PCIe 3.0 x4 überträgt bis etwa 3,8 GByte/s, PCIe 4.0 x4 sogar über 7 GByte/s). Bei diesen modernen Rechnern ist USB 3.2 Gen 2x2 sinnvoll. Denn darüber liefern zahlreiche USB-SSDs mehr als 2 GByte/s. Bei einem Desktop-PC mit einem freien PCIe-3.0-Steckplatz (mindestens PCIe 3.0 x4) lässt sich USB 3.2 Gen 2x2 auch nachrüsten.

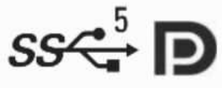
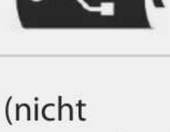
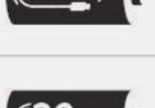
Auch USB4 kann Daten mit mindestens 20 Gbit/s übertragen und daher liegt die Frage auf der Hand, ob es dabei Unterschiede gibt. Die Antwort lautet: Ja! Und im dümmsten Fall liefert ein Peripheriegerät mit USB 3.2 Gen 2x2 an einem USB4-Port nur 10 Gbit/s.

Um diesen Missstand zu verstehen, muss man sich vergegenwärtigen, dass USB4 für die schnellen Transfermodi mit 20 und 40 Gbit/s eigentlich Thunderbolt 3 nutzt. Zusätzlich kann eine USB4-Verbindung aber auch USB-Verbindungen „durchreichen“ beziehungsweise tunneln. Doch zwingend vorgeschrieben ist dabei nur die Unterstützung des 10-Gbit/s-Transfermodus, also USB 3.2 Gen 2. Wir sind gespannt, wie die Hersteller von Notebooks und USB4-Hubs diese Vorgabe in der Zukunft umsetzen. Bisher können wir das erst an wenigen Geräten testen [2].

Bei einigen USB4-tauglichen Kabeln liest man Hinweise auf maximal damit mögliche Transferraten, also 20 oder 40 Gbit/s. Manchmal finden sich dabei noch kryptische Angaben wie „USB4 3x2“. Die haben wenig praktische Relevanz, aber der Vollständigkeit halber: Auch USB4 kann wie USB 3.2 Gen 2x2 zur schnelleren Datenübertragung zwei Signalpfade bündeln, aber zusätzlich auch die höhere Bitrate von 20 statt nur 10 Gbit/s nutzen. Damit kann USB4 die 20-Gbit/s-Übertragung auf zwei verschiedene Arten umsetzen: Entweder mit zwei Pfaden und je 10 Gbit/s (2x2) oder mit einem Pfad und 20 Gbit/s (3x1). Zusätzlich kann USB4 auch den Modus USB 3.2 Gen 2x2 tunneln. Die USB-Industrievereinigung, die die Spezifikationen festlegt, scheint nicht sonderlich an Vereinfachung interessiert zu sein …

Kennzeichnung von USB-Typ-C-Buchsen

Kleine Logos neben USB-C-Buchsen sollen eigentlich zeigen, welche Funktionen die jeweilige Buchse bietet; leider fehlen diese Logos bei vielen Geräten.

Spezifikation		USB 2.0	USB 3.2 Gen 1 (USB 3.0)	USB 3.2 Gen 2 (USB 3.1)	USB 3.2 Gen 2x2	USB4 20	USB4 40	Thunderbolt 4
maximale Transferrate		480 Mbit/s (HighSpeed)	5 Gbit/s (SuperSpeed)	10 Gbit/s (SuperSpeed+)	20 Gbit/s	20 Gbit/s	40 Gbit/s	40 Gbit/s
ohne Power Delivery	ohne DisplayPort							
	mit DisplayPort	(nicht vorgesehen)						
mit Power Delivery	ohne DisplayPort							
	mit DisplayPort	(nicht vorgesehen)						



Thunderbolt-4-Docks wie dieses von Anker bieten viele Downstream-Anschlüsse, oft auch welche für zwei Displays. Die meisten Docks leiten jedoch USB 3.2 Gen 2x2 mit 20 Gbit/s nicht durch.

USB und Thunderbolt

Etwas kompliziert zu verstehen sind die Unterschiede zwischen USB und Thunderbolt (TB). Letzteres wurde ursprünglich von Apple und Intel gemeinsam als bessere Alternative zu USB entwickelt. Doch TB-Peripherie setzte sich nur im Apple-Universum durch und kam in der (Windows-)PC-Welt nie auf Touren. Die Geräte waren teurer als vergleichbare USB-Geräte und brachten nur dann Vorteile, wenn man extrem hohe Datentransferraten oder exotische Funktionen wie externe Grafikkarten brauchte.

Reine TB-Peripheriegeräte funktionieren nicht an USB-Hosts und das lässt sich auch nicht mit Adaptern ändern: Im Host muss ein TB-Controller eingebaut sein. Ein TB-Host-Adapter lässt sich im Allgemeinen nicht nachrüsten. Es gibt zwar Desktop-PC-Mainboards, bei denen das möglich ist, aber die haben ein spezielles BIOS und sind nur zu bestimmten TB-Adapterkarten des jeweiligen Herstellers kompatibel. Bei TB 3 und 4 über USB-C-Buchsen erkennt der TB-Hostcontroller die jeweils angeschlossenen Geräte (und Kabel) und schaltet automatisch auf das passende Protokoll um.

Um Grafikkarten (oder andere PCIe-Karten) extern anzubinden, kann TB anders als USB eine PCI-Express-(PCIe-)Verbindung quasi „tunneln“. Doch die auf den ersten Blick attraktive Idee, ein schlankes Notebook mit einer externen „eGPU“ zur Spielemaschine zu erweitern, ist gescheitert. Das liegt vor allem an den hohen Kosten: Außer der Grafikkarte braucht man noch eine Box mit TB-PCIe-Wandlerchip und einem starken Netzteil. Einige dieser Boxen waren inklusive Grafikkarte teurer als ein kompletter Gaming-PC. Außerdem bildet TB mit maximal 40 Gbit/s (knapp 5 GByte/s) für moderne Grafikkarten einen Flaschenhals: Selbst PCIe 4.0 x8 liefert schon 128 Gbit/s (knapp 15 GByte/s). Und die nächste GPU-Generation mit PCIe 5.0 bringt noch höhere Transferraten.

Weil es nur wenige (und teure) Peripheriegeräte gibt, die von mehr als 20 Gbit/s deutlich profitieren, sind USB-C und TB im Lauf der Zeit enger zusammengerückt.

USB4 versus TB 4

TB 4 ist nicht schneller als USB4 (40 Gbit/s), aber es gibt andere Unterschiede: Bei TB 4 sind mehr Funktionen zwingend vorgeschrieben als bei USB4. So müssen sich an TB-4-Hosts mindestens zwei externe Displays gleichzeitig anschließen lassen, bei TB 3 ist es nur eines und bei USB4 ist es nicht genau festgelegt. Außerdem müssen sich TB-4-Notebooks an mindestens einer USB-C-Buchse laden lassen und zu USB4 kompatibel sein. TB 4 schreibt zudem umfangreiche Kompatibilitätstests vor.

Die strengen Vorgaben für TB 4 erfüllen übrigens die aktuellen Apple-MacBooks mit M1- und M2-Chips nicht, daran kann man jeweils nur ein einziges externes Display anschließen. Daher schreibt Apple USB4/TB 3 in die Datenblätter.

TB 4 hat im Vergleich zu TB 3 einen Sicherheitsvorteil, der sich aber nur auf wenige, sehr spezielle Angriffsszenarien bezieht: Weil TB auch PCIe-Zugriffe und somit Direct Memory Access (DMA) erlaubt, ist es mit Spezialhardware und zugehöriger Malware im Prinzip möglich, per TB auf das RAM des Notebooks zuzugreifen. Deshalb muss man TB-Geräte nach dem ersten Anschluss ausdrücklich per Mausklick freigeben. Bei TB 4 schreibt Intel vor, dass TB-4-Peripheriegeräte über die DMA-Virtualisierung VT-d (IOMMU) eingebunden sein müssen. Reine USB-Geräte können DMA und somit diesen Angriffspfad

nicht nutzen. Dennoch gibt es bösartige USB-Geräte, etwa mit manipulierter Firmware [3].

Kabelgewirr

USB ist enorm flexibel, aber die unterschiedlichen Generationen, Buchsen- und Steckervarianten brachten einen kaum übersehbaren Wust an Adaptern hervor. Und die schnellsten Transfermodi funktionieren nur mit passenden Kabeln.

Bis zur Transferrate von 10 Gbit/s spielen die altbekannten USB-A-Buchsen noch mit. USB 3.2 Gen 2x2 mit 20 Gbit/s benötigt hingegen zwingend eine USB-C-Verbindung, weil diese mehr Leitungen bereitstellt. Darauf verweist die Zeichenfolge „2x2“ in der Bezeichnung USB 3.2 Gen 2x2. Noch vertrackter wird die Kabelfrage, wenn Thunderbolt und USB4 ins Spiel kommen. Dafür braucht man jeweils geeignete Kabel; dabei kann TB 4 zwar auch über TB-3-Kabel funktionieren, aber darauf sollte man nicht wetten. Wenn mehr USB4-Peripheriegeräte auf den Markt kommen, werden wir sie zusammen mit USB4-Hubs im c’t-Labor testen.

Kabel für TB 3 und 4 eignen sich immerhin auch für USB-C-Verbindungen – allerdings nicht zwingend mit 20 Gbit/s, aber mindestens mit 10 Gbit/s. TB-3/4-Kabel bis 80 Zentimeter Länge sind „passive“ Kabel, über die auch USB 3.2 Gen 2x2 mit 20 Gbit/s funktionieren sollten. In längeren TB-Kabeln steckt hingegen ein „Retimer“-Chip, der die TB-Signale quasi verstärkt und der den USB-Transfermodus mit 20 Gbit/s blockieren kann, aber nicht muss. Hier kommt es auf eigene Versuche an.

Hubs, Docks, Schnellladen

Bisher sind erst wenige USB-Hubs auf dem Markt, die USB 3.2 Gen 2x2 durchleiten und auch wenige USB4-Hubs. Wer ein Notebook mit TB 3 oder 4 hat, kann aber ein TB-Dock anschließen. Auch von diesen binden aber nur wenige USB 3.2 Gen 2x2 über ihre Downstream-Ports an. Wer unbedingt ein Gerät mit 20 Gbit/s via Dock anschließen will, nimmt daher besser eine Thunderbolt-SSD.

USB-C ermöglicht auch einheitliche Ladegeräte für sehr viele Mobilgeräte vom Smartphone über drahtlose Kopfhörer und Tablets bis hin zu Notebooks. Diese Ladefunktionen sind in der Spezifikation USB Power Delivery (USB PD) standardisiert und reichen mittlerweile bis zu 240 Watt.

Der Trick mit der höheren Ladeleistung ist simpel: USB-C-Netzteil und -Mobilgerät handeln höhere Spannungen aus als die bei USB ursprünglich vorgesehenen 5 Volt. Bei USB-PD geht es hinauf bis 20 Volt und für 100 Watt müssen dann 5 Ampere fließen. Für dermaßen hohe Leistungen sind allerdings kompatible Netzteile und Kabel nötig. Auch wenn USB-C-Netzteile – unter anderem dank besonders effizienter Schalttransistoren aus Galliumnitrid (GaN) oder Siliziumkarbid (SiC) – immer kompakter werden: Ein 100-Watt-Netzteil ist deutlich klobiger als eines mit nur 60 oder bloß 15 Watt.

USB-Transferraten

Bezeichnung	maximale Transferrate	
	Bitrate	praktisch maximal
USB4 40	40 Gbit/s	> 3 GByte/s
USB4 20	20 Gbit/s	2 GByte/s
USB 3.2 Gen 2x2	20 Gbit/s	2 GByte/s
USB 3.2 Gen 2	10 Gbit/s	1,1 GByte/s
USB 3.2 Gen 1	5 Gbit/s	450 MByte/s
USB 2.0	480 Mbit/s	48 MByte/s
zum Vergleich		
Thunderbolt 4	40 Gbit/s	> 3 GByte/s
Thunderbolt 3	40 Gbit/s	> 3 GByte/s
M.2-SSD PCIe 4.0 x4	64 Gbit/s	7,8 GByte/s
M.2-SSD PCIe 3.0 x4	32 Gbit/s	3,9 GByte/s
SATA-6G-SSD	6 Gbit/s	560 MByte/s
Festplatte (SATA oder USB)	–	< 300 MByte/s

Fazit

Fangen wir mit der schlechten Nachricht an: USB bleibt verwirrend, wozu USB4 und Thunderbolt 4 sogar noch beitragen, statt zu vereinfachen. Die Vorgaben der Spezifikationen sind zu lasch, sodass Hersteller immer wieder Lücken nutzen. Das kann zu Frust bei Käufern führen, die sich über lahme Transferraten bei USB-Geräten ärgern. Mit der kommenden 80-Gbit/s-Version „USB4 2.0“ stiftet das USB-Gremium sogar noch neue Verwirrung.

Die gute Nachricht lautet: USB wird immer schneller und das Angebot an USB-SSDs wächst, die dank USB 3.2 Gen 2x2 bis zu 2 GByte/s über die Leitung jagen. Es lohnt sich also, beim nächsten PC-Kauf auf schnelle USB-Buchsen zu achten. Besonders an flachen Notebooks bringen die schmalen USB-C-Buchsen flexible und komfortable Erweiterungsmöglichkeiten – Thunderbolt 4 noch etwas mehr als USB-C. (ciw) c't

Literatur

[1] Christof Windeck, **Angereift**, USB-C: Das leistet die praktische Schnittstelle, c’t 16/2021, S. 90

[2] Benjamin Kraft, **Nur mal eben schnell**, Externes USB4-Gehäuse für NVMe-SSDs von Delock im Test, c’t 17/2022, S. 86

[3] David Wischnjak, Ronald Eikenberg, **USBissig!**, Angriffe mit dem USB Rubber Ducky, c’t 5/2015, S. 170

heise Security -Webinar

Zero Trust

Vom Buzzword zum praktischen Einsatz

25. Januar 2023

115 € Frühbucher-Preis

Zero Trust ist ein Hype – doch die Technik dahinter hat Substanz und ist mittlerweile reif für den praktischen Einsatz. Aber welche Rolle spielen konkrete Maßnahmen wie **Mikrosegmentierung, Conditional Access und TLS-Verschlüsselung** in einem Zero-Trust-Konzept?

Dieses Webinar

- erklärt, was es mit Zero Trust auf sich hat (und was nicht)
- stellt verschiedene Konzepte und Produktkategorien vor
- hilft bei der Bewertung des Nutzens für Ihre IT-Infrastuktur
- unterstützt Sie bei Bedarf bei der Planung erster eigener Schritte in diese Richtung



Jetzt Frühbucher-Tickets sichern:

webinare.heise.de/zero-trust

Vier Ryzen-7000-CPUs mit 6 bis 16 Kernen

AMD bringt vier Ryzen-7000-Prozessoren mit neuer Architektur, neuer Fertigung und neuem Unterbau. Sie sollen Intels letzte Performance-Bastionen einreißen und die absolut schnellsten Desktop-CPUs werden. Ob das klappt und zu welchen Tricks AMD greifen musste, prüfen wir im Test.

Von **Carsten Spille**



Vier Ryzen 7000-CPUs für die Fassung AM5	60
AM5-Mainboards für Ryzen-7000-CPUs	68
Intel Core i9-13900K und i5-13600K	76
Preiswerte LGA1700-Mainboards	82
DDR5-RAM bringt mehr Speed	88
Gehäuse für starke Rechner mit USB-C	90
Sechs 300-Euro-Grafikkarten im Test	96

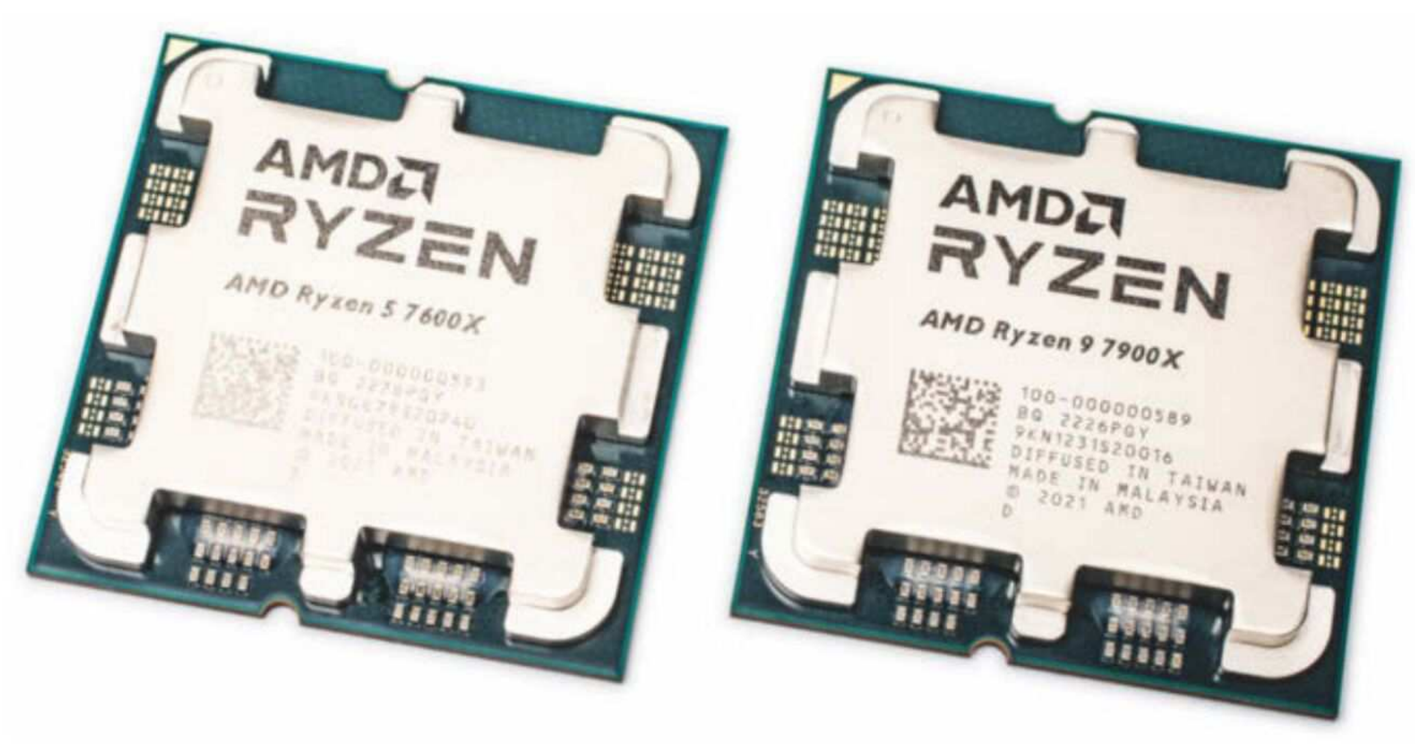
AMD vollzieht den ersten Plattformwechsel seit fünf Jahren und verkauft ab Ende September seine neuen Ryzen-7000-Prozessoren für Mainboards mit der Fassung AM5. Vier neue CPUs machen dabei den Anfang. Mindestens 359 Euro will AMD für das Einstiegsmodell Ryzen 5 7600X haben, die übrigen kosten in aufsteigender Reihenfolge 479 Euro für den Ryzen 7 7700X mit acht Kernen, 669 Euro für den Zwölfkerner Ryzen 9 7900X und 849 Euro für den Ryzen 9 7950X. Die 50 bis 60 Euro Aufpreis im Vergleich zu den Listenpreisen der Vorgänger sind wohl größtenteils dem starken Dollar geschuldet, aber die Straßenpreise liegen inzwischen deutlich darunter. Dadurch wirken die Neulinge auf den ersten Blick sehr teuer, zudem braucht man neue Boards und DDR5-Speicher.

Die Ryzen 7000 lässt AMD in moderner 5-Nanometer-Technik herstellen und nutzt weiterhin das Chiplet-Design, in dem die x86-Rechenkerne und der Cache auf einem eigenen Chip sitzen [1]. Für Funktionsblöcke wie Speichercontroller, USB-Controller, PCI-Express-Lanes oder neuerdings integrierte Grafik kommt ein weiterer Chip zum Einsatz, der in 6-Nanometer-Technik hergestellt wird. Die einzelnen Einheiten tauschen Daten über ein internes Netz aus, das sogenannte Infinity Fabric.

Für den Ryzen 7000 hat AMD die Taktfrequenzen gegenüber den Vorgängern deutlich erhöht, einige der schnellen Zwischenspeicher vergrößert und außer etlichen weiteren Verbesserungen der Mikroarchitektur auch die Befehlssatzerweiterung AVX-512F sowie VNNI und Unterstützung für das Datenformat BFloat16 eingebaut, deren neue und erweiterte Befehle auch KI-Anwendungen nutzen können. Intel hat AVX-512 gerade wieder aus seinen hybriden Desktopprozessoren verbannt, nutzt es aber weiterhin in Serverprozessoren. Anders als bei Intel laufen die doppelt so breiten Datentypen im Ryzen 7000 aber nicht über eigene, strom- und platzfressende Transistorblöcke, sondern in zwei Häppchen zerlegt nacheinander über die sowieso vorhandenen AVX2-Einheiten. Dadurch steigert AVX-512 bei Ryzens zwar nicht den maximalen Rechendurchsatz, aber man kann für AVX-512 optimierte Software nutzen.

Viermal Ryzen 7000

AMD schickte uns zum Test vorab zwei Ryzen-7000-CPUs: Den 7600X und den 7900X, die beiden anderen haben wir selbst organisiert. Komplettiert wurde das Set durch das AM5-Mainboard X670E Aorus Master von Gigabyte und ein DDR5-Speicherkit mit zwei 16-GByte-Modulen von G.Skill. Letztere können standardmäßig zwar nur DDR5-4800, dank AMDs ebenfalls neuer Speicherübertaktungsprofile EXPO und von 1,1 auf 1,35 Volt erhöhter Spannung laufen sie aber mit DDR5-6000 und scharfen Timings. Getestet haben wir allerdings mit der Speichergeschwindigkeit von DDR5-5200, die im Ryzen-7000-Datenblatt steht.



Die Metallkappen der Ryzen 7000 haben eine Stufe, auf der seitlich der Arretierungsmechanismus der AM5-Fassung aufliegt und den Prozessor sicher fixiert.

Das übertaktete RAM hätten die Ryzen 7000 gar nicht nötig gehabt, denn sie legen auch so eine enorme Performance an den Tag. Sie knacken auch Intels bisherige Domäne Singlethreading, also die Leistung pro einzelnem Kern. Im Rendering-Benchmark Cinebench R23 auf einem Kern und auch im Office-Benchmark Bapco Sysmark 25 liegt der Ryzen 7 7950X ein, respektive fünf Prozent vor Intels Core i9-12900K. Die wahre Stärke der Ryzen 7000 ist allerdings das Multithreading. Rackern alle Kerne unter Volldampf, liegt der 7950X im Cinebench R23 um 40 Prozent vor dem 12900K, auch der Ryzen 9 7900X bleibt noch knapp vor Intels bestem. Daten komprimiert der Ryzen 9 7950X mit 7-Zip mit noch mehr Vorsprung: 46 Prozent liegt er auch dank seines schnellen Speichers vor dem 12900K.

Der 12900K ist im kurzzeitigen Turbo-Betrieb stromdurstiger als der Ryzen. Bei Dauervolllast fiel unser Core-i-Testsystem aber spezifikationsgemäß unter 200 Watt, während das System mit Ryzen 9 7950X bei ausreichender Kühlung dauerhaft mit knapp 300 Watt weiterrechnet.

Protzplattform

Für die Ryzen-7000-Prozessoren braucht man ein neues AM5-Mainboard und DDR5-Speicher. Die Prozessoren selbst haben keine Beinchen mehr, sondern kommen wie bei Intel üblich als Land Grid Array und mit flacher Unterseite aus der Fabrik. Dafür ist das Innere der CPU-Fassung empfindlicher geworden, da in ihr 1718 Federchen auf Kontakt warten.

Zum Marktstart Ende September gab es lediglich die für Übertakter gedachten Mainboards mit X670 und X670E-Doppelchipsatz und PCI Express 5.0 bei PEG-Grafikkartensteckplatz und SSD-M.2-Anschlüs-

Ryzen 7000: CPU- und Systembenchmarks

Prozessor	Kerne / Threads	Basis-/Turbotakt	TDP / PPT	Leistungsaufnahme Leerlauf / CPU-Dauervolllast / Turbo[1] [W]	Kcbench[3] [Sek.]	7-Zip 22.00 Komprimierung[3] [MB/s]	Blender 3.3 LTS[4] [Sek.] Szene: Classroom
				◀ besser	◀ besser	besser ▶	◀ besser
AMD Ryzen 9 7950X	**16 / 32**	**4,5 / 5,7 GHz**	**170 / 230 Watt**	**41/297/298**	**39**	**150,3/165,4**	**121/135**
AMD Ryzen 9 5950X	16 / 32	3,4 / 4,9 GHz	105 / 142 Watt	32/165 / n. gem.	56	77,9/88,6	181/211
Intel Core i9-12900K	8P (+8E) / 24	3,2 (2,4) / 5,2 (3,9) GHz	125 / 241 Watt	32/191/345	59	102,6/114,5	213/234
AMD Ryzen 9 7900X	**12 / 24**	**4,7 / 5,6 GHz**	**170 / 230 Watt**	**41/274/319**	**47**	**126,7/139,9**	**161/180**
AMD Ryzen 9 5900X	12 / 24	3,7 / 4,8 GHz	105 / 142 Watt	31/164 / n. gem.	66	79,3/90,7	228/257
AMD Ryzen 7 7700X	**8 / 16**	**4,5 / 5,4 GHz**	**105 / 142 Watt**	**39/217/217**	**64**	**99,5/106,8**	**240/267**
AMD Ryzen 7 5800X	8 / 16	3,8 / 4,7 GHz	105 / 142 Watt	30/171 / n. gem.	88	69,8/75,8	317/360
Intel Core i7-12700K	8P (+4E) / 20	3,6 (2,7) / 5,0 (3,8) GHz	125 / 190 Watt	30/188/274	67	94,3/102,4	248/265
AMD Ryzen 5 7600X	**6 / 16**	**4,7 / 5,3 GHz**	**105 / 142 Watt**	**40/187/193**	**80**	**81,9/87,1**	**315/351**
AMD Ryzen 5 5600X	6 / 16	3,7 / 4,6 GHz	65 / 88 Watt	31/102 / n. gem.	117	59,1/63,8	440/495
Intel Core i5-12600K	6P (+4E) / 16	3,7 (2,8) / 4,9 (3,6) GHz	125 / 150 Watt	30/189/207	83	77,8/82,7	320/339
zum Vergleich:							
AMD Ryzen 9 3950X	16 / 32	3,5 / 4,7 GHz	105 / 142 Watt	34/156 / n. gem.	61	76,9/86,7	207/216
Intel Core i9-11900K	8 / 16	3,5 / 5,3 GHz	125 / 251 Watt	32/169/270	95	59,6/68,7	357/410
Intel Core i9-10900K	10 / 20	3,7 / 5,3 GHz	125 / 250 Watt	27/171/308	90	58,2/66,2	320/375
AMD Ryzen 7 3800X	8 / 16	3,9 / 4,5 GHz	105 / 142 Watt	33/181 / n. gem.	99	61,6/66,3	384/404
AMD Ryzen 7 2700X	8 / 16	3,7 / 4,3 GHz	105 / 142 Watt	25/206 / n. gem.	137	45,5/47,5	431/486
AMD Ryzen 7 1800X	8 / 16	3,6 / 4,0 GHz	95 / 128 Watt	26/161 / n. gem.	151	40,8/43,1	484/572

gemessen unter Windows 11 64 Bit, 32 GByte RAM, Radeon RX 6400, Samsung SSD 980 Pro (1 TByte); Spiele-Benchmarks mit Asrock Radeon RX 6900 XT OC Formula (22.8.1, VSync aus), Leistungsaufnahme und Systembenchmarks mit int. Grafik (Ryzen 7000, Intel Core) oder Radeon RX 6400 (Ryzen 1000 bis 5000)
[1] Turbo-Dauer bei Intel max. 56 Sekunden, bei AMD mit entsprechender Kühlung unbegrenzt, daher keine separate Messung. [2] unter Fedora 36 WS (Kernel 5.19.4-200) [3] gemessen unter Windows 11 / Fedora 36 WS
[4] gemessen unter Fedora 36 WS / Windows 11 [5] Preset „Ultrahoch", SMAA [6] Bilder pro Sekunde. Dunkler Balken: P1-Perzentil, d.h. 99 Prozent der Bildrate ist höher; heller Balken: Durchschnittswert

sen. Doppelchipsatz ist in diesem Falle wörtlich zu nehmen, denn auf X670E-Boards hängen zwei identische Chips in Reihe geschaltet aneinander. Das treibt zwar die Anzahl der gleichzeitig nutzbaren Peripheriegeräte in ungeahnte Höhen, aber auch die Leistungsaufnahme. Für die meisten Nutzer wäre vermutlich der einzelne X670-Chipsatz sinnvoller. Bei ihm darf der Mainboardhersteller zudem entscheiden, ob für die Grafikkarte ein PCIe-5.0-kompatibler Steckplatz vorgesehen ist; beim X670E ist das Pflicht. Da PCIe abwärtskompatibel ist, funktionieren darin auch aktuelle PCIe-4-Karten und ältere Modelle. Das ist auch gut so, denn derzeit gibt es keine 5.0-Karten, auch Nvidias GeForce-RTX-4000-Reihe läuft noch mit PCIe 4; zu AMDs Radeon RX 7000, die im November erwartet wird, gibt es noch keine Angaben. Immerhin sollen ab November die ersten NVMe-SSDs für die M.2-Fassungen mit schnellem PCIe 5.0 kommen und die Datenrate weiter steigern. Im Oktober kamen B650- und B650E-Mainboards, darunter auch günstigere Versionen ohne PCIe-5.0-PEG. AMD betonte auf Nachfrage, dass man keine Leistungsunterschiede der CPU zwischen den verschiedenen Chipsätzen erwarte, solange man nicht übertakten möchte.

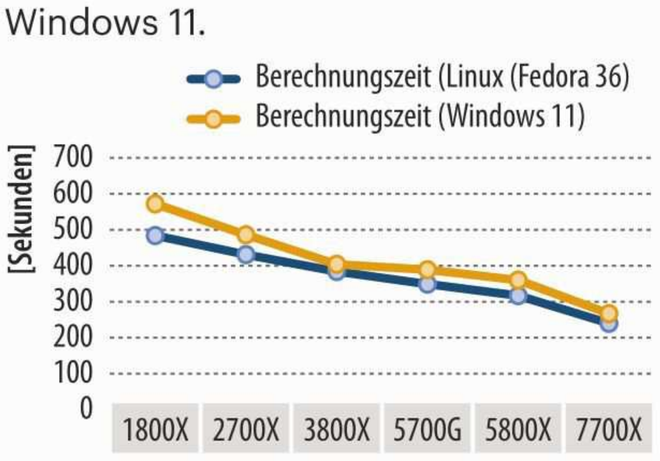
Speichereien

Beim Speicher geht AMD einen Schritt weiter als Intel, beschert seinen Kunden damit aber einige Probleme. Die Speichercontroller im I/O-Die der Ryzen 7000 steuern ausschließlich DDR5-Speicher an, beherrschen also den langsameren DDR4-Standard nicht. Ein DDR5-Set mit 32 GByte kostet jedoch rund doppelt so viel wie DDR4-3200-Riegel gleicher Kapazität, wenn man die offizielle, maximale Speicher-

	Cinebench R23 Single- / Multithread [Punkte]	Sysmark 25 Gesamt [Punkte]	Sysmark 25 Productivity [Punkte]	Sysmark 25 Creativity [Punkte]	Sysmark 25 Responsiveness [Punkte]	Shadow of the Tomb Raider[5] [fps] Auflösung: 1280 × 720 [fps][6]	Shadow of the Tomb Raider[5] [fps] Auflösung: 1920 × 1080 [fps][6]
	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶
	2068/38944	**2249**	**2097**	**2686**	**1628**	**211/305**	**211/255**
	1633/25203	1651	1577	1871	1303	150/244	149/217
	2034/27702	2048	2066	2225	1556	177/243	177/220
	2042/29265	**keine Messung**	**keine Messung**	**keine Messung**	**keine Messung**	**202/287**	**204/237**
	1623/20837	1647	1592	1850	1282	155/245	155/216
	2008/20212	**2250**	**2241**	**2542**	**1579**	**185/275**	**182/240**
	1602/15642	1688	1705	1844	1254	137/223	135/200
	1950/23032	2009	2023	2188	1522	169/230	168/212
	1965/15569	**keine Messung**	**keine Messung**	**keine Messung**	**keine Messung**	**160/257**	**162/224**
	1536/10965	1578	1632	1664	1214	128/213	126/194
	1918/17668	1939	1994	2065	1479	154/208	155/200
	1353/23651	1374	1252	1605	1139	111/164	110/162
	1655/15036	1800	1739	2044	1361	131/184	130/183
	1349/15841	1507	1513	1609	1224	127/182	125/178
	1351/13104	1390	1343	1544	1125	105/148	103/145
	1141/10639	1164	1072	1345	965	84/122	82/120
	1024/9369	1043	955	1210	867	77/111	77/109

Ryzen-7-Generationen: 3D-Rendering

Die Wartezeiten in Blender verringern sich mit steigender Rechenleistung. Der Ryzen 7 7700X legt deutlich stärker zu als der Vorgänger. Allgemein sind die CPUs unter Fedora WS 36 (Linux) schneller als unter Windows 11.



geschwindigkeit für den Ryzen 7000 annimmt. Diese beträgt DDR5-5200 für ein einzelnes DIMM in jedem der beiden Speicherkanäle. Wer vier Module steckt, muss offiziell mit lahmem DDR5-3600 vorlieb nehmen.

Die höhere DDR5-Geschwindigkeit im Vergleich zu Intels Core i-12000 birgt noch ein weiteres Problem: Um DDR5-5200 zu erreichen, muss man die Parameter von Hand einstellen oder Übertakterspeicher mit AMDs neuen EXPO-Speicherprofilen kaufen – beides lässt offiziell die Garantie für den Prozessor erlöschen.

Die manuelle Einstellung der Geschwindigkeit gestaltete sich schwieriger als erwartet. Unsere JEDEC-konformen DDR5-4800-Module wollten bei DDR5-5200 nur mit erhöhten Speicherspannungen (VDD/VDDQ) starten. Doch vollkommen stabil liefen die Module so nicht, da die EXPO-Profile noch weitere interne Spannungen erhöhen und damit auch die Leistungsaufnahme im Leerlauf hochtreiben. Mit EXPO liefen die von AMD im Testkit gelieferten DDR5-6000-DIMMs bei hohen 1,35 anstelle von 1,1 Volt stabil und absolvierten alle Benchmarks fehlerfrei; das 32-GByte-Kit kostet im Handel aber knapp 250 Euro und damit noch einmal 90 Euro mehr als DDR5-Standard-RAM.

Wer selbst Hand anlegen möchte, für den empfiehlt AMD als Sweet-Spot die genannten DDR5-6000, weil dort das Verhältnis vom Takt des CPU-internen Infinity Fabric, des Speichercontrollers und des Speichers nahe am Optimum liegt. AMD gab während der Ryzen-7000-Vorstellung allerdings selbst zu Protokoll, dass man für verlässlichen, stabilen Dauerbetrieb auf die offiziell unterstützten Geschwindigkeiten ohne EXPO-Modus vertrauen solle. Selbst mit DDR5-4800 verliert man laut unserer Stichproben mit rund 5 Prozent auch nicht allzu viel Leistung.

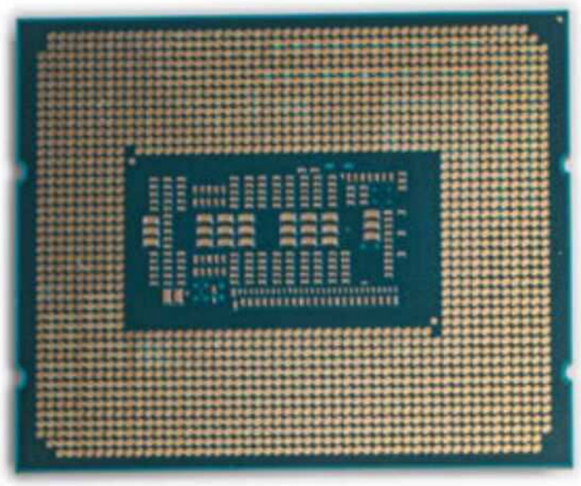
Unnötig durstig

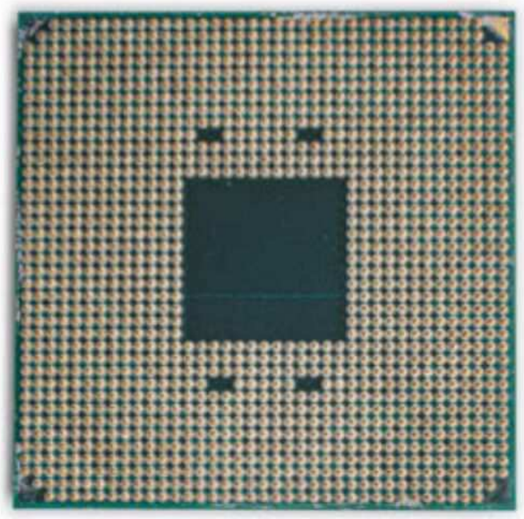
Die Ryzen-9-Modelle 7900X und 7950X ziehen unter Volllast mehr Strom als bisherige AMD-Prozessoren. Die Thermal Design Power (TDP) hat AMD mit 170 Watt festgesetzt. Sie liegt damit 62 Prozent über den 105 Watt der Ryzen-5000-Topmodelle und das ist noch nicht alles. Stimmen externe Parameter wie Stromversorgung und Kühlung, sind sogar 230 Watt erlaubt. Diesen 35-Prozent-Bonus gab AMD auch schon früheren Generationen mit, wo die Grenze bei 105 × 1,35 = 142 Watt lag. AMD spezifiziert den Ryzen 5 7600X und den Ryzen 7 7700X dagegen für 105 Watt plus den erwähnten 35 Prozent Reserve.

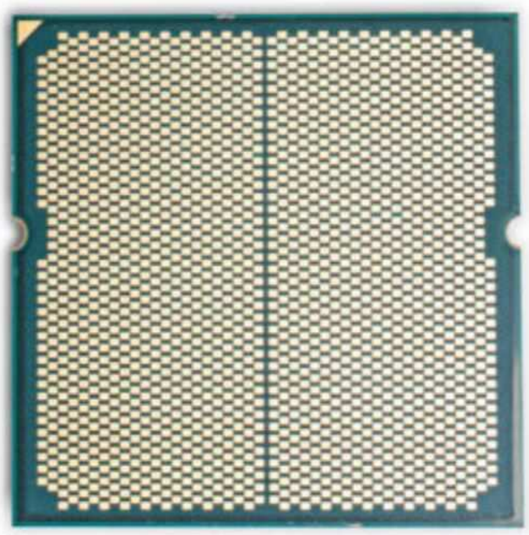
Selbst ohne gesteckte Grafikkarte war die neue AM5-Plattform im Leerlauf alles andere als sparsam: 39 bis 41 Watt zeigte unser kalibriertes Messgerät als 30-Sekunden-Mittel beim Nichtstun. Das lag vermutlich zu einem großen Teil am luxuriös ausgestatteten Übertakter-Mainboard mit dem zweiteiligen X670E-Chipsatz. Mit AMDs EXPO-Empfehlung, also DDR5-6000-Speicher mit 1,35 Volt, waren es noch einmal 18 Watt mehr; manuell eingestelltes DDR5-5200 mit 1,15 Volt (JEDEC-Standard 1,1 Volt) kostete im Leerlauf circa 3 Watt extra.

Echte Hitzköpfe

Einen großen Teil der TDP verheizen die Core-Compute-Dies (CCDs). Durch die Umstellung auf 5-Nanometer-Fertigung sind diese mit 70 Quadratmillimetern 13 Prozent kleiner als bei Ryzen 5000 (80,7 mm^2). Gleichzeitig stieg auch die Anzahl der Hitze produ-







Für den Ryzen 7000 (unten) verwendet AMD ein Land Grid Array (LGA) ähnlich wie Intel (oben) und verzichtet auf die bisherigen Beinchen der AM4-Prozessoren (Mitte). Die Unterseite ist weitgehend mit Kontaktpads bedeckt. SMD-Bauteilchen, die Intel zwischen den Pads versteckt, sitzen daher an der Oberseite. Deshalb wiederum hat der Heatspreader seine markante Form mit Aussparungen.

zierenden Transistoren von 4,2 auf 6,5 Milliarden pro CCD. Daraus ergeben sich rund 80 Prozent mehr Transistoren pro Quadratmillimeter. Die Hitzedichte steigt weiter an, weil die N5-Fertigung die Effizienz der Transistoren im Vergleich zu N7 nicht ausreichend steigert.

Entsprechend schwierig waren die Prozessoren im Test zu kühlen, sogar im offenen Testaufbau. Selbst mit einem der stärksten Luftkühler und mit Maximalzahl drehendem Lüfter waren schon im Cinebench-Test Kerntemperaturen von 90 Grad Celsius zu sehen. Unter Volllast lag die Temperatur der beiden etwas schlimmeren Hitzköpfe Ryzen 7 7700X und Ryzen 9 7900X gar an der 95-Grad-Schwelle, ab der AMDs Prozessoren beginnen, ihre Frequenzen zu senken. Der Ryzen 5 7600X bleibt bei rund 90 Grad Celsius und das Spitzenmodell Ryzen 9 7950X selektiert AMD offenbar besser, sodass die Temperatur bei geringerem Takt und niedrigerer Spannung am PPT-Limit nur 84 Grad Celsius betrug.

Auch die von AMD empfohlene All-in-One-Wasserkühlung NZXT Kraken X63 mit 280-Millimeter-Radiator bewahrte den 7900X bei maximaler Belastung mit Prime95 nicht vor dem Drosseln. Kein Wunder also, dass AMD den ersten Ryzen 7000 keine Boxed-Kühler mehr beilegt.

Eco, der Heldenmodus

Angesichts der Energiepreise, den hohen Temperaturen und der enormen Performance liegt eigentlich nichts näher, als den Ryzen 7000 – anders als AMD es getan hat – nicht ans Limit zu treiben.

Den Eco-Modus hatte AMD bei der AM5-Plattform anfangs noch im Übertaktermenü versteckt, sodass man Stromparameter wie PPT, TDC und EDC manuell einstellen musste. Wenige Wochen nach dem Marktstart beförderte AMD mit dem AGESA-BIOS 1.0.0.3A den Eco-Modus zu den AM5-Standard-Features und machte ihn auch im Ryzen Master Tool bequem per Knopfdruck verfügbar. Der Eco-Modus erlaubt es, zu Stromsparzwecken die TDP-Stufe zu senken: Für einen 170-Watt-Prozessor gelten dann die Richtlinien für eine 105-Watt-CPU, ein 105-Watt-Modell kann mit den Parametern für die 65-Watt-Stufe betrieben werden. Darüber hinaus kann man die Grenzwerte für die drei Parameter Package Power Tracking (PPT), Thermal Design Current (TDC) und Electrical Design Current (EDC) auch selbst einstellen. Diese werden dann weitgehend eingehalten, beim 65-Watt-Modus mit 88 Watt PPT haben wir beim Ryzen 7 7700X Spitzen von 90 Watt gemessen.

Den Nutzen des Eco-Modus haben wir anhand des Ryzen 7 7700X bei 65 statt 105 Watt TDP und beim Ryzen 9 7950X bei 105 statt 170 Watt ausprobiert. Was zuerst auffiel: Die Hitzeprobleme waren wie weggeblasen, anstelle von 95 maßen wir nur noch 63 Grad Celsius. Dennoch schafften es die beiden AMD-Prozessoren, noch weit über 90 Prozent ihrer Vollgas-Performance zu halten: Der 7700X verlor nur schlappe 700 Cinebench-Punkte, der 7950X 2400 Punkte. Das sind knapp 4 Prozent respektive 6 Prozent weniger; selbst so gedrosselt sind beide noch schneller sowohl als ihre Vorgänger und auch als die Core i-12000-Pendants. Ein ähnliches Bild ergab sich beim Komprimieren von Daten mit 7-Zip

Technische Daten: AMD Ryzen 7000 im Vergleich (Codename Raphael, Zen 4, TSMC N5)

Prozessor	Ryzen 9 7950X	Ryzen 9 5950X	Ryzen 9 7900X	Ryzen 9 5900X	Ryzen 7 7700X	Ryzen 7 5800X	Ryzen 5 7600X	Ryzen 5 5600X
Kerne	**16 + SMT**	16 + SMT	**12 + SMT**	12 + SMT	**8 + SMT**	8 + SMT	**6 + SMT**	6 + SMT
Basistakt	**4,5 GHz**	3,4 GHz	**4,7 GHz**	3,7 GHz	**4,5 GHz**	3,8 GHz	**4,7 GHz**	3,7 GHz
Turbo-Takt	**5,7 GHz**	4,9 GHz	**5,6 GHz**	4,8 GHz	**5,4 GHz**	4,7 GHz	**5,3 GHz**	4,6 GHz
L2-Cache	**16 × 1 MByte**	16 × 0,5 MByte	**12 × 1 MByte**	12 × 0,5 MByte	**8 × 1 MByte**	8 × 0,5 MByte	**6 × 1 MByte**	6 × 0,5 MByte
L3-Cache	**2 × 32 MByte**	2 × 32 MByte	**2 × 32 MByte**	2 × 32 MByte	**32 MByte**	32 MByte	**32 MByte**	32 MByte
Int. Grafik	**✓ (RDNA2)**	n. v.	**✓ (RDNA2)**	n. v.	**✓ (RDNA2)**	n. v.	**✓ (RDNA2)**	n. v.
TDP / PPT	**170 / 230 W**	105 / 142 W	**170 / 230 W**	105 / 142 W	**105 / 142 W**	105 / 142 W	**105 / 142 W**	65 / 88 W
Arbeitsspeicher	**DDR5-5200**	DDR4-3200	**DDR5-5200**	DDR4-3200	**DDR5-5200**	DDR4-3200	**DDR5-5200**	DDR4-3200
PCI-Express	**28 × PCIe 5.0**	24 × PCIe 4.0	**28 × PCIe 5.0**	24 × PCIe 4.0	**28 × PCIe 5.0**	24 × PCIe 4.0	**28 × PCIe 5.0**	24 × PCIe 4.0
Preis[1] (Straße)	**849** € (770 €)	799 € (539 €)	**669** € (580 €)	549 € (399 €)	**479** € (405 €)	449 € (289 €)	**359** € (320 €)	299 € (199 €)

[1] unverbindliche Preisempfehlung zum Marktstart

und auch im Ansprechverhalten, das maßgeblich der hohe Single-Core-Turbo verantwortet, ändert sich kaum etwas. In Summe sind die Ryzen 7000 mit einer TDP-Stufe weniger die besseren CPUs.

Endlich integrierte Grafik

Erstmals haben auch bei AMD die Spitzenmodelle im Mainstream-Segment eine integrierte Grafikeinheit (IGP). Sie macht eine separate Grafikkarte für viele Nutzer überflüssig, da man mit ihr bis zu vier Displays ansteuern kann, drei davon mit 4K-Auflösung, wenn das Mainboard entsprechend viele DisplayPorts oder HDMI-Ausgänge mitbringt. Wichtiger ist, dass Videodecoder integriert sind und die CPU beim Abspielen von Videos außer in herkömmlichen Codecs wie H.264 oder HEVC auch im modernen, lizenzfreien AV1-Format entlasten.

AMD gibt der IGP jedoch aus gutem Grund keinen hochtrabenden Namen, sondern nennt sie schlicht Radeon Graphics. Sie ist nur ungefähr halb so schnell wie die leistungsfähigsten IGPs etwa im Ryzen 7 5700G und liegt damit bei circa 80 Prozent der Leistung der Xe-Grafik in aktuellen Core-i-12000; ihre Rechenleistung beträgt rund die Hälfte dessen, was die sechs Zen-4-Kerne im Ryzen 7600X schaffen. Sie basiert auf der aktuellen und effizienten RDNA2-Architektur der Radeon-RX-6000-Spielergrafikkarten und beherrscht mit DirectX 12 Ultimate sogar Raytracing in Hardware. Im Raytracing-Test 3DMark Port Royal geht ihr dabei jedoch schnell die Puste aus und sie kommt nur auf magere 350 Punkte.

Fazit

AMD legt mit den ersten vier Ryzen-7000-Prozessoren kräftig vor. Ihren Vorgängern sind sie in jeder Hinsicht überlegen und schlagen auch Intels Core-i-12000-Modelle und das sogar in der bisherigen Intel-Domäne, der Singlethreading-Performance. Für den Hausgebrauch ist jeder der neuen Ryzen auch dank der integrierten Grafik vollkommen ausreichend, nur wer tatsächlich Arbeit zu verrichten oder Hobbys zu bedienen hat, die stark von Multithreading profitieren, muss über die deutlich teureren Mehrkerner nachdenken. Bei produktivem Einsatz im Kreativstudio, bei der Musikproduktion oder beim Kompilieren kann sich deren Mehrleistung allerdings schnell bezahlt machen.

Doch auch die Ryzen 7000 sind nicht ohne Fehl und Tadel. Der nötige Plattformwechsel geht auch aufgrund des starken Dollar ordentlich ins Geld; da tröstet es wenig, dass man AM4-Kühler weiterverwenden kann. Außerdem hat AMD es bei der Leistungsaufnahme etwas übertrieben. Die neue TDP-Stufe bringt heftige Anforderungen an die Kühlung, aber vergleichsweise wenig zusätzliche Performance. Es drängt sich der Verdacht auf, dass man um jeden Preis die Oberhand bei allen Benchmarks erzwingen wollte. Der Eco-Modus verspricht Abhilfe.

Wahrscheinlich sind kommende Ryzen 7000 ohne X im Namen und mit geringeren TDP-Stufen für viele die sinnvollere Wahl, wenn es auch sparsamere Mainboards gibt. Bis dahin können sich Early Adopter aber mit den Wunscheinstellungen im BIOS-Setup oder dem Ryzen Master Tool behelfen. (csp) c't

Literatur

[1] Christian Hirsch, **Voll auf die Zwölf**, Ryzen 9 3900X und Ryzen 7 3700X mit PCI Express 4.0, c't 16/2019, S. 16

Mastering GitOps

Schnell, stabil und sicher deployen

Das Heise-Online-Event am 2. März 2023

Auf dem Weg zu Continuous Operations

Die Mastering GitOps bietet Ihnen online einen fundierten Überblick über die Konzepte und den praktischen Einsatz von GitOps. Lernen Sie die Chancen für Ihr eigenes Arbeitsumfeld einzuschätzen und erfahren Sie, wie das Deployment ihrer Anwendungen schneller und sicherer wird.

Highlights aus dem Programm:

- Was ist GitOps – und ist das was für mich?
  Baris Cubukcuoglu
- GitOps maßgeschneidert: Repos, Folders, Stages, Patterns
  Johannes Schnatterer
- GitOps geht auch ohne Kubernetes
  Anja Kammer
- Die GitOps-Delivery-Pipeline überwachen und härten mit Flux & Flagger
  Florian Heubeck
- GitOps Emerging Developments and Predictions
  Alexis Richardson

Mit einer Keynote von Alexis Richardson, dem »Erfinder« von GitOps

Unsere Online-Konferenz vermittelt konzeptuelles Wissen und praktisches Know-how für Softwareentwicklerinnen und -entwickler, die GitOps für ihre Zwecke evaluieren oder eigene Erfahrungen mit Fachkolleginnen und -kollegen vergleichen wollen.

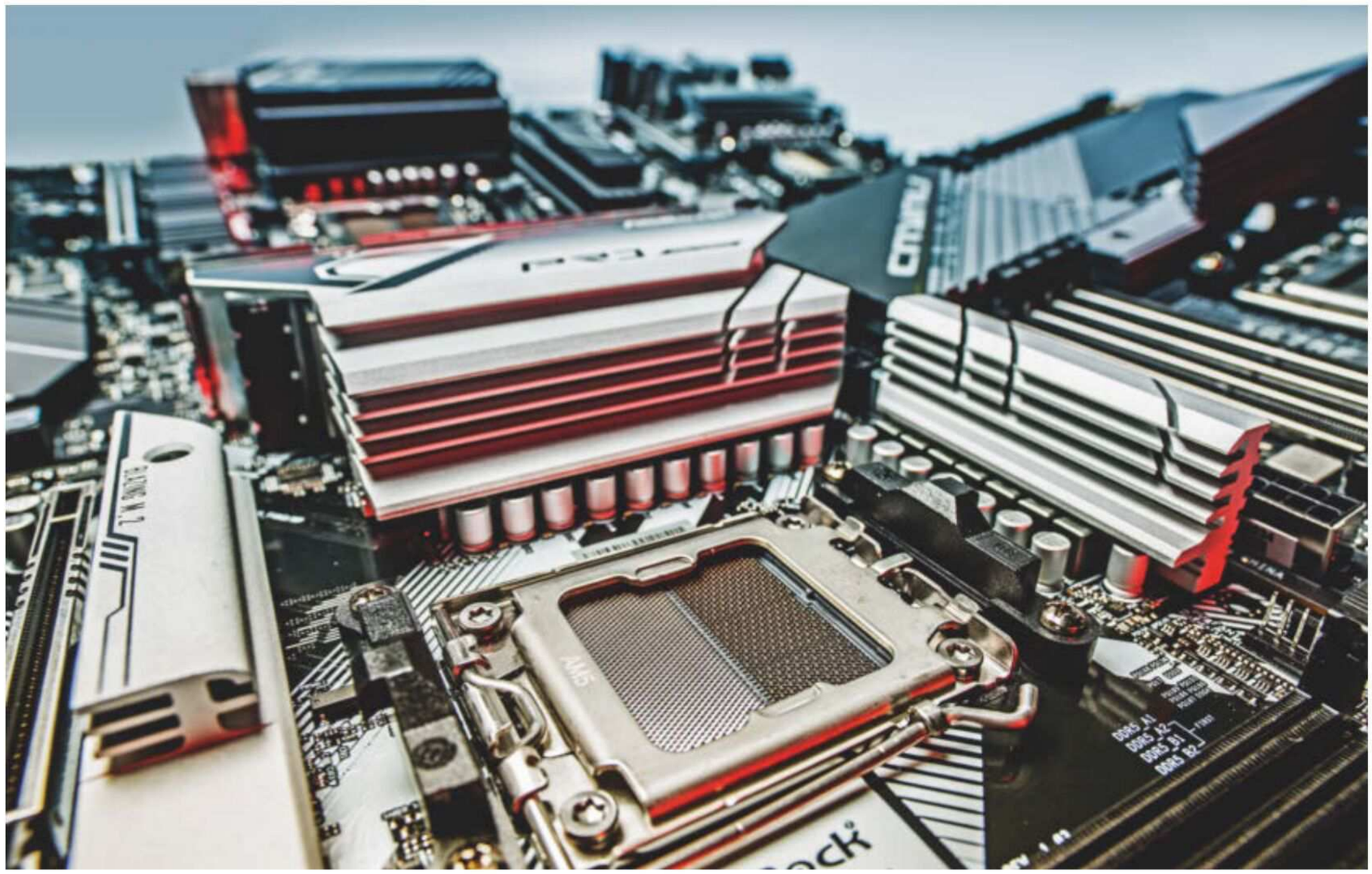
www.mastering-gitops.de

Veranstalter

iX Magazin für professionelle Informationstechnik

heise Developer

dpunkt.verlag



AM5-Mainboards für Ryzen-7000-CPUs

AMDs neue CPU-Plattform bringt PCI Express 5.0 und DDR5-RAM. Obendrein bieten die AM5-Boards mit Serie-600-Chipsätzen schnelles Ethernet und USB. Wir haben getestet, ob die vielen Funktionen ihren Preis wert sind und wie sie sich auf den Stromverbrauch auswirken.

Von **Christian Hirsch**

Mit den ersten vier Ryzen-7000-Prozessoren hat AMD zugleich einen komplett überarbeiteten Unterbau vorgestellt. Denn viele PCIe-Express-Lanes, DDR5-RAM und eine höhere Leistungsaufnahme erfordern mehr Leitungen und stellen strengere Anforderungen an die Signalqualität. Die CPUs verwenden daher nun die Fassung AM5 mit 1718 Kontakten, die nach über fünf Jahren AM4 ablöst, und deshalb benötigen die Ryzen 7000 zwingend neue Mainboards.

Der Generationswechsel geht mit einem gehörigen Preisschub einher. Bei der Auswahl der vier AM5-Mainboards für den Test haben wir uns deshalb aus Preisgründen für drei B650-Mainboards und nur

eines mit dem High-End-Chipsatz X670E entschieden. Die Modelle Asrock B650 Pro RS, Asus Prime B650M-A WIFI und MSI Pro B650-P WIFI kosten zwischen 220 und 280 Euro. Für das Gigabyte X670E Aorus Master muss man hingegen noch tiefer in die Tasche greifen. Dafür verlangt der Hersteller 550 Euro.

Preistreiber

Für die AM5-Plattform bietet AMD vier Chipsätze an: X670 und X670E zielen mit vielen PCIe-Lanes, USB- und SATA-Ports aufs High-End, während B650 und B650E das Brot-und-Butter-Geschäft abdecken sollen. Gerüchteweise wird es 2023 noch einen abgespeckten A620 für billige Boards geben. Preislich sind die rund 60 bis dato vorgestellten AM5-Mainboards wenig attraktiv, denn selbst das günstigste B650-Board kostet über 200 Euro. Zum Vergleich: B550-Boards für ältere Ryzen-Prozessoren bekommt man bereits ab 80 Euro.

Mehrere Faktoren treiben die Preise in die Höhe: So hat die Ausstattung zugelegt. 2,5-Gbit-Ethernet gehört ebenso zur Standardausstattung wie mindestens zwei M.2-Slots mit PCI Express 4.0 oder 5.0 für schnelle NVMe-SSDs und USB-C beziehungsweise eine interne Buchse für einen USB-C-Frontanschluss. Zudem tragen drei Viertel der angebotenen AM5-Boards ein modernes WiFi-6(E)-Modul. Fast alle unterstützen das Updaten des BIOS ohne Prozessoren per Flashback-Funktion, was es vereinfacht, auf kommende CPU-Generationen aufzurüsten.

PCI Express 4.0 und DDR5-RAM arbeiten mit höheren Frequenzen, weshalb die Board-Hersteller für eine störungsfreie Signalübertragung Leiterplatten mit mindestens sechs Schichten und teureren Materialien verwenden müssen. Die Vorgänger mit B550-Chipsatz kamen oft noch mit günstigeren 4-Layer-Platinen aus. Boards mit B650E- und X670E-Chipsatz, bei denen der PEG-Slot im Unterschied zum B650 und X670 im doppelt so schnellen PCIe-5.0-Modus arbeiten kann, benötigen sogar acht oder zehn Leitungsebenen.

Des Weiteren müssen die Board-Hersteller Wandlerschaltungen mit mehr Bauelementen auflöten, weil die Spitzenleistungsaufnahme bei Ryzen 7000 auf 230 Watt gestiegen ist (siehe S. 60).

Generationswechsel

Die Ryzen-7000-Prozessoren stellen vier USB-Ports mit 10 GBit/s (USB 3.2 Gen 2) sowie insgesamt 28 PCI-Express-Lanes bereit. 16 davon gehen zum PEG-Slot, vier zum Chipsatz und an den restlichen acht können zwei M.2-SSDs hängen. Alle 28 Lanes können theoretisch im PCIe-5.0-Modus arbeiten. Der Chipsatz ist dennoch nur mit PCIe 4.0 angebunden, da dieser kein PCIe 5.0 kann.

Die Geschwindigkeit des PEG- und der M.2-Slots der CPU hängt vom Chipsatz ab. PCIe 5.0 an allen PCIe-Lanes vom Prozessor ist nur beim B650E und X670E Pflicht. Für den X670 schreibt AMD den Board-Herstellern vor, dass zumindest der M.2-Slot mit der aktuellen PCIe-Generation läuft. Beim Grafikkartensteckplatz reicht PCI Express 4.0. Boards mit dem derzeit günstigsten Chipsatz B650 müssen nur PCIe 4.0 können, auch wenn einige Hersteller ihren Modellen einen M.2-Slot mit PCIe 5.0 spendieren.

Um Kosten zu sparen, fertigt AMD nur einen Promontory-21-Chip, der einzeln auf B650(E)-Boards sitzt. Auf High-End-Mainboards mit X670(E) schalten die Board-Hersteller zwei davon in Reihe, um mehr PCIe-Lanes, SATA-6G- und USB-Ports anzubieten. Das treibt nicht nur die Kosten nach oben, sondern auch die Leistungsaufnahme.

Für die allermeisten Anwender reicht das Schnittstellenangebot üblicher B650-Boards vollkommen aus. Sie haben vier SATA-Anschlüsse, zwei USB-Ports mit 10 Gbit/s und mindestens zwei PCIe-4.0-Erweiterungssteckplätze. Rund die Hälfte der Boards bietet zudem USB 3.2 Gen 2x2 mit 20 Gbit/s. SATA-Ports im Chipsatz sterben langsam aus. Der B650 bietet nur noch vier High-Speed-I/O-Lanes, die wahlweise als PCI Express 3.0 oder SATA 6G arbeiten können. Deshalb fallen bei manchen AM5-Boards einige SATA-Ports weg, wenn man bestimmte PCIe-Steckplätze bestückt. Um dies zu vermeiden, löten die Board-Hersteller vermehrt zusätzliche SATA-Controller auf, die an einer PCIe-2.0- oder -3.0-Lane hängen.

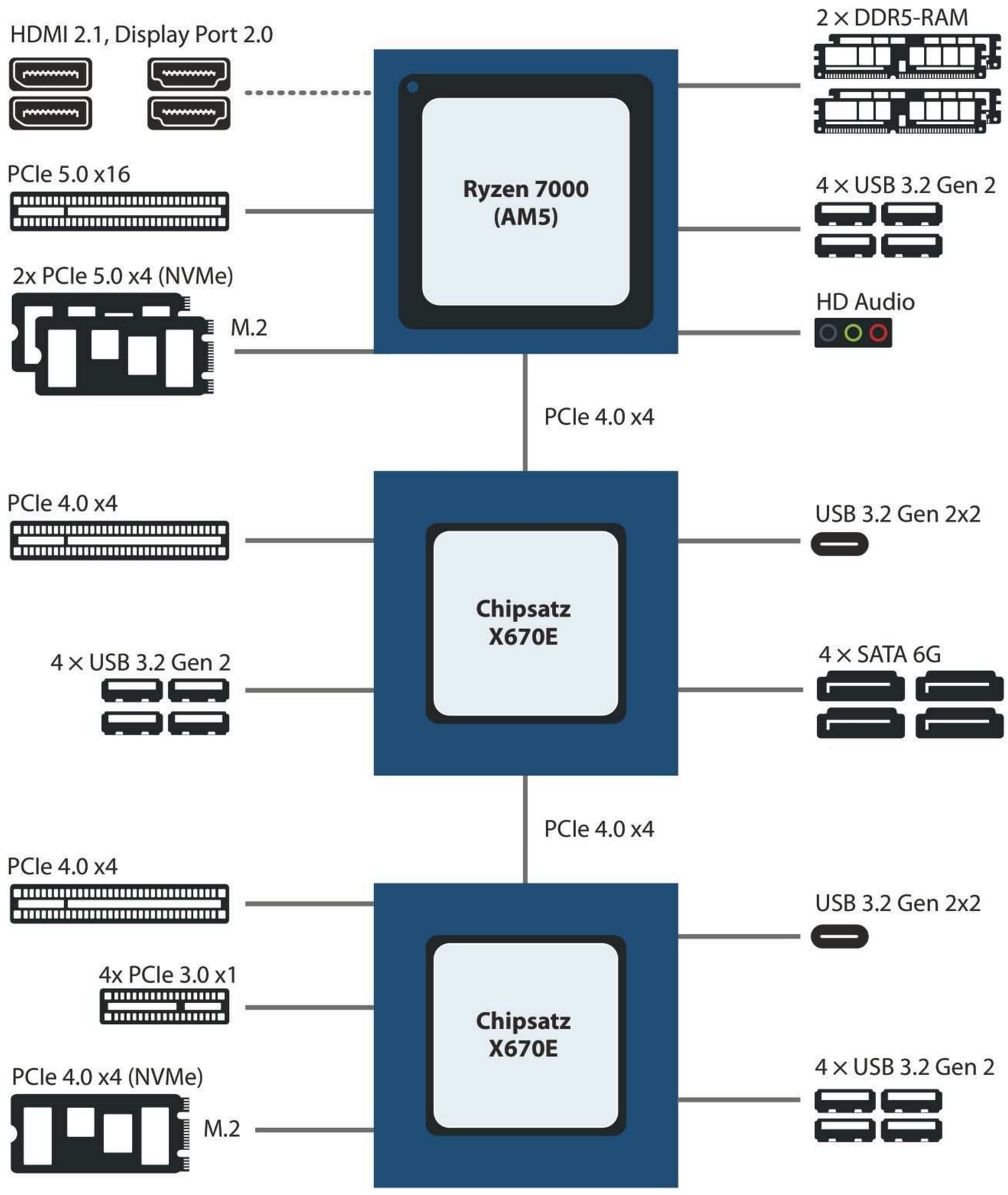
AM5-Chipsätze

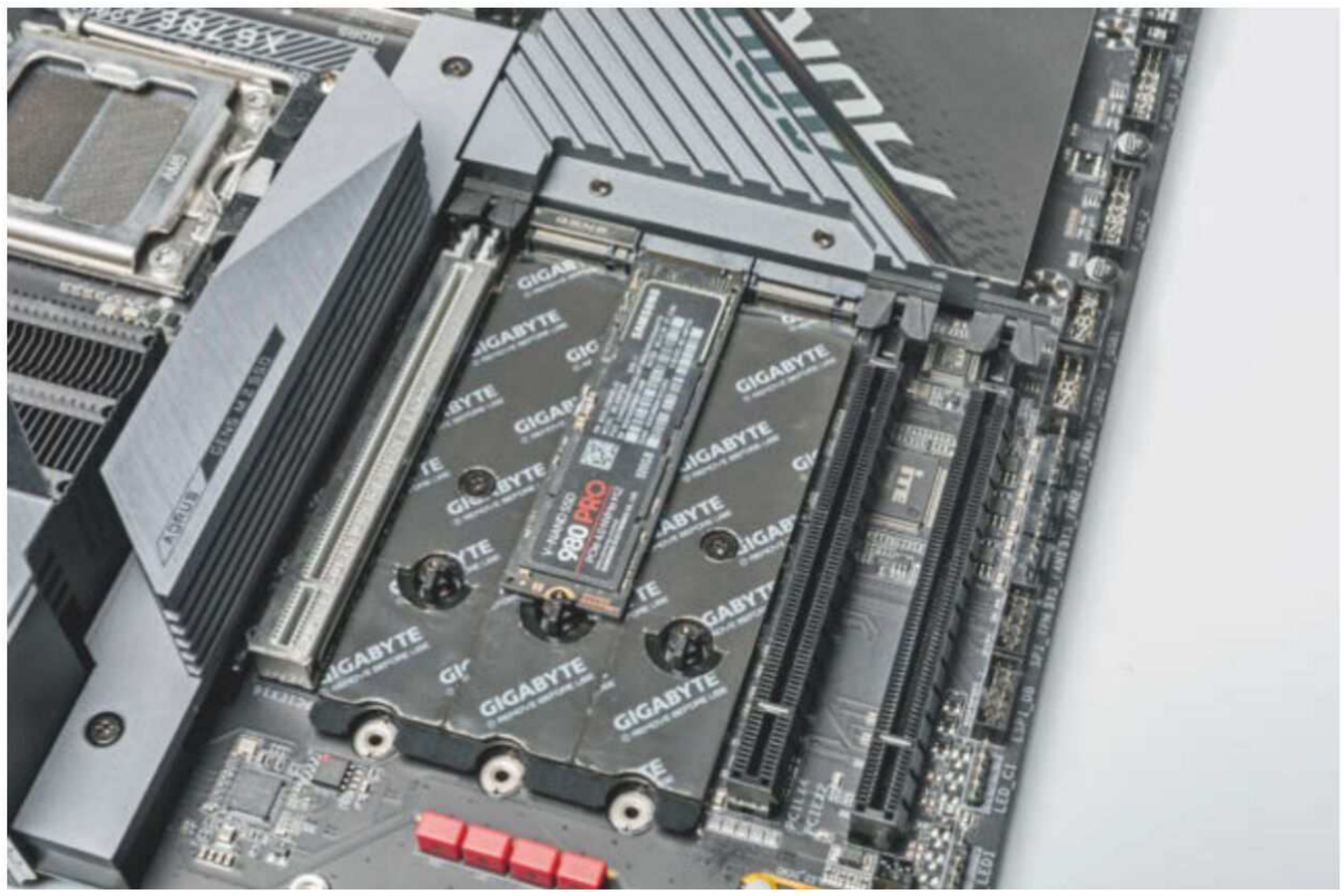
Chipsatz	vom Prozessor			vom Chipsatz		
	PEG-Slot	M.2-Slots	USB 10 Gbit/s	PCIe-4.0-Lanes	PCIe-3.0-Lanes oder SATA 6G	USB 20 Gbit/s / 10 Gbit/s (bis zu)
X670E	PCIe 5.0 x16	2 × PCIe 5.0 x4	4	12	8	2 / 12
X670	PCIe 4.0 x16	2 × PCIe 5.0 x4	4	12	8	2 / 12
B650E	PCIe 5.0 x16	2 × PCIe 5.0 x4	4	8	4	1 / 6
B650	PCIe 4.0 x16	2 × PCIe 4.0/5.0 x4[1]	4	8	4	1 / 6

[1] dem Board-Hersteller überlassen

AM5-Plattform mit Doppel-Chipsatz

Der X670E-Chipsatz für High-End-Boards besteht aus zwei Promontory-21-Chips. Dadurch verdoppelt sich die Anzahl der USB-, PCIe- und SATA-Lanes und AMD spart sich den Entwicklungsaufwand für ein separates Design.





High-End-Boards wie das Gigabyte X670E Aorus Master stopfen die Hersteller großflächig mit M.2-Steckplätzen und Kühlkörpern voll.

Anders als die Vorgänger unterstützen Ryzen-7000-CPUs selbst kein SATA mehr. Deshalb gibt es kaum noch Boards, deren M.2-Ports auch mit SATA-SSDs laufen. Die E-Varianten der Chipsätze bieten aus unserer Sicht derzeit keinen Vorteil, da es bei Redaktionsschluss weder Grafikkarten noch SSDs mit PCIe 5.0 zu kaufen gab.

Die Ryzen 7000 enthalten endlich alle eine integrierte Grafikeinheit. Wer nicht spielen will, kann somit die Kosten für eine Grafikkarte und im Betrieb ein paar Watt sparen. Bis auf wenige Ausnahmen stellen AM5-Boards mindestens zwei digitale Displayanschlüsse bereit.

Energieschlucker

Für den Test haben wir den leistungsstärksten AM5-Prozessor Ryzen 9 7950X mit 16 Kernen und 230 Watt Maximalleistungsaufnahme eingebaut. Ihm zur Seite stehen eine PCIe-4.0-SSD sowie 32 GByte mit dem von AMD spezifizierten maximalen Speichertempo DDR5-5200-RAM. Damit der Arbeitsspeicher nicht nur mit JEDEC-Geschwindigkeit von DDR5-4800 läuft, muss man im BIOS-Setup das XMP- beziehungsweise EXPO-Profil laden. Das aktiviert jedoch nicht nur die höhere RAM-Geschwindigkeit und die schärferen Speicher-Timings, sondern erhöht auch einige I/O-Spannungen. Laut unseren Messungen steigt die Leistungsaufnahme deshalb je nach Board zwischen einem und fünf Watt an. Aber auch ohne die Speicherprofile bekleckern sich die Boards bei der Leerlaufleistungsaufnahme nicht mit Ruhm. PCs mit sparsamen Mainboards der Vorgängerplattform AM4 mit B550-Chipsatz kommen mit integrierter Grafik mit weniger als 15 Watt Gesamtleistungsaufnahme im Leerlauf aus, wie zum Beispiel das Asus TUF Gaming B550-Plus (Wi-Fi). Im Test schaffte es keines der getesteten AM5-Boards unter 27 Watt. Das Gigabyte X670E Aorus Master mit dem X670E-Doppelchipsatz genehmigt sich sogar stolze 43 Watt.

Zum Teil liegt das am gestiegenen Power-Budget der AM5-Prozessoren. Alle Boards müssen auch die High-End-CPUs Ryzen 9 7900X und 7950X mit bis zu 230 Watt Maximalleistungsaufnahme unterstützen, selbst wenn es sich um ein preiswertes B650-Modell handelt. Die vielen Wandlerphasen treiben nicht nur wie bereits angesprochen den Preis nach oben, sondern arbeiten bei geringer oder Teillast weniger effizient als einfachere Schaltungsdesigns. Hier müssen die Board-Hersteller die Entscheidung von AMD ausbaden, dass lange Benchmark-Balken wichtiger sind als sparsamer Betrieb.

Für einige Boards gab es zum Testzeitpunkt nur ein UEFI-BIOS, das noch den älteren AMD-Firmware-Block AGESA 1.0.0.1 enthält und nicht den aktuellen AGESA 1.0.0.3. Die jüngere Firmware verkürzt die Bootdauer mit aktivem XMP- beziehungsweise EXPO-Profil erheblich.



Asrock B650 Pro RS

Mit 270 Euro gehört dieses zu den teureren B650-Boards. Als Extras bietet es neben einer Unterboden-RGB-LED-Beleuchtung unter anderem eine feste I/O-Blende. Das lästige Reinfummeln der sonst beiliegenden Metallblende ins Gehäuse entfällt dadurch. Für M.2-SSDs gibt es drei Steckplätze, einer davon arbeitet auch im PCIe-5.0-Modus. Mit solchen SSDs wären maximal 16 GByte/s Durchsatz möglich – wenn es sie denn gäbe.

SATA 6G wird in Chipsätzen immer seltener. Damit SATA-SSDs zusätzlich auch in M.2-Slots funktionieren, lötet der Hersteller für zwei der vier Ports einen Controller von Asmedia auf. An der Rückseite gibt ungewöhnlich viele, nämlich sechs USB-2.0-Ports. Superschnelles USB 3.2 Gen 2x2 mit 20 GBit/s liegt an der internen Buchse für USB-C-Frontanschlüsse an. USB 3.2 Gen 2 mit 10 GBit/s gibt es als Typ-A- und Typ-C-Buchse.

Bei der getesteten Firmware des Asrock B650 Pro RS hatte es ein Problem gegeben. Die integrierte GPU der Ryzen 7000 läuft mit BIOS-Versionen vor 1.10 mit maximal 600 MHz, weshalb die 3D-Performance nur ein Drittel des erwarteten Werts erreicht. Wir empfehlen deshalb ein Update auf die aktuelle Version 1.11.. Mit aktiviertem XMP-Profil für höhere Speichergeschwindigkeit verlängert sich die Bootdauer von 16 auf 40 Sekunden.

- **drei M.2-SSD-Slots**
- **schnelles USB mit 20 Gbit/s**
- **lange Bootdauer mit XMP**



Asus Prime B650M-A WIFI

Trotz eines Preises von 240 Euro gehört das Prime B650M-A WIFI zu den günstigsten AM5-Boards. Es bietet zwei M.2-Slots für NVMe-SSDs. Der zur CPU-Fassung nächstgelegene unterstützt PCI Express 5.0, obwohl diese Funktion beim B650-Chipsatz optional ist. Von den drei PEG-Slots eignet sich nur der oberste für Gaming-Grafikkarten. Die anderen beiden hängen nur über eine PCIe-4.0-Lane am Chipsatz und bremsen dadurch moderne GPUs aus.

Als Extra hat Asus das Board mit einem WLAN-Adapter ausgestattet. Der Realtek-Chip ist sowohl auf lange (197 Mbit/s) als auch auf kurze Entfernung (919 Mbit/s) nicht ganz so flott wie die WLAN-Module auf dem Gigabyte- und MSI-Board. Unter Ubuntu 22.10 funktionierte der Adapter mangels Kernel-Treiber nicht. Für betagte Beamer und Röhrenmonitore packt Asus einen VGA-Anschluss auf das AM5-Board.

Unter Volllast schluckt das Prime B650M-A WIFI satte 70 Watt mehr als die anderen Testkandidaten, obwohl Kernspannung und Performance identisch sind. Zudem heizte sich die Platinenoberfläche neben der CPU-Fassung auf über 120 Grad Celsius auf. Die Bootzeit fällt mit 17 Sekunden hingegen erfreulich kurz aus und verlängert sich auch nicht mit aktivem XMP-Profil für hohen Speichertakt.

- **kurze Bootdauer**
- **VGA- und PS/2-Anschluss**
- **hohe Leistungsaufnahme**



Gigabyte X670E Aorus Master

Das X670E Aorus Master von Gigabyte fällt nicht nur durch eine üppige Ausstattung, sondern auch wegen des großen E-ATX-Formats auf. Dadurch passt das Board nicht in jedes handelsübliche Midi-Tower-Gehäuse. Die große Platinenfläche ist nötig, um die vier M.2-Slots, drei PEG-Slots, zehn Lüfteranschlüsse und den X670E-Doppelchipsatz unterzubringen. PCI Express 5.0 liegt an den beiden M.2-Steckplätzen und dem Grafikkarten-Steckplatz nahe der CPU an. Zwei der sechs SATA-Ports funktionieren nur, wenn der unterste PEG-Slot frei bleibt. Dieser hängt aber eh nur über zwei PCIe-3.0-Lanes am Chipsatz.

In der fest angebrachten I/O-Blende sind zwei USB-C-Buchsen eingelassen, eine liefert Daten superschnell mit 20 Gbit/s, die andere kann Monitore im Alternate-Mode per DisplayPort ansteuern. Darüber hinaus bietet das X670E Aorus Master je 4 × USB-A mit 10 Gbit/s und 5 Gbit/s, die sich über einen Hub-Chip eine Leitung zum Chipsatz teilen. Das WLAN mit Intel-AX210-Chip ist auf weite Entfernung nicht ganz so schnell (261 Mbit/s) wie der Mediatek-Chip des MSI-Boards. Auf kurze Entfernung liegen beide mit hervorragenden 1,5 Gbit/s gleichauf. Die vielen Funktionen treiben aber nicht nur den Preis auf 540 Euro, sondern auch die Leistungsaufnahme nach oben. Mit aktivem XMP-Profil schluckt das System bei ruhendem Windows-Desktop fast 50 Watt.

- **vier M.2-SSD-Slots**
- **USB-C mit DisplayPort**
- **hohe Leistungsaufnahme**



MSI Pro B650-P WIFI

Beim MSI Pro B650-P WIFI fallen sofort die vier PEG-Slots für Grafikkarten ins Auge. Allerdings bekommt nur der oberste Steckplatz die vollen 16 PCI-Express-4.0-Lanes vom Prozessor. Die drei übrigen Slots hängen am Chipsatz, einer davon mit vier PCIe-4.0-Leitungen. Die übrigen zwei bekommen sogar nur eine einzelne PCIe-3.0-Signalleitung zum B650.

Mit sechs SATA-6G-Ports hebt sich das Pro B650-P WIFI ebenfalls von der Masse ab. Vier davon stellt jedoch nicht der Chipsatz, sondern ein Asmedia-Zusatzcontroller bereit. Das limitiert den Gesamtdurchsatz allerdings auf 1 GByte pro Sekunde, weil der SATA-Chip über eine PCIe-3.0-Lane angebunden ist. Der Wi-Fi-6E-Adapter RZ616 des MSI-Boards entstand in Zusammenarbeit von AMD und Mediatek. Auf 20 Meter Entfernung funkt er Daten sehr flott mit 427 Mbit/s. Auf kurze Entfernungen überträgt er sogar 1,5 GBit/s.

Die Herstellerangaben zur Geschwindigkeit der USB-Ports stimmen offensichtlich nicht: Die USB-C-Buchse an der I/O-Blende kann statt USB 3.2 Gen2x2 nur USB Gen 2 und erreicht deshalb lediglich das halbe Tempo von rund 1 GByte/s. Dafür liefern die beiden Frontanschlüsse am 19-poligen Pfostenstecker Daten doppelt so schnell wie angeben. Mit aktiviertem XMP-Speicherprofil wacht das B650-P WIFI nicht mehr aus dem Standby-Zustand auf.

- **schnelles WLAN**
- **sechs SATA-Ports**
- **USB-Angaben falsch**

AM5-Mainboards für Ryzen 7000: Technische Daten und Messwerte

Hersteller, Modell	Asrock B650 Pro RS	Asus Prime B650M-A WIFI
CPU-Fassung / Chipsatz	AM5 / B650	AM5 / B650
Format (Abmessungen)	ATX (305 mm × 244 mm)	Micro-ATX (244 mm × 244 mm)
SATA: Chipsatz / Zusatzchip	2 / Asmedia ASM1061 (2 × SATA 6G)	4 / n. v.
LAN-Chip (Eigenschaften)	Realtek RTL8125BG (PCIe; 2,5 Gbit/s)	Realtek RTL8125BG (PCIe; 2,5 Gbit/s)
WLAN-Chip (Eigenschaften)	n. v.	Realtek RTL8852BE (PCIe; Wi-Fi 6)
Audio-Chip (Eigenschaften)	ALC892 (HD Audio)	ALC897 (HD Audio)
USB-Chip(s) (Eigenschaften)	n. v.	n. v.
Fehlerdiagnose / Piepser	4 LEDs / n. v.	n. v. / n. v.
Speicher-Slots / max. RAM	4 / 128 GByte	4 / 128 GByte
Erweiterungs-Slots	2 × PEG (1 × PCIe 4.0 x16, 1 × PCI 3.0 x4), 1 × PCIe 4.0 x1	3 × PEG (1 × PCIe 4.0 x16, 2 × PCIe 4.0 x1)
M.2-Slots (Typ)	1 × M.2-2280 (PCIe 5.0 x4), 1 × M.2-2280/60 (PCIe 4.0 x4), 1 × M.2-2280/60/42 (PCIe 3.0 x2 / SATA 6G), 1 × M.2-2230 (PCIe x2 / USB)	1 × M.2-2280/60/42 (PCIe 5.0 x4), 1 × M.2-2280/60/42 (PCIe 4.0 x4)
interne Anschlüsse	4 × SATA 6G, 2 × USB 3.0 Typ A [1], 1 × USB 3.2 Gen 2x2 Typ C, 1,5 × USB 2.0 [1], 1 × HD-Audio, 1 × TPM, 4 × RGB-LED	4 × SATA 6G, 1 × USB 3.0 Typ A [1], 1 × USB 3.2 Gen 2 Typ C, 2 × USB 2.0 [1], 1 × RS-232, 1 × HD-Audio, 1 × TPM, 4 × RGB-LED
Lüfteranschlüsse	2 × CPU (4-Pin), 4 × Gehäuse (4-Pin)	2 × CPU (4-Pin), 3 × Gehäuse (4-Pin)
ATX-Anschlussfeld	1 × HDMI 2.1, 1 × DisplayPort 2.0, 3 × analog Audio, 1 × USB-A 10 Gbit/s, 1 × USB-C 10 Gbit/s, 2 × USB-A 5 Gbit/s, 6 × USB 2.0, 1 × LAN, 1 × BIOS-Flashback-Taster	1 × HDMI 2.1, 1 × DisplayPort 2.0, 1 × VGA, 3 × analog Audio, 2 × USB-A 10 Gbit/s, 2 × USB 5 Gbit/s, 4 × USB 2.0, 1 × LAN, 1 × PS/2, 1 × BIOS-Flashback-Taster, 2 × WLAN-Antenne
Lieferumfang	2 × SATA-Kabel, Handbuch	2 × SATA-Kabel, Handbuch, WLAN-Antennen, I/O-Blende
Elektrische Leistungsaufnahme, Datentransferraten		
Soft-Off (mit ErP) / Energie sparen	1,0 W (0,3 W) / 1,5 W	1,2 W (0,5 W) / 2,2 W
Leerlauf / mit XMP / Volllast	28 W / 28 W / 286 W	36 W / 40 W / 373 W
M.2-Slot [2] CPU: Lesen (Schreiben)	6825 (4860) MByte/s	6840 (4900) MByte/s
USB 20 / 10 / 5 Gbit/s: Lesen (Schreiben)	1995 (2129) / 992 (1013) / 423 (438) MByte/s	n. v. / 1094 (1087) / 423 (437) MByte/s
LAN: Empfangen (Senden)	297 (297) MByte/s	298 (297) MByte/s
WLAN 5 GHz: nah / 20 m	n. v.	919 / 197 Mbit/s
Funktionstests		
Secure-Boot ab- / CSM einschaltbar	✓ / ✓	✓ / –
Wake on LAN: Standby / Soft-off	✓ / ✓	✓ / ✓
USB: 5V in Soft-off / Wecken per USB-Tastatur aus: Standby (Soft-off)	✓ / ✓ (–)	✓ / ✓ (–)
Bootdauer bis Login (mit XMP)	16 s (40 s)	17 s (17 s)
4K-Parallelbetrieb (Anschlusstyp)	2 × 60 Hz (DP + HDMI)	2 × 60 Hz (DP + HDMI)
analog Mehrkanalton (Art) / 2. Audiostrom	✓ (7.1) / ✓	✓ (7.1) / –
Audio: Wiedergabe / Aufnahme	⊕⊕ / ○	⊕⊕ / ○
Lüfterregelung: CPU-Lüfter / Gehäuselüfter 3-Pin / 4-Pin	0 … 100 % / 0 … 12 V / 0 … 100 %	20 … 100 % / 0 … 12 V / 0 … 100 %
Linux-Kompatibilität mit Ubuntu 22.10		
3D Beschleunigung / Standby	✓ / ✓	✓ / ✓
W-LAN / Bluetooth	n. v. / n. v.	– / ✓
Audio / LAN	✓ / ✓ (r8169)	✓ / ✓ (r8169)
Leistungsaufnahme Leerlauf	30 W	39 W
Preis / Garantie	275 € / 36 Monate	240 € / 36 Monate

[1] je zwei Ports pro Stiftleiste [2] mit Samsung SSD 980 Pro [3] siehe Text [4] nur ohne XMP
✓ funktioniert – funktioniert nicht n. v. nicht vorhanden ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht

	Gigabyte X670E Aorus Master	MSI Pro B650-P WIFI
	AM5 / X670E	AM5 / B650
	E-ATX (305 mm × 270 mm)	ATX (305 mm × 244 mm)
	6 / n. v.	2 / Asmedia ASM1064 (4 × SATA 6G)
	Intel i225-V (PCIe; 2,5 Gbit/s)	Realtek RTL8125BG (PCIe; 2,5 Gbit/s)
	Intel AX210 (PCIe; Wi-Fi 6E)	Mediatek RZ616 (PCIe; Wi-Fi 6E)
	ALC1220 (HD Audio)	ALC897 (HD Audio)
	Genesys Logic GL850G (USB-Hub; 2 × USB 2.0), RTS5411 (USB-Hub; 4 × USB 5 Gbit/s)	ASM1074 (USB-Hub; 4 × USB 5 Gbit/s)
	4 LEDs, zwei Segmentanzeigen / n. v.	4 LEDs / n. v.
	4 / 128 GByte	4 / 128 GByte
	3 × PEG (1 × PCIe 5.0 x16, 1 × PCIe 4.0 x4, 1 × PCIe 3.0 x2)	4 × PEG (1 × PCIe 4.0 x16, 1 × PCIe 4.0 x4, 2 × PCIe 3.0 x1)
	2 × M.2-22110/80 (PCIe 5.0 x4), 2 × 22110/80 (PCIe 4.0 x4)	1 × M.2-22110/80 (PCIe 4.0 x4), 1 × M.2-2280/60 (PCIe 4.0 x4)
	6 × SATA 6G, 2 × USB 3.0 Typ A [1], 1 × USB 3.2 Gen 2 Typ C, 2 × USB 2.0 [1], 1 × HD-Audio, 1 × TPM, 5 × RGB-LED	6 × SATA 6G, 1 × USB 3.0 Typ A [1], 1 × USB 3.2 Gen 2 Typ C, 2 × USB 2.0 [1], 1 × HD-Audio, 1 × TPM, 4 × RGB-LED
	2 × CPU (4-Pin), 8 × Gehäuse (4-Pin)	1 × CPU (4-Pin), 1 × Wasserkühlung (4-Pin), 4 × Gehäuse (4-Pin)
	1 × HDMI 2.1, 1 × DisplayPort 2.0, 2 × analog Audio, 1 × SPDIF Out optisch, 1 × USB-C 20 Gbit/s, 1 × USB-C 10 Gbit/s inkl. DisplayPort, 4 × USB-A 10 Gbit/s, 4 × USB-A 5 Gbit/s, 2 × USB 2.0, 1 × LAN, 1 × BIOS-Flashback-Taster, 2 × WLAN-Antenne	1 × HDMI 2.1, 1 × DisplayPort 2.0, 6 × analog Audio, 1 × USB-C 10 Gbit/s, 3 × USB-A 10 Gbit/s, 4 × USB-A 5 Gbit/s, 1 × LAN, 1 × BIOS-Flashback-Taster, 2 × WLAN-Antenne
	4 × SATA-Kabel, Handbuch, WLAN-Antennen, Temperaturfühler	1 × SATA-Kabel, Kurzanleitung, WLAN-Antennen, I/O-Blende
	1,8 W (0,2 W) / 2,5 W	1,6 W (0,3 W) / 2,8 W
	43 W / 48 W / 305 W	29 W / 32 W / 314 W
	6882 (4879) MByte/s	6855 (4942) MByte/s
	2066 (2109) / 993 (1005) / 466 (470) MByte/s	1099 (1092)[3] / 992 (1016) / 465 (469) MByte/s
	297 (298) MByte/s	297 (298) MByte/s
	1521 / 261 Mbit/s	1549 / 427 Mbit/s
	✓ / ✓	✓ / ✓
	✓ / ✓	✓ / ✓ 4
	✓ / ✓ (–)	✓ / ✓ (–)
	22 s (22 s)	21 s (46 s)
	3 × 60 Hz (DP + HDMI + USB-C)	2 × 60 Hz (DP + HDMI)
	✓ (7.1) / ✓	✓ (7.1) / ✓
	⊕⊕ / ⊖	⊕⊕ / ○
	0 … 100 % / 0 … 12 V / 0 … 100 %	0 … 100 % / 0 … 12 V / 0 … 100 %
	✓ / ✓	✓ / ✓
	✓ (iwlwifi) / ✓	✓ (mt7921e) / ✓
	✓ / ✓ (igc)	✓ / ✓ (r8169)
	50 W	30 W
	540 € / 36 Monate	230 € / 36 Monate

Linux-Spezialitäten

Die Boards haben wir primär unter Windows 11 Version 22H2 getestet. Auffälligkeiten bezüglich der Treiber gab es dort nicht. Auf dem Windows-Installationsmedium sind für alle Ethernet-Chips der getesteten AM5-Boards passende Treiber vorhanden, sodass der Rest per Windows Update kommt oder die Sie anschließend von den Hersteller-Webseiten herunterladen können. Beiliegende DVDs gibt es nicht mehr, weil optische Laufwerke bei modernen Systemen nahezu ausgestorben sind.

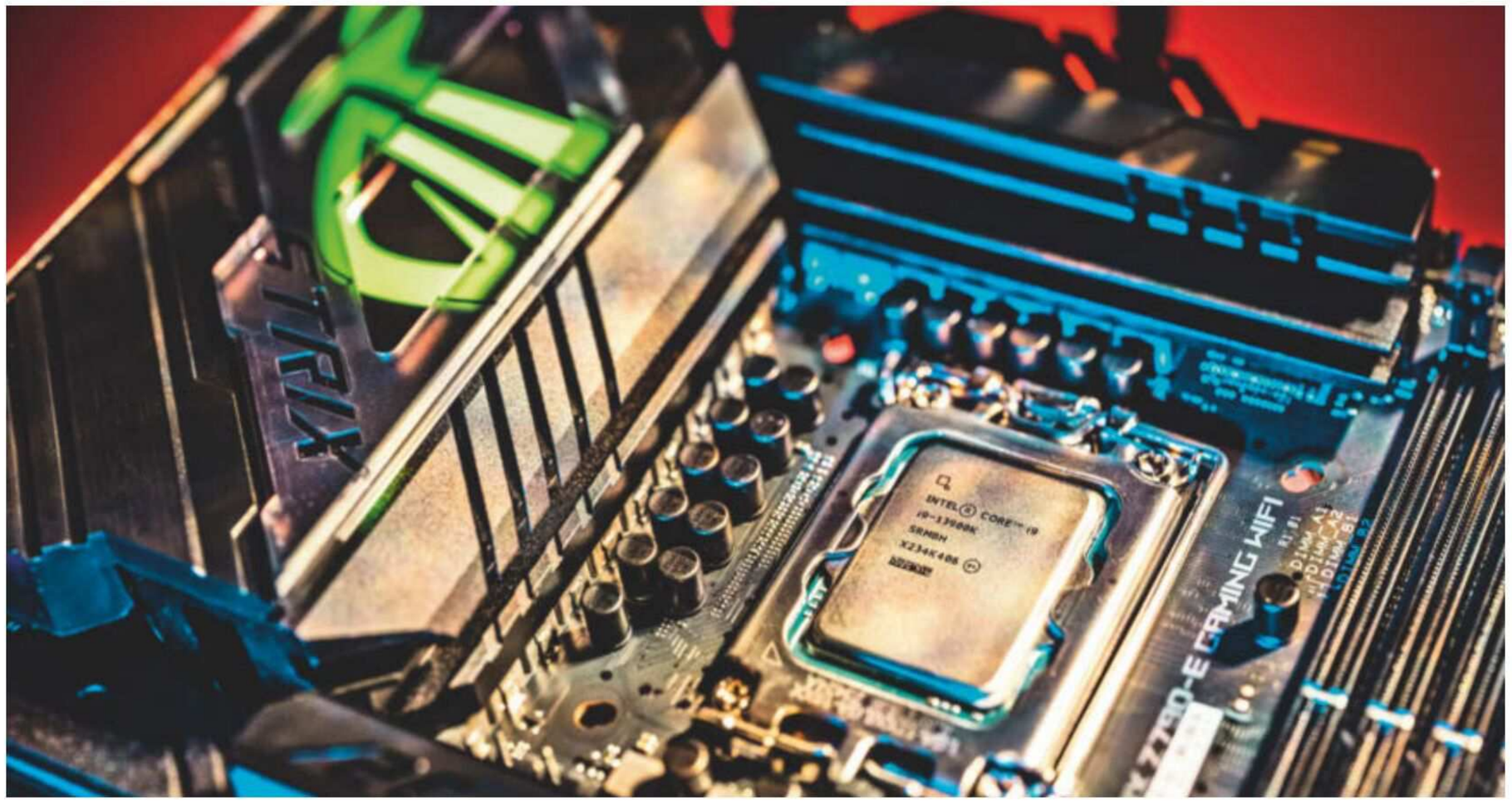
Unsere Linux-Tests haben wir mit der Beta-Version von Ubuntu 22.10 mit Kernel 5.19 durchgeführt, weil die Ryzen-7000-Prozessoren und die AM5-Plattform erst wenige Wochen jung sind. Bei älteren Kernel-Versionen ist der Boot-Parameter `nomodeset` notwendig, weil sonst die grafische Oberfläche nicht funktioniert.

Bis auf das nicht funktionierende Realtek-WLAN auf dem Asus-Board gab es unter Linux erfreulicherweise wenig Auffälliges. Die USB-C-Buchse am MSI Pro 650-P WiFi schafft nur schnarchlahmes USB-2.0-Tempo von 40 MByte/s anstelle der 1 GByte/s unter Windows 11. Warum das so ist, können wir uns nicht erklären. Die Leistungsaufnahme mit Ubuntu 22.10 lag bei allen Boards minimal über dem Windows-Wert.

Fazit

Mit den Ryzen 7000 und AM5-Mainboards legen Ausstattung und Schnittstellenangebot deutlich zu. Features, die vor wenigen Jahren High-End-Boards vorbehalten waren, finden sich nun auch bei solchen mit „B“-Chipsatz. Hier und da klemmt es noch, was wohl an den frühen BIOS-Versionen der sehr jungen Plattform liegt.

Das hohe Power-Budget der Spitzenprozessoren sowie die schnellen Schnittstellen fordern aber ihren Tribut: Sie treiben die Board-Preise und die Leerlaufleistungsaufnahme hoch. Gerade in der momentanen Situation steigender Energiekosten und knapper Kassen geht die Entwicklung in die völlig falsche Richtung. Unsere Empfehlung lautet deshalb, wenn es Ryzen 7000 sein soll, ein B650-Board und kein teures mit dem Doppelchipsatz X670(E) zu kaufen. In Bezug auf Preis und Energiebedarf ist Intels LGA1700-Plattform mit einem B660-Board und einer 65-Watt-CPU der Serien Core i-12000 und der ab Januar 2023 erhältlichen Core i-13000 für die allermeisten Anwender die bessere Wahl. (chh) c't



Intel Core i9-13900K und i5-13600K

Bei der dreizehnten Generation der Core-i-Prozessoren Raptor Lake treibt Intel die Hybridarchitektur weiter voran und verdoppelt die Zahl der Effizienzkerne. Im Duell mit dem AMD Ryzen 7000 sollen zudem höherer Takt und größere Caches helfen. Wir haben getestet, welche CPUs bei Preis, Leistung und Effizienz vorne liegen.

Von **Christian Hirsch**

AMD hat mit den Ryzen 7000 im heißen Hardware-Herbst 2022 vorgelegt: Feinerer Fertigungsprozess, beschleunigte Rechenwerke und höherer Takt sowie ein neuer Unterbau mit PCI Express 5.0 und DDR5-RAM. Die schnellere Schnittstelle sowie den neuen Speichertyp hatte Intel bereits 2021 bei den Vorgängerprozessoren Core-i-12000 Alder Lake eingeführt, weshalb sich der Chiphersteller bei den aktuellen Core i-13000 Raptor Lake darauf konzentriert hat, die Rechengeschwindigkeit weiter zu steigern.

Beim gestaffelten Start sind die übertaktbaren K-Modelle Core i9-13900K, Core i7-13700K und Core i5-13600K zuerst an der Reihe. Sie gibt es, wie die davon abgeleiteten KF-Typen ohne GPU, seit Ende Oktober zu kaufen. Für den Test haben wir vorab von Intel die 750 Euro teure Spitzenvariante Core i9-13900K mit 24 Kernen und bis zu 5,8 GHz Takt sowie den mit 400 Euro erschwinglicheren 14-Kerner Core i5-13600K erhalten. Später folgen günstigere Prozessorvarianten, vermutlich zur IT-Messe CES kurz nach dem Jahreswechsel 2022/23.

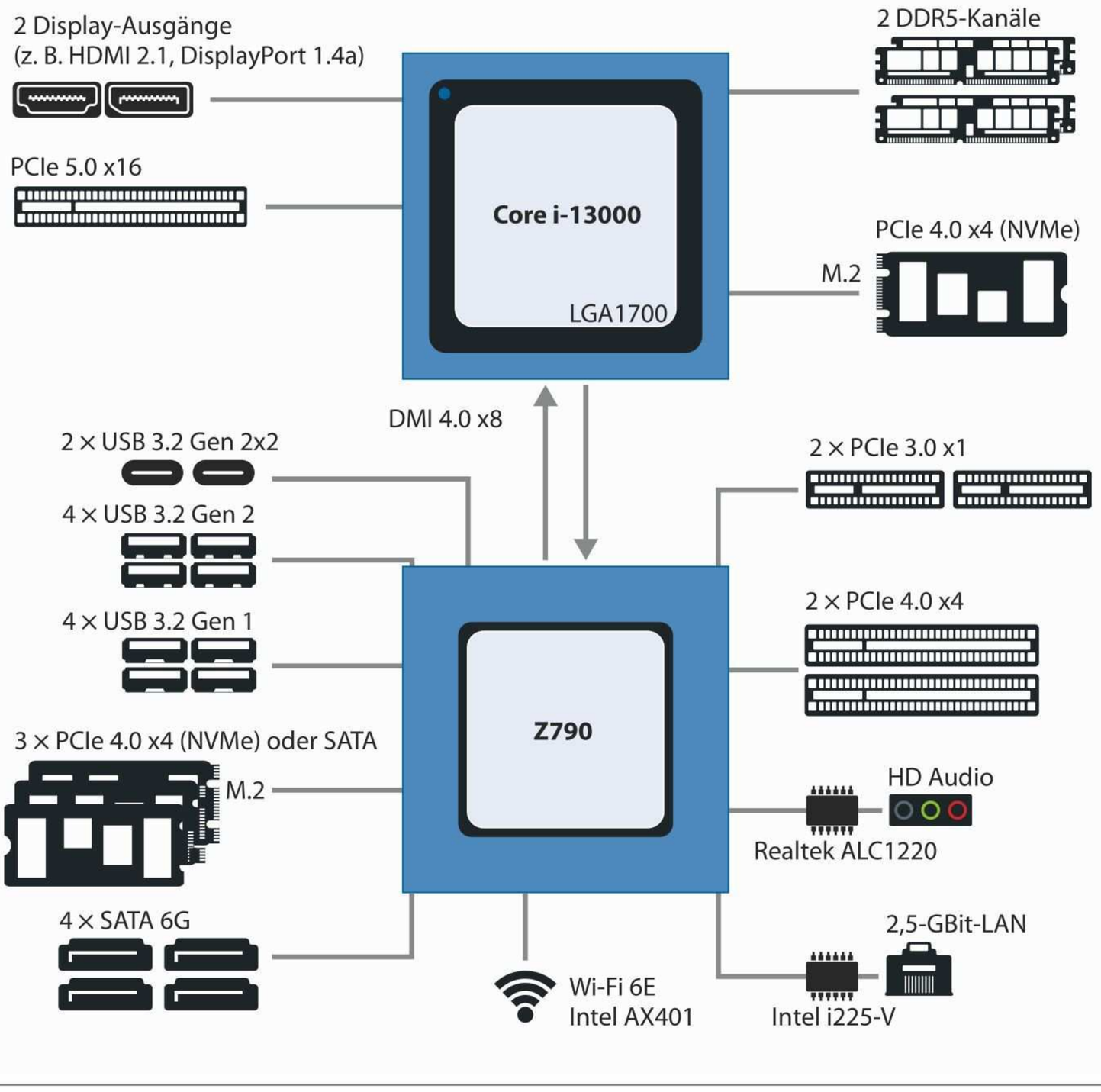
Mehr Cache, mehr Takt, mehr Kerne

Intel verspricht sowohl für die Performance eines einzelnen Kerns als auch unter Volllast auf allen Kernen Geschwindigkeitszuwächse im zweistelligen Prozentbereich. Ähnlich revolutionäre Änderungen wie im Vorjahr bei den Alder-Lake-Prozessoren gibt es jedoch nicht, als der Chiphersteller die CPU-Kerne mit mehr Ausführungseinheiten aufgebohrt hat und zu einer Hybrid-Architektur aus unterschiedlich leistungsfähigen Kernen wechselte [1].

Raptor Lake führt diesen Weg aber weiter: Der Core i9-13900K tritt mit 16 und damit doppelt so vielen Effizienzkernen (E-Cores) an wie der Vorgänger Core i9-12900K. Die Zahl der schnelleren, aber energiehungrigen Performance-Cores (P-Cores) bleibt unverändert bei acht. Weil letztere Simultaneous Multithreading können, wächst die Zahl der parallel ausgeführten Threads von 24 auf 32 und der Core i9-13900K zieht damit mit AMDs 16-Kernern Ryzen 9 5950X und 7950X gleich. Beim Core i7-13700K und Core i5-13600K mit acht beziehungsweise sechs P-Kernen aktiviert Intel lediglich acht E-Cores.

Typische Konfiguration eines Z790-Boards

Intel spendiert den Chipsätzen der Serie 700 mehr Leitungen für schnelles USB 3.2 Gen 2x2 und PCI Express 4.0. Bei den I/O-Funktionen der Core-i-13000-Prozessoren gibt es keine Änderungen zu den Vorgängern.



Die P-Kerne der Core i-13000 ordnet Intel einer neuen Architektur Raptor Cove zu. Die Unterschiede zu den Golden-Cove-Vorgängern sind aber marginal. Zusätzliche Recheneinheiten oder neue Funktionen gibt es nicht. Stattdessen wächst der Level-2-Cache pro P-Kern von 1,25 auf 2 MByte. Die E-Kerne mit der schwächeren, aber sparsameren Gracemont-Architektur sitzen weiterhin jeweils zu viert in einem Cluster. Bei diesen Quartetten hat Intel den gemeinsam genutzten L2-Cache ebenfalls von 2 auf 4 MByte aufgestockt.

Die Raptor-Cove-Kerne verwalten den L2-Cache besser als bisher. Mittels Machine-Learning-Algorithmen und Echtzeit-Telemetriedaten entscheidet die CPU abhängig von der Software, welche Daten vorab aus dem Arbeitsspeicher geladen werden. Zugleich erhöht Intel den von allen Prozessorbestandteilen genutzten Level-3-Cache auf bis zu 36 MByte und führt eine neue Caching-Strategie ein: Der Prozessor entscheidet dynamisch, ob Inhalte, die bereits im L2-Cache eines CPU-Kerns liegen, zusätzlich im L3-Cache vorgehalten werden oder nicht. Der Level-3-Cache der Core i-13000 kann also sowohl inklusiv als auch nichtinklusiv arbeiten.

Rund zwei Drittel des Zuwachses bei der Single-threading-Rechenleistung erzielt der Chiphersteller über den gesteigerten Takt: Die P-Kerne des Core i9-13900K arbeiten im Turbomodus mit bis zu 5,8 GHz, satte 600 MHz mehr als beim Core i9-12900K und 300 MHz mehr als beim Core i9-12900KS Special Edition. Das gelingt durch den weiter optimierten Fertigungsprozess Intel 7 (10 Nanometer). Die dritte Generation der SuperFin-Transistoren erhöht die Beweglichkeit der Ladungsträger im leitfähigen Kanal, sodass die Transistoren schneller schalten können. Angepasste Signalwege verkürzen die Speed Paths, welche die maximale Taktfrequenz limitieren.

Die Fertigungsverbesserungen sorgen für eine flachere Frequenz-Spannungs-Kurve. Laut Intel benötigen die Core i-13000-Prozessoren bei einem Takt von 5,2 GHz rund 50 Millivolt weniger Kernspannung als die Core i-12000. Alternativ schaffen die Raptor

Intel Core i-13000K: Raptor Lake, LGA1700, Intel-7-Fertigung

Prozessor	Kerne / Threads	Takt (Turbo): P- / E-Kerne	L3-Cache	Grafik	MTP	Preis
Core i9-13900K	8P + 16E / 32	3,0 (5,8) / 2,2 (4,3) GHz	36 MByte	UHD 770	253 W	749 €
Core i9-13900KF	8P + 16E / 32	3,0 (5,8) / 2,2 (4,3) GHz	36 MByte	–	253 W	715 €
Core i7-13700K	8P + 8E / 24	3,4 (5,4) / 2,5 (4,2) GHz	30 MByte	UHD 770	253 W	539 €
Core i7-13700KF	8P + 8E / 24	3,4 (5,4) / 2,5 (4,2) GHz	30 MByte	–	253 W	499 €
Core i5-13600K	6P + 8E / 20	3,5 (5,1) / 2,6 (3,9) GHz	24 MByte	UHD 770	181 W	399 €
Core i5-13600KF	6P + 8E / 20	3,5 (5,1) / 2,6 (3,9) GHz	24 MByte	–	181 W	369 €

MTP: Maximum Turbo Power

Intel Core i-13000K: Benchmarks und Leistungsaufnahme

Prozessor	Kerne / Threads	Takt / Turbo	Cinebench R23 1T [Punkte]	Cinebench R23 MT [Punkte]	Blender 3.2.2 Classroom [s]	Kcbench Linux 5.19.4-200 kompilieren [s]	Handbrake 1.51 1080p30 [fps]
			besser ▶	besser ▶	◀ besser	◀ besser	besser ▶
Core i9-13900K	8P+16E / 32	3,0 / 5,8 GHz	2177	38039	155	39	136
Ryzen 9 7950X	16 / 32	4,5 / 5,7 GHz	2068	38944	135	39	111
Core i9-12900K	8P+8E / 24	3,2 / 5,2 GHz	2033	27745	234	59	118
Core i5-13600K	6P+8E / 20	3,5 / 5,1 GHz	1955	23999	250	60	102
Ryzen 7 7700X	8 / 16	4,5 / 5,4 GHz	2008	20212	267	64	86
Ryzen 7 7600X	6 / 12	4,7 / 5,3 GHz	1965	15569	351	78	75
Core i5-12600K	6P+4E / 16	3,7 / 4,9 GHz	1918	17668	339	83	92

Testsystem: 32 GByte DDR5-RAM, integrierte Grafik, M.2-SSD Samsung 980 Pro 1 TByte; Core i-13000: DDR5-5600, Ryzen 7000: DDR5-5200, Core i-12000: DDR5-4800

[1] mit Radeon RX 6900XT

Lakes bei gleicher Spannung einen um 200 MHz höheren Takt. Bei den Desktop-Prozessoren setzt Intel diesen Gewinn ausschließlich in Takt um, wohl um die AMD Ryzen 7000 kontern zu können. Bei den noch für Dezember 2022 versprochenen ersten Mobilchips soll der Fokus stattdessen mehr auf Sparsamkeit liegen.

Schnelleres DDR5-RAM

Der Speichercontroller der Core i-13000 arbeitet ebenfalls schneller als bisher. Offiziell unterstützt Raptor Lake DDR5-5600 statt DDR5-4800. Das gilt allerdings nur für ein DIMM pro Kanal. Bei Vollbestückung mit je zwei Modulen pro Kanal garantiert der Chiphersteller DDR5-4400. Per Overclocking sind aber auch höhere Geschwindigkeiten möglich. Den DDR4-Teil hat Intel nicht angetastet, hier bleibt es bei DDR4-3200. LGA1700-Prozessoren können zwar beide Speichertypen ansteuern, beim Mainboard gilt aber nur „entweder … oder“. Derzeit beträgt der Aufpreis für DDR5-RAM im Vergleich zu DDR4 etwa 50 Prozent.

Auch die Kommunikation innerhalb des Prozessors erfolgt nun schneller. Der Ringbus, den Intel auch als Compute Fabric bezeichnet, verknüpft alle CPU-Bestandteile, darunter Kerne, GPU, I/O-Blöcke und die Videoeinheiten. In der Taktdomäne des Compute Fabrics liegt auch der L3-Cache. Diese läuft nun mit bis zu 5,0 GHz – 900 MHz mehr als bisher.

Wegen der zusätzlichen Transistoren für die hinzugekommenen E-Kerne und den größeren Caches wächst die Fläche des Halbleiter-Die von rund 209 auf 257 Quadratmillimeter. Das entspricht einem Plus von 20 Prozent. Im Unterschied zu den Ryzen 7000 verwendet Intel weiterhin ein monolithisches Halbleiter-Die. Ein modularer Aufbau wie bei AMD soll erst in der nächsten Generation „Meteor Lake“ kommen, die aus vier Tiles (Chiplets) besteht.

Ein bisschen mehr PCIe und USB

Die Neuerungen bei der Plattform halten sich in Grenzen. Es kommt die gleiche Fassung LGA1700 wie bei den Alder-Lake-CPUs zum Einsatz. Die Core i-13000 laufen deshalb sowohl auf den parallel vorgestellten Z790- als auch nach einem BIOS-Update auf bisherigen Serie-600-Boards.

Z790- und Z690-Chipsatz unterscheiden sich lediglich bei PCI Express und USB. Von den jeweils 28 PCIe-Lanes arbeiten nun 20 im PCIe-4.0- und 8 im PCIe-3.0-Modus. Bisher war die Verteilung 12 × PCIe 4.0 und 16 × 3.0. Der Prozessor selbst stellt 16 PCIe-5.0-Lanes für die Grafikkarte und 4 PCIe-4.0-Leitungen für eine M.2-SSD bereit. Zwischen CPU und Chipsatz fließen die Daten über acht DMI-4.0-Lanes.

Die Zahl der USB-3.x-Leitungen bleibt unverändert bei zehn. Statt bisher acht können die Board-Hersteller nun jedoch alle zehn paarweise zu fünf USB-3.2-Gen-2x2-Ports mit 20 Gbit/s zusammenfassen, auch wenn in der Praxis wohl kein Board so konfiguriert wird.

Enger Zweikampf mit Ryzen 7000

Laut Intel sollen die Verbesserungen bei Takt, Cache und Speicher-Controller die Singlethreading-Performance beim Core i9-13900K um 15 Prozent steigern. Zusammen mit den zusätzlichen E-Cores verspricht der Hersteller eine um 41 Prozent höhere Leistung als beim Vorgänger Core i9-12900K. In der Tat überrascht die 13. Core-i-Generation mit deutlichen Geschwindigkeitszuwächsen, obwohl es an der Architektur und am Fertigungsprozess nur kleine Verbesserungen gab.

In der Multithreading-Wertung des Rendering-Benchmarks Cinebench R23 zieht der 8P+16E-Kerner Core i9-13900K mit dem 16-Kerner Ryzen 9 7950X gleich. Beide schaffen über 38.000 Punkte, wobei der AMD-Prozessor knapp die Nase vorn hat. Im Vergleich zum Core i9-12900K, der acht Effizienz-Kerne weniger hat, rechnet das neue Intel Spitzenmodell 37 Prozent schneller.

Dieses Performance-Plus macht sich auch in anderen Anwendungen bemerkbar, die von vielen Kernen profitieren. Fürs Kompilieren des Linux-Kernels benötigen Core i9 und der Ryzen 9 jeweils 39 Sekunden.

	Sysmark 25 [Punkte]	Shadow of the Tomb Raider, 1080p, high[1] [fps]	Effizienz [CB/W]	Preis/Leistung [CB/€]	Leistungsaufnahme Leerlauf / Volllast [W]
	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	◀ besser
	1976	239	107	51	46/379
	2249	255	126	46	41/298
	2033	221	87	45	32/345
	1892	216	108	60	39/271
	2250	240	104	43	39/217
	2149	224	90	43	40/193
	1939	200	106	54	30/207

Das sind 20 Sekunden weniger als beim Vorgänger, der in dieser Disziplin sogar fast vom Core i5-13600K mit zwei Performancekernen weniger eingeholt wird.

In Anwendungen offenbaren sich hingegen Unterschiede. Die Classroom-Szene rendert der Ryzen 9 7950X in Blender 15 Prozent schneller. Vermutlich liegt das an der Architektur: Die AMD-CPU hat 16 Zen-4-Kerne, die pro Taktzyklus jeweils zwei 256-bittige FMA-Befehle durchschieben können (siehe S. 60). Beim Core i9-13900K können dies nur die acht starken Raptor-Cove-Kerne, während die 16 auf Effizienz getrimmten Gracemont-Cores nur einen Befehl pro Takt abarbeiten und 1,5 GHz niedriger takten.

Beim Videokodieren kehrt sich das Bild um: In Handbrake holt der Core i9-13900K einen Vorsprung von 23 Prozent zum Ryzen 9 7950X und 15 Prozent zum Core i9-12900K heraus. Hier macht sich der große L2-Cache der Core i-13000 und der im Vergleich zu Zen 4 höhere Speichertakt (DDR5-5600 zu DDR5-5200) bezahlt.



Die 1700 Kontaktflächen auf der Unterseite des Prozessor-Packages dienen zur Spannungsversorgung sowie für PCI-Express- und Speicherdatenleitungen. Damit sind die Core-i-13000 kompatibel zu Mainboards mit Serie-600- und -700-Chipsätzen.

Zweiter Sieger bei Spielen

Nutzt eine Anwendung nur einen Kern, kann sich die Raptor-Lake-CPU dank der bis zu 5,8 GHz schnellen Performancekerne absetzen. Mit 2166 Punkten im Cinebench R23 setzt der Core i9-13900K eine neue Bestmarke und ist fünf Prozent schneller als der Ryzen 9 7950X. Beim Office-Benchmark Sysmark 25 verpufft dieser Zuwachs aber völlig. Stattdessen schneiden beide Core-i-13000-CPUs sogar schlechter ab als die jeweiligen Vorgänger und die Ryzen 7000 ziehen vorbei.

Das betrifft vor allem die Sysmark-Teilwertungen für Productivity und Responsiveness, die Textverarbeitung, Tabellenkalkulation, das Erstellen von Präsentationen mit Microsoft Office sowie Dateioperationen und Programmstarts umfassen. Testweise haben wir die E-Kerne deaktiviert, wodurch sich das Ergebnis um fünf Prozent verbesserte. Hier scheint es auch mit dem aktuellen Windows 11 Version 22H2 Probleme mit dem Windows-Scheduler zu geben.

Dass es bei 3D-Spielen für Intels 13. Core-i-Generation schwer wird, hat Intel bei der Produktpräsentation selbst eingestehen müssen. In der Präsentation lag der Ryzen 7 5800X3D, noch mit Zen-3-Technik aber extragroßem Level-3-Cache, bei manchen Titeln gleichauf oder vorne. Bei Shadow of the Tomb Raider mit einer Radeon RX 6900 XT kann sich der Core i9-13900K nicht einmal gegen den Achtkerner Ryzen 7 7700X behaupten. Gegenüber AMDs Topmodell fällt die Bildrate um rund sechs Prozent geringer aus. Hier macht sich unter anderem der mit 64 MByte fast doppelt so große L3-Cache des Ryzen-Prozessors bemerkbar.

Wohl als vorauseilende Reaktion hat Intel für den Jahreswechsel den noch schnelleren, aber auf kleine Stückzahlen limitierten Core i9-13900KS Special Edition angekündigt, bei dem der Chiphersteller den Turbotakt auf 6 GHz prügelt. AMD hat seinerseits mit den 2023 geplanten Ryzen 7000X3D einen Konter parat.

Für die integrierte GPU der Raptor-Lake-Prozessoren verwendet Intel die UHD-770-Grafik der Vorläufer unverändert weiter. Lediglich die Taktfrequenz klettert geringfügig von 1,55 auf 1,65 GHz. Im 3D-Mark Firestrike ergibt das 2800 statt 2645 Punkte. Aber auch damit ist sie viel zu lahm für 3D-Spiele. Die GPU entlastet die CPU-Kerne bei zahlreichen Videoformaten wie VP9 und AV1 und kann vier Displays gleichzeitig ansteuern. Allerdings bietet nur ein knappes Dutzend Boards so viele Anschlüsse.

Das Preis-Leistungs-Duell gegen den Ryzen 9 7950X entscheidet der Core i9-13900K für sich, weil die AMD-CPU bei Redaktionsschluss 40 Euro mehr kostete. Noch klarer sieht es beim 6P+8E-Kerner Core

i5-13600K aus. Die 400-Euro-CPU muss sich im Sysmark und in Spielen zwar ebenfalls den Ryzen 7000 geschlagen geben, in allen anderen Anwendungen lässt er jedoch den 50 Euro teureren Achtkerner Ryzen 7 7700X hinter sich.

Berücksichtigt man die Gesamtkosten des Systems, schwingt das Pendel momentan noch stärker in Richtung Intel, denn bei Ryzen 7000 sind für das preiswerteste AM5-Mainboard mindestens 200 Euro fällig und im Unterschied zur LGA1700-Plattform ist bei AMD das 50 Prozent teurere DDR5-RAM Pflicht.

Noch höheres Power-Limit

Bei der Leistungsaufnahme bewegen sich beide CPU-Hersteller in die falsche Richtung. Nachdem AMD bei den Ryzen 7000 das Maximum von 142 auf 230 Watt hochdrehte, zieht Intel nach und spezifiziert den Core i9-13900K mit einem Power-Limit von 253 Watt. Beim Core i9-12900K war noch bei 241 Watt Schluss. Die 253 Watt darf der Raptor-Lake-Prozessor dauerhaft schlucken, auch wenn es nur wenige Luftkühler gibt, die solch eine Wärmemenge im Zaum halten. Der Core i9-13600K tritt im Vergleich dazu mit fast annehmbaren 181 Watt an, sein Vorgänger riegelte noch bei 150 Watt ab.

In der Effizienz führt der Ryzen 9 7950X mit 126 Cinebench-Punkten pro Watt. Die Core i-13000-CPUs benötigen vermutlich wegen des gröberen Fertigungsprozesses rund 18 Prozent mehr Energie für die gleiche Performance. Eine generelle Einordnung ist jedoch schwierig, denn die Effizienz hängt zum Großteil von der TDP-Klasse ab. Beispielsweise schneidet der Sechskerner Ryzen 7 7600X mit seinem großem thermischen Budget von 142 Watt Power-Limit wesentlich schlechter ab als die anderen Ryzen 7000.

Testweise haben wir den Core i9-13900K mit der TDP des Core i5-13600K von 181 Watt betrieben, wodurch er im Rendering-Benchmark Cinebench lediglich 8 Prozent Leistung verliert. Mit seiner Processor Base Power von 125 Watt, also halbem Energiebudget, rechnet er 21 Prozent langsamer. Das zeigt, dass die Hersteller ihre CPUs weit außerhalb des rationalen Bereichs der Frequenz-Spannungs-Kurve betreiben, nur um möglichst lange Benchmark-Balken im Zweikampf zu erzielen.

Fazit

Es ist überraschend, wie viel zusätzliche Performance Intel aus den Raptor-Lake-Prozessoren allein durch Detailverbesserungen herausholt. Im Spitzenduell des Core i9-13900K gegen den Ryzen 7 7950X gibt es keinen klaren Sieger. Bei der Leistungsaufnahme übertreiben es aber beide Hersteller. Der Käufer steht hier nach dem Marketing nur an zweiter Stelle, denn die hohen Power-Limits treiben die Kosten der gesamten Plattform nach oben, weil stärkere Netzteile, größere Kühler und teurere Mainboards nötig sind. Der erschwinglichere Core i5-13600K zeigt hingegen mit seinem attraktiven Preis-Leistungs-Verhältnis, wie es besser geht. Deshalb lautet unser Rat, auf die günstigeren Core-i-13000-Varianten zu warten, die sich obendrein leichter kühlen lassen. (chh) c't

Literatur

[1] Christian Hirsch, **Das Imperium schlägt zurück**, Intel Core i9-12900K und Core i5-12600K für Desktop-Rechner, c't 25/2021, S. 84

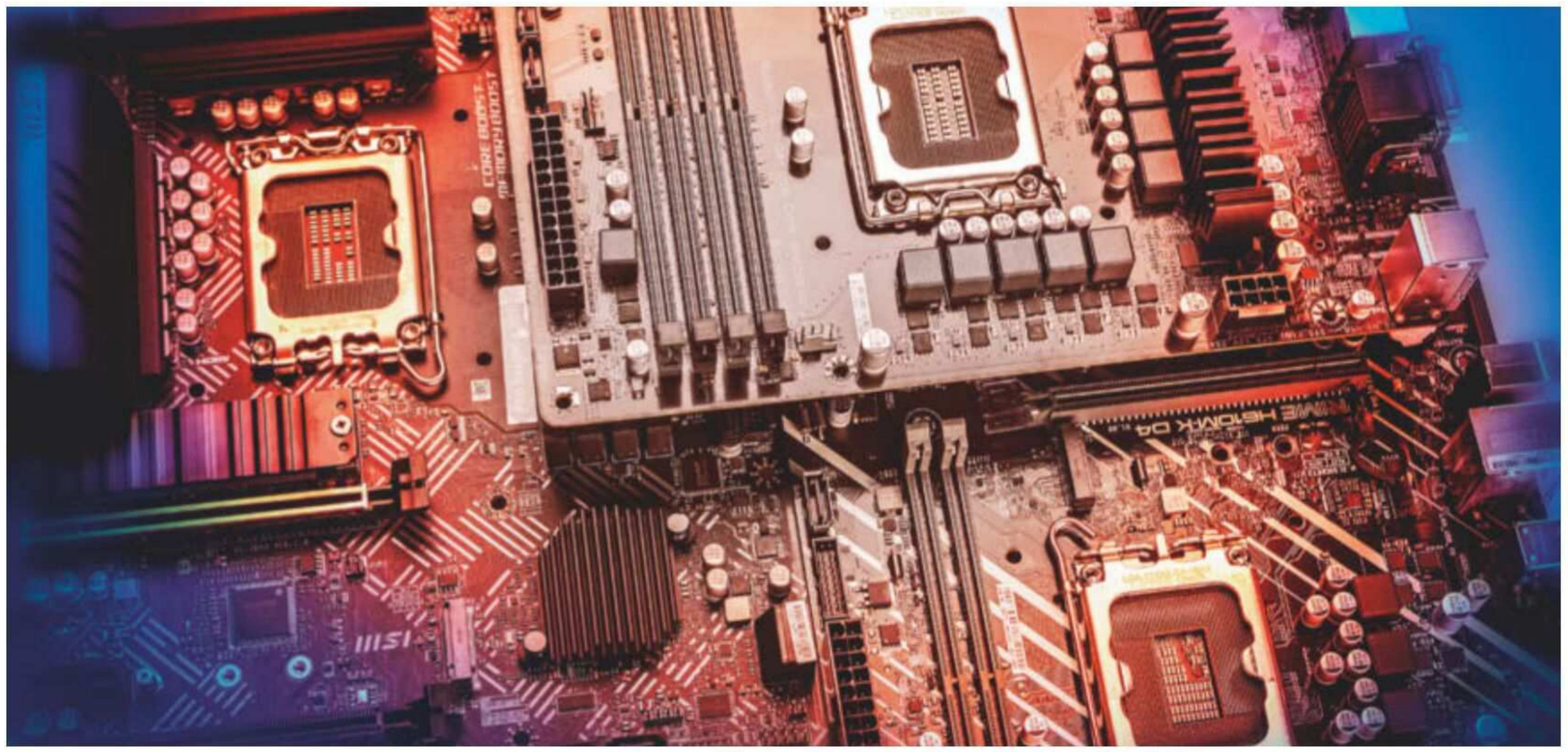
Es gibt 10 Arten von Menschen.
iX-Leser und die anderen.



Jetzt Mini-Abo testen:
3 Hefte + Tastatur nur **19,35 €**

www.iX.de/testen

www.iX.de/testen
49 (0)541 800 09 120
leserservice@heise.de
MAGAZIN FÜR PROFESSIONELLE INFORMATIONSTECHNIK



Preiswerte LGA1700-Mainboards

Für die zwölfte Generation der Core-i-Prozessoren gibt es die drei Chipsätze H610, B660 und H670 für Mainboards ohne viel Bling-Bling. Unser Test bestätigt, dass die Boards bis zu vier 4K-Displays ansteuern, was sie in Zeiten teurer Grafikkarten besonders attraktiv macht.

Von **Christian Hirsch**

Die Core-i-12000-CPUs „Alder Lake“ brachte Intel nicht auf einen Schlag in den Handel, sondern beschränkte sich im Herbst 2021 zunächst auf die High-End-Varianten für Übertakter. Gleiches galt für die Chipsätze, denn es gab zunächst nur LGA1700-Mainboards mit der teuersten Variante Z690. Für die allermeisten Nutzer sind hingegen die preiswerteren Alder-Lake-CPUs der Serien Core i3- und i5-12000 mit vier und sechs Kernen sowie die beiden Dual-Cores Celeron G6900 und Pentium Gold G7400 attraktiver. Diese Core i-12000 mit bis zu 65 Watt „Processor Base Power“ (ehemals TDP, Thermal Design Power) gibt es seit Jahresanfang 2022 zu kaufen und sie eignen sich dank hoher Singlethreading-Leistung nicht nur für Office-, sondern auch für Gaming-PCs [1].

Dazu passende, günstigere LGA1700-Boards mit H610-, B660- oder H670-Chipsatz hat Intel zur gleichen Zeit vom Stapel gelassen. Für den Test haben wir uns das zum Auswahlzeitpunkt jeweils billigste Core-i-12000-Board mit H610-, B660- und H670-Chipsatz herausgesucht und das Testfeld um ein etwas teureres B660-Board ergänzt.

Günstigstes Board ist das Asus Prime H610M-K D4 für 108 Euro, den mittleren Preisbereich decken das Gigabyte B660M DS3H DDR4 und das MSI Pro

B660M-A DDR4 für 115 beziehungsweise 158 Euro ab. Das Mini-ITX-Board Asrock H670M-ITX/ax für 205 Euro begrenzt das Testfeld nach oben hin. Weil DDR5-RAM immer noch 50 Prozent mehr kostet als DDR4-Speicher, haben wir uns auf Boards für die günstigere Speichertechnik beschränkt.

Zur Ausstattung der vier getesteten Boards zählen jeweils mindestens ein PEG-Slot, ein M.2-Steckplatz für schnelle NVMe-SSDs mit PCIe-Interface und vier SATA-Ports, um außer SSDs auch Festplatten oder optische Laufwerke anschließen zu können. Mit Ausnahme des billigsten Modells von Asus haben die Boards Multigigabit-Ethernet mit 2,5 Gbit/s. Mit zwei beziehungsweise vier DIMM-Slots sind maximal 64 beziehungsweise 128 GByte Arbeitsspeicher möglich.

Damit decken die Alder-Lake-Boards ein breites Spektrum ab. Denkbar ist der Einsatz in einer günstigen Surfstation, als Office-PC, der auch für anspruchsvollere Aufgaben wie Bildbearbeitung oder Software-Entwicklung taugt, oder mit einer Grafikkarte als Gaming-Maschine. Zudem lässt sich mit den Boards auch ein Heimserver bauen, sofern man auf Profi-Features wie ECC-RAM und Hardware-Fernwartung wie IPMI verzichtet. Diese Funktionen behält Intel den Xeon-Varianten von Alder Lake und den dazugehörigen Server-Chipsätzen der C-Serie vor, die aber wohl erst in einigen Monaten kommen.

Schnelleres PCI Express

Für die verschiedenen Chipsätze der Serie 600 fertigt Intel nur ein einziges Halbleiter-Die in 14-Nanometer-Technik und schaltet jeweils unterschiedliche Funktionen frei. Das betrifft unter anderem die Zahl der PCI-Express-Lanes sowie der USB- und der SATA-Ports [2]. B660 und H670 ähneln sich bei den Funktionen stark. Sie stellen im Unterschied zu den Vorgängern nun PCIe-4.0-Lanes bereit, um beispielsweise mehrere schnelle M.2-SSDs anzubinden. Von den USB-Ports können bis zu zwei im USB 3.2-Gen-2x2-Modus mit 20 Gbit/s arbeiten.

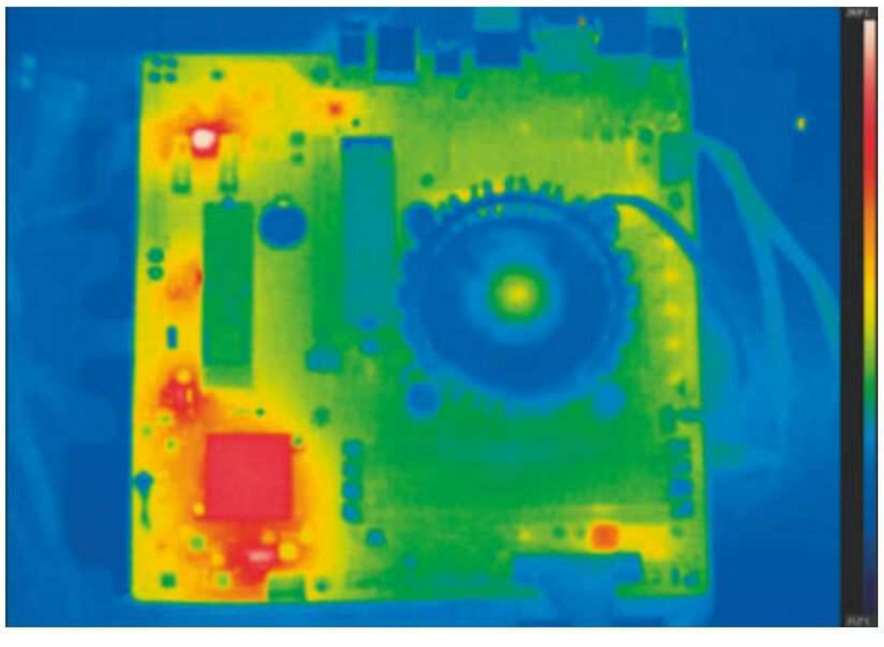
Während der B660 nur mit vier DMI-4.0-Lanes am Prozessor hängt, können die Daten beim H670 über doppelt so viele Leitungen mit bis zu 16 GByte/s fließen. In der Praxis konnten wir aber keinen Geschwindigkeitsunterschied zwischen B660 und H670 mit einer am Chipsatz angebundenen PCIe-4.0-x4-SSD messen. Sie erreichte jeweils ihr volles Tempo von rund 6,6 GByte/s.

Der H610 ist hingegen enorm abgespeckt. Er darf selbst nur PCIe 3.0 sprechen und für USB ist bei 10 Gbit/s Schluss. Zusätzlich beschränkt Intel bei H610-Boards auch die Fähigkeiten des Prozessors. So lassen sich maximal drei der vier möglichen Display-Anschlüsse nutzen, es ist nur ein DIMM-Slot pro Speicherkanal erlaubt und die vier PCIe-4.0-Lanes der CPU fallen weg.

Bei der Recherche für diesen Artikel ist uns aufgefallen, dass bei vielen Boards die Hersteller nur PCI Express 4.0 als Schnittstelle für den PEG-Slot angeben, obwohl alle Alder-Lake-Prozessoren einschließlich des billigsten Celeron G6900 PCI Express 5.0 können sollen. Das trifft auf drei der vier Testkandidaten zu. Erst bei Boards ab rund 160 Euro arbeitet der Grafikkartensteckplatz im PCIe-5.0-Modus. Prüfen können wir das nicht, weil es noch keine PCIe-5.0-Grafikkarten und -SSDs zu kaufen gibt.

Vermutlich sind die Anforderungen an die Qualität des Platinenmaterials bei PCIe 5.0 höher, da für die neue Schnittstellenvariante strengere Vorgaben für elektrische Eigenschaften wie Dämpfung und Widerstand gelten. In einer Stichprobe ermittelten wir, dass Boards mit PCIe 5.0 eine Platine mit mindestens sechs Kupferschichten (6 Layer) verwenden, während die günstigeren mit PCIe 4.0 hauptsächlich preiswertere 4-Layer-Leiterplatten nutzen.

Im Vergleich zu den Vorgängern, aber auch zu AM4-Mainboards für AMD Ryzen kosten die Serie-600-Boards rund 20 bis 30 Euro mehr. Sparsam ausgestattete H610-Boards gibt es ab 85 Euro, während die H510-Vorgänger bei 65 Euro starten. Gerüchte sprechen davon, dass die größere CPU-Fassung LGA1700 teurer ist als die vorher verwendete LGA1200. Gleiches gilt wohl auch für die Spannungswandlerbauteile, die bei Alder Lake nun die Intel-Vorgabe IMPV9.1 erfüllen müssen.



Im Leerlauf verheizt der Leitungsverstärker für die RS-232-Schnittstelle (hellroter Punkt oben links) auf dem Gigabyte B660M DS3H unnötig Strom. Auch das Abschalten der seriellen Schnittstelle im BIOS-Setup ändert daran nichts.

Dauerbrenner Power-Limits

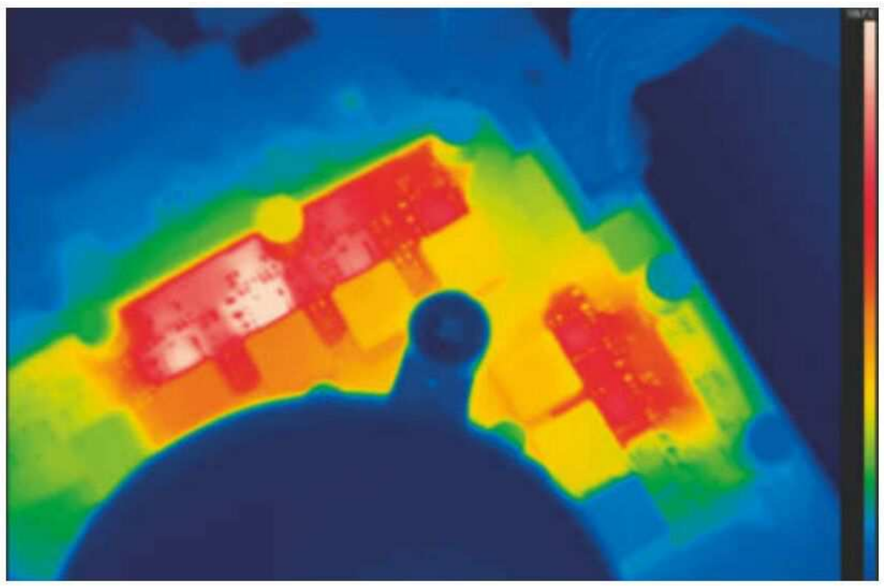
Inzwischen wird das Thema Power-Limits leider zur dauerhaften Rubrik bei unseren Intel-Board-Tests. Die Board-Hersteller betreiben Core-i-CPUs mit fehlerhaften Vorgaben, sodass sie unter Last mehr Energie als zulässig schlucken. Das sorgt nicht nur für eine höhere Stromrechnung, sondern belastet auch Netzteil und Kühler stärker, wodurch der Rechner lauter wird. Mit der schnellsten Alder-Lake-CPU Core i9-12900K passen die Werte mit Ausnahme des MSI-Boards, das statt 241 Watt fürs Turbofenster und anschließend 125 Watt dauerhafte 255 Watt einstellt.

Die Spannungswandler auf dem Asus Prime H610M-K D4 und dem Gigabyte B660M DS3H DDR4 sind bereits mit den Intel-Vorgaben für den Core i9-12900K überfordert. Sie überhitzen, sodass die CPU in einem ständigen Auf und Ab ihren Takt drosselt und wieder erhöht. Vermutlich liegt das daran, dass im Unterschied zum Asrock H670M-ITX/ax und MSI Pro B660M-A DDR4 keine Kühlkörper auf den Wandlern sitzen. Im Rendering-Benchmark Cinebench R23 rechnen das Asus- und das Gigabyte-Board deshalb um zwei beziehungsweise fünf Prozent langsamer.

Testweise haben wir außerdem den Core i5-12600K eingebaut. Alle Boards stellen statt des von Intel empfohlenen Power-Limits 2 von 150 Watt den viel höheren Wert des Core i9-12900K von 241 Watt ein. Auch damit drosseln die Boards von Asus und Gigabyte. Mit Intel-Vorgabe passiert das hingegen nicht. Wir empfehlen deshalb bei allen Serie-600-Boards grundsätzlich immer die Power Limits im BIOS zu kontrollieren und sie gegebenenfalls auf die korrekten Werte einzustellen [3].

Bei den Lüfterregelungen machen die Hersteller dagegen inzwischen alles richtig. PWM-Lüfter mit 4-Pin-Anschluss regeln sie an den CPU-Fan- und Gehäuselüfteranschlüssen über den gesamten Bereich des Tastverhältnis von 0 bis 100 Prozent. Lediglich das Asus Prime H610M-K D4 beginnt erst bei 20 Prozent, was in der Praxis aber keine Auswirkungen hat, weil die meisten Lüfter auf CPU-Kühlern erst ab 30 Prozent ihre Drehzahl erhöhen.

Die Boards von Asrock und MSI erkennen bei den Gehäuselüfteranschlüssen im Unterschied zu denen von Asus und Gigabyte nicht automatisch, ob ein PWM-gesteuerter 4-Pin-Lüfter oder ein spannungsgeregelter 3-Pin-Lüfter angeschlossen ist. In diesem Fall muss man im BIOS-Setup den Lüftertyp von Hand umstellen, damit der Rechner nicht unnötig laut ist.



Bereits nach rund 20 Sekunden Volllast haben sich die Spannungswandler auf dem Asus Prime H610M-K D4 auf über 125 Grad Celsius aufgeheizt. Das Board zieht die Notbremse und der Core i9-12900K drosselt seine Geschwindigkeit.

Linux-Besonderheiten

Zusätzlich zu Windows 11 haben wir die Mainboards auch mit Ubuntu Linux 21.10 getestet. Die Xe-Grafik der Core i-12000 wird mit dem dort eingesetzten Kernel 5.13 noch nicht optimal unterstützt. Mit dem Bootparameter `i915.force_probe=4680` lässt sich das aber erzwingen. Erst beim Kernel 5.16 ist der passende Treiber selbsttätig aktiv.

Die Leistungsaufnahme der Mainboards bewegt sich auf identischem Niveau wie unter Windows 11. Das gilt sowohl für die nicht optimierten Herstellereinstellungen als auch für unsere Verbesserungen mit eingeschalteten CPU-C-States und den Energiesparoptionen durch den Kommandozeilenbefehl `powertop --auto-tune`.

Auffälligkeiten gab es beim Asrock H670M-ITX/ax und dem Gigabyte B660M DS3H. Der moderne Intel-WLAN-Adapter AX211 des Asrock-Boards funkt erst ab dem Kernel 5.16.6, dann aber auch nur im Wi-Fi-6-Modus und nicht mit Wi-Fi 6E. Zudem erreichte die schnelle USB-C-Buchse mit USB 3.2 Gen 2x2 unter Ubuntu 21.10 mit rund 1 GByte/s nur die Hälfte des Durchsatzes unter Windows 11. Das Gigabyte B660M DS3H ließ sich zwar in den Suspend-Zustand versetzen, direkt nach dem Aufwachen bleibt das System aber mit einem dunklen Bildschirm hängen. Vermutlich liegt das an einem Firmware-Fehler, denn die anderen Boards mit sehr ähnlicher Ausstattung haben dieses Problem nicht. Mit der Bootoption `noapic` als Workaround funktioniert das Aufwachen.

Fazit

Grundsätzlich sind alle vier getesteten Boards für den Bau eines Alder-Lake-Systems geeignet. Instabilitäten oder größere Probleme zeigte zwar keines,

Literatur

[1] Christian Hirsch, **Comeback gelungen**, Günstige Core-i-12000-CPUs mit zwei, vier und sechs Kernen, c't 4/2022 S. 94

[2] Christian Hirsch, **Premiumbretter**, Z690-Mainboards für leistungsstarke Core i-12000-Systeme, c't 3/2022, S. 82

[3] Christian Hirsch, **Power Limits für Core i-12000**, c't 4/2022, S. 176

LGA1700-Mainboards für Core i-12000: technische Daten und Messwerte

Hersteller, Modell	Asrock H670M-ITX/ax	Asus Prime H610M-K D4	Gigabyte B660M DS3H DDR4	MSI Pro B660M-A DDR4
CPU-Fassung / Chipsatz	LGA1700 / H670	LGA1700 / H610	LGA1700 / B660	LGA1700 / B660
Format (Abmessungen)	Mini-ITX (170 mm × 170 mm)	Micro-ATX (234 mm × 204 mm)	Micro-ATX (244 mm × 244 mm)	Micro-ATX (244 mm × 244 mm)
Chipsatz-SATA-6G	4	4	4	4
LAN-Chip(s) (Eigenschaften)	RTL8125BG (PCIe; 2,5 Gbit/s), i219-V (Phy; 1 Gbit/s)	RTL8111H (PCIe; 1 Gbit/s)	RTL8125BG (PCIe; 2,5 Gbit/s)	RTL8125BG (PCIe; 2,5 Gbit/s)
WLAN-Chip (Eigenschaften)	Intel AX211 (PCIe; Wi-Fi 6E MBit/s)	n. v.	n. v.	n. v.
Audio-Chip (Eigenschaften)	Realtek ALC897 (HD-Audio)	Realtek ALC897 (HD-Audio)	Realtek ALC897 (HD-Audio)	Realtek ALC897 (HD-Audio)
USB-Chip (Eigenschaften)	n. v.	n. v.	GL850G (USB-Hub; 4 × USB 2.0)	ASM1074 (USB-Hub; 4 × USB 5 Gbit/s)
Fehlerdiagnose / Piepser	n. v. / n. v.	n. v. / n. v.	n. v. / n. v.	4 LEDs / n. v.
Speicher-Slots / max. RAM	2 / 64 GByte	2 / 64 GByte	4 / 128 GByte	4 / 128 GByte
Erweiterungs-Slots	1 × PCIe 5.0 x16	1 × PCIe 4.0 x16, 1 × PCIe 3.0 x1	1 × PCIe 4.0 x16, 2 × PCIe 3.0 x1	1 × PCIe 4.0 x16, 1 × PCIe 4.0 x4, 1 × PCIe 3.0 x1
M.2-Slots (Typ)	2 × M.2-2280 (1 × PCIe 4.0 x4, 1 × PCIe 4.0 x4 / SATA 6G)	1 × M.2-2280/60/42 (1 × PCIe 3.0 x4 / SATA 6G)	2 × M.2-2280/60 (2 × PCIe 4.0 x4)	2 × M.2-2280/60/42 (1 × PCIe 4.0 x4, 1 × PCIe 4.0 x4 / SATA 6G)
interne Anschlüsse	4 × SATA 6G, 1 × USB 3.0 Typ A[1], 1 × USB 3.1 Typ C, 1 × USB 2.0[1], 1 × HD-Audio, 2 × RGB-LED	4 × SATA 6G, 1 × USB 3.0 Typ A[1], 1 × USB 2.0[1], 1 × RS-232, 1 × HD-Audio, 1 × SPDIF-Out, 1 × RGB-LED, 1 × TPM	4 × SATA 6G, 1 × USB 3.0 Typ A[1], 2 × USB 2.0[1], 1 × RS-232, 1 × HD-Audio, 1 × SPDIF-Out, 2 × RGB-LED, 1 × TPM. 1 × LPT, QFlash-Taster, Reset-Taster	4 × SATA 6G, 2 × USB 3.0 Typ A[1], 1 × USB 3.1 Typ C, 2 × USB 2.0[1], 1 × RS-232, 1 × HD-Audio, 3 × RGB-LED, 1 × TPM, 1 × Thunderbolt
Lüfteranschlüsse	1 × CPU (4-Pin), 2 × Gehäuse (4-Pin)	1 × CPU (4-Pin), 1 × Gehäuse (4-Pin)	1 × CPU (4-Pin), 3 × Gehäuse (4-Pin)	1 × CPU (4-Pin), 1 × Wasserkühlung (4-Pin), 2 × Gehäuse (4-Pin)
ATX-Anschlussfeld	1 × HDMI 2.1, 1 × DisplayPort 1.4, 3 × analog Audio, 1 × USB-C 20 Gbit/s, 2 × USB-A 10 Gbit/s, 4 × USB 2.0, 2 × LAN, 2 × WLAN-Antenne, BIOS-Flashback-Knopf	1 × HDMI 2.1, 1 × VGA, 3 × analog Audio, 2 : USB-A 5 Gbit/s, 4 × USB 2.0, 1 × LAN, 1 × PS/2	1 × HDMI 2.1, 2 × DisplayPort 1.4, 1 × VGA, 3 × analog Audio, 1 × USB-C 10 Gbit/s, 3 × USB-A 5 Gbit/s, 2 × USB 2.0, 1 × LAN, 1 × PS/2	2 × HDMI 2.1, 2 × DisplayPort 1.4, 3 × analog Audio, 2 × USB-A 10 Gbit/s, 2 × USB-A 5 Gbit/s, 2 × USB 2.0, 1 × LAN, 1 × PS/2
Lieferumfang	2 × SATA-Kabel, I/O-Blende, Handbuch, Treiber-CD	2 × SATA-Kabel, I/O-Blende, Handbuch, Treiber-DVD	2 × SATA-Kabel, I/O-Blende, Handbuch	2 × SATA-Kabel, I/O-Blende, Kurzanleitung, Treiber-DVD
Elektrische Leistungsaufnahme, Transfermessungen				
Soft-Off (mit ErP) / Energie Sparen	1,3 W (1,3 W) / 1,4 W	1,0 W (0,5 W) / 1,3 W	1,5 W (0,2 W) / 1,8 W	2,0 W (0,3 W) / 2,9 W
Leerlauf / Leerlauf optimiert / Volllast	27 W / 21 W / 317 W	19 W / 14 W / 392 W[2]	23 / 20 W / 395 W[2]	29 W / 20 W / 367 W
M.2-Slot CPU: Lesen (Schreiben)	6,7 (4,8) GByte/s	n. v.	6,7 (4,8) GByte/s	6,7 (4,7) GByte/s
M.2-Slot Chipsatz: Lesen (Schreiben)	6,6 (4,8) GByte/s	3,5 (3,4) GByte/s	6,6 (4,8) GByte/s	6,6 (4,8) GByte/s
USB 20 Gbit/s / 10 Gbit/s / 5 Gbit/s: Lesen (Schreiben)	2015 (1950) / 1066 (1022) / 463 (466) MByte/s	n. v. / n. v. / 463 (467) MByte/s	n. v. / 1068 (1015) / 463 (467) MByte/s	n. v. / 1064 (1026) / 463 (465) MByte/s
LAN 1/2: Empfangen (Senden)	297 (298) / 118 (119) MByte/s	119 (119) MByte/s / n. v.	298 (297) MByte/s / n. v.	297 (298) MByte/s / n. v.
Funktionstests				
Secure-Boot ab- / CSM einschaltbar	✓ / ✓[3]	✓ / –	✓ / ✓	✓ / ✓
Wake on LAN: Standby / Soft-off	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
USB: 5V in Soft-off / Wecken per USB-Tastatur aus: Standby (Soft-off)	✓ / ✓ (–)	✓ / ✓ (–)	✓ / ✓ (–)	✓ / ✓ (–)
Bootdauer bis Login	16 s	11 s	14 s	11 s
4K-Parallelbetrieb (Digital Monitore)	2 × UHD 60 Hz (DP + HDMI)	1 × UHD 60 Hz (HDMI)	3 × UHD 60 Hz (HDMI + 2 × DP)	4 × UHD 60 Hz (2 × HDMI + 2 × DP)
analog Mehrkanalton (Art) / 2. Audiostrom	✓ (5.1) / ✓	✓ (5.1) / ✓	✓ (5.1) / ✓	✓ (5.1) / ✓
Audio: Wiedergabe / Aufnahme	⊕⊕ / ○	⊕⊕ / ○	⊕⊕ / ○	⊕⊕ / ○
SPDIF Frequenzen out	n. v.	44,1 / 48 / 96 kHz	44,1 / 48 / 96 kHz	n. v.
Regelbereich: CPU-Lüfter / Gehäuselüfter 3-Pin / 4-Pin	0 … 100 % / 0 … 12 V / 0 … 100 %	20 … 100 % / 0 … 12 V / 0 … 100 %	0 … 100 % / 0 … 12 V / 0 … 100 %	0 … 100 % / 0 … 12 V / 0 … 100 %
Linux-Kompatibilität mit Ubuntu 21.10				
Energie sparen	✓	✓	–	✓
WLAN / Bluetooth	✓ (mit Kernel 5.15.6) / ✓	n. v.	n. v.	n. v.
Audio / Netzwerk	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Leistungsaufnahme Leerlauf (optimiert)	27 W / 20 W	20 W / 14 W	24 W / 20 W	29 W / 20 W
Straßenpreis / Garantie	205 € / 36 Monate	108 € / 36 Monate	115 € / 36 Monate	158 € / 36 Monate

[1] je zwei Ports pro Stiftleiste [2] Messwert schwankt, weil CPU drosselt [3] nur mit Grafikkarte
✓ funktioniert – funktioniert nicht n. v. nicht vorhanden ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht



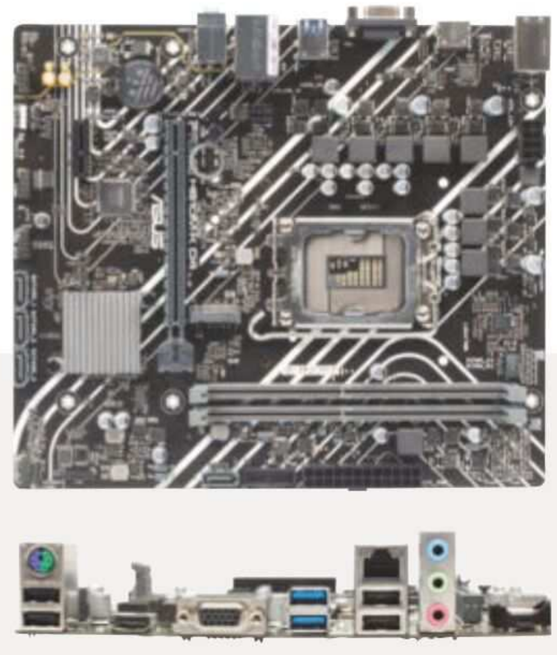
Asrock H670M-ITX/ax

Das Asrock H670M-ITX/ax vereint zwei Besonderheiten. Zum einen ist es eines der wenigen erhältlichen Boards mit H670-Chipsatz und zum anderen eignet es sich durch das Mini-ITX-Format für besonders kompakte Rechner. Dennoch muss es sich bei der Ausstattung nicht verstecken. Das Board nimmt zwei M.2-SSDs auf und trägt zudem zwei Ethernet-Ports, einer davon arbeitet mit 2,5 Gbit/s. Darüber hinaus packt Asrock auf das H670M-ITX/ax ein Wi-Fi-6E-Modul. Auf kurze Entfernungen schafft es 556 Mbit/s, bei 20 Metern Abstand sind es noch 303 Mbit/s. Beide Werte sind für moderne WLAN-Adapter gut bis sehr gut.

4K-Monitore lassen sich über je einen HDMI und DisplayPort anschließen. Für Peripheriegeräte gibt es außer vier USB-2.0- und zwei USB-A-Buchsen mit 10 Gbit/s auch eine als USB-C. Diese kann USB 3.2 Gen 2x2 und erreicht mit einer schnellen externen SSD eine Transfergeschwindigkeit von rund 2 GByte/s.

Im Leerlauf benötigt das Asrock H670M-ITX/ax mit Werkseinstellungen satte 27 Watt. Durch Optimieren im BIOS-Setup konnten wir den Bedarf auf 21 Watt senken. Aber auch das ist recht viel. Im Soft-off-Modus patzt es: Auch bei Setzen der ErP-Option schluckt es mit 1,3 Watt erheblich mehr als die erlaubten 0,5 Watt.

- **Wi-Fi 6E & Dual-LAN**
- **USB-C mit 20 Gbit/s**
- **hoher Energiebedarf**



Asus Prime H610M-K D4

Asus richtet sich mit dem Prime H610M-K D4 an Sparfüchse. Zu einem Preis von 95 Euro ist es eine der günstigsten Hauptplatinen für Core-i-12000-Prozessoren. Dafür muss man einige Einbußen bei der Ausstattung hinnehmen. So gibt es lediglich einen HDMI-Port für digitale Monitore und nur zwei DIMM-Slots. Der einzige M.2-Slot hängt am Chipsatz und nicht am Prozessor. Dadurch kann er zwar auch SATA-SSDs aufnehmen, läuft aber mit NVMe-SSDs maximal mit PCIe-3.0-x4-Tempo. Das begrenzt die Geschwindigkeit auf 3,6 GByte/s. Statt einer Befestigungsschraube hält die SSD mit einem praktischen Schnellverschluss im M.2-Slot.

Obwohl der H610-Chipsatz auch USB mit 10 Gbit/s könnte, rüstet Asus das Prime H610M-K D4 lediglich mit USB-3.1-Gen-1-Ports (5 Gbit/s) aus. Die rund 460 MByte/s reichen für externe Festplatten aus, bremsen aber SSDs aus. Zudem kann der aufgelötete Ethernet-Chip maximal 1 GBit/s.

Einen Vorteil hat die spartanische Ausstattung. Schon elf Sekunden nach dem Einschalten ist das System betriebsbereit. Der Energiebedarf bei ruhendem Windows-Desktop beträgt 19 Watt. Das ist der geringste Wert der vier LGA1700-Boards. Durch Einschalten der C-States und des Power-Managements konnten wir noch einmal 5 Watt herausholen. Unter Last sind die Wandler jedoch mit dem Core i9-12900K überfordert.

- **kurze Bootdauer**
- **sparsam**
- **Spannungswandler überhitzen**

perfekt sind sie jedoch auch nicht. Vor allem beim Thema Leistungsaufnahme und Power-Limits müssen die Hersteller aus unserer Sicht noch einmal nacharbeiten. Hier müsste auch Intel viel mehr Druck ausüben. Dass es besser geht, zeigt AMD, denn alle Ryzen-Boards halten die AMD-Vorgaben ein.

Bei der Ausstattung legen die Serie-600-Mainboards gegenüber ihren Vorgängern für die ältere LGA1200-Plattform eine Schippe drauf. So gibt es mit Ausnahme des H610 -Chipsatzes nun PCI Express 4.0, 2,5-Gbit/s-Ethernet setzt sich langsam als Standard durch und die Zahl der Monitoranschlüsse wächst.



Gigabyte B660M DS3H DDR4

Das B660M DS3H DDR4 von Gigabyte ist das günstigste Alder-Lake-Board mit drei digitalen Displayanschlüssen. Per HDMI 2.1 und DisplayPort 1.4 können alle Ausgänge 4K-Monitore mit 60 Hertz ansteuern. Wer für Entwicklungsumgebungen, mehrere virtuelle Maschinen viel Bildschirmfläche für überschaubares Geld sucht, ist hier richtig. Auch die weitere Ausstattung erfüllt alle Merkmale moderner PCs: In der I/O-Blende sind USB-C-Anschlüsse mit 10 Gbit/s, Ethernet mit 2,5 Gbit/s untergebracht. Auf dem Board ist Platz für vier Speicherriegel und zwei M.2-SSDs mit PCIe-4.0-Interface.

Die vier internen USB-2.0-Ports für Frontanschlüsse sind nicht direkt mit dem B660-Chipsatz angebunden, sondern hängen via Hub-Chip von Genesys Logic an diesem. Das kann bei einem weiteren externen Hub in einigen Fällen zu Verbindungsschwierigkeiten führen. Besser ist es, in diesem Fall die USB-2.0-Buchsen an der Rückseite zu nutzen. Mit 23 Watt und 20 Watt im optimierten Zustand, benötigt auch das Gigabyte-Board relativ viel Energie.

Als Extras bringt das DS3H DDR4 für Overclocker einen internen Reset-Taster sowie einen für die Q-Flash-Funktion mit. Die erlaubt es, das BIOS auch ohne CPU und RAM von einem USB-Stick zu aktualisieren, beispielsweise um das Board für kommende Prozessoren fit zu machen.

- **drei digitale Displays**
- **BIOS-Update ohne CPU**
- **Standbyprobleme unter Linux**



MSI Pro B660M-A DDR4

Das MSI Pro B660M-A DDR4 ist eines der wenigen LGA1700-Mainboards, das alle vier digitalen Monitorausgänge der Alder-Lake-Prozessoren nach außen führt. Mit je zwei HDMI- und DisplayPort-Anschlüssen lässt sich daran eine kleine Monitorwand aus vier 4K-Displays betreiben. Das spart bei den derzeitigen Grafikkartenpreisen eine Menge Geld. Dabei sollte man aber beachten, dass die Leistungsaufnahme mit vier Monitoren von 29 auf 34 Watt steigt.

Das Pro B660M-A DDR4 schluckt auch bei anderer Gelegenheit viel Strom. Im Standby-Zustand genehmigt es sich 2,9 Watt. Die anderen Boards im Test kommen mit rund der Hälfte aus. Trotz der umfangreichen Ausstattung mit zwei M.2-Slots, zwei PEG-Steckplätzen für Grafikkarten und 2,5-Gbit/s-Ethernet bootet das MSI-Board sehr flott in elf Sekunden.

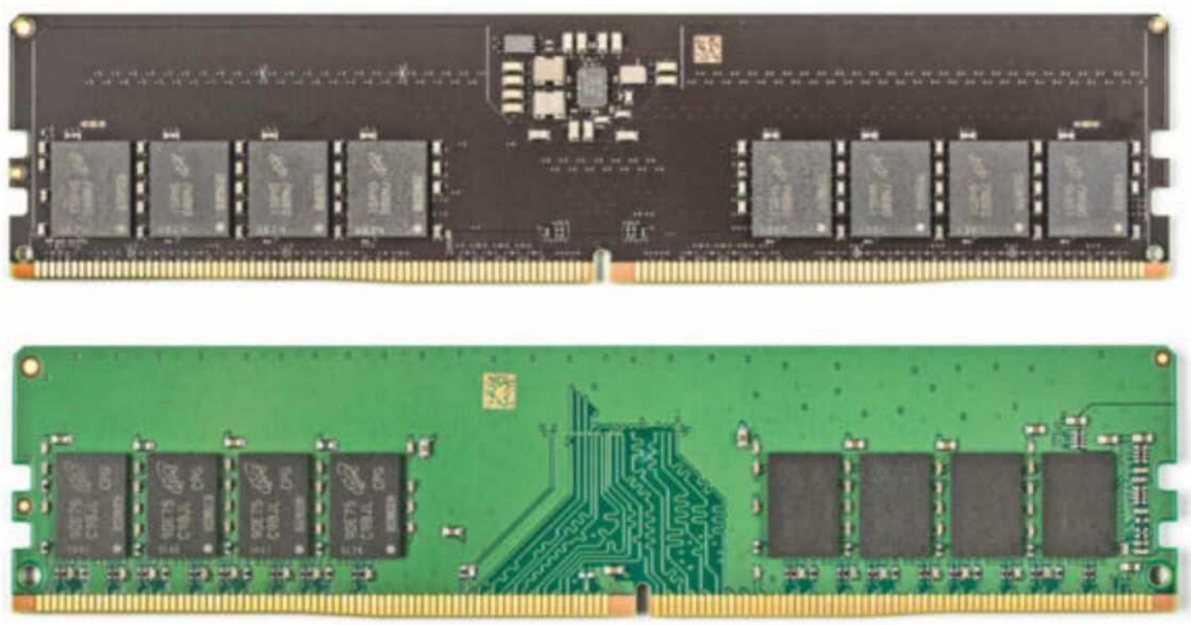
Für Peripheriegeräte gibt es im I/O-Panel sechs USB-A-Buchsen, jeweils zwei davon mit 10 Gbit/s, 5 Gbit/s und USB 2.0 (480 Mbit/s). Für USB-C benötigt man ein PC-Gehäuse mit einem Frontanschluss. Den dafür notwendigen internen 20-poligen geschirmten Anschluss bringt das Pro B660M-A DDR4 mit. Die beiden USB-A-Frontanschlüsse stellt nicht der B660-Chipsatz, sondern ein separater Asmedia-Controller bereit, der bei USB 3.2 Gen 1 aber gleich schnell ist (460 MByte/s).

- **vier 4K-Displays möglich**
- **bootet schnell**
- **hoher Energiebedarf**

Dadurch kann man vor allem bei Office-Rechnern eher auf eine Grafikkarte verzichten, was Geld und Energie spart.

Das trifft in diesem Test insbesondere auf das Gigabyte B660M DS3H und MSI Pro B660M-A DDR4 zu, die sich für zahlreiche PC-Einsatzzwecke eignen. Das deutlich billigere Asus Prime H610M-K D4 ist nicht so flexibel und empfiehlt sich hauptsächlich dann, wenn der Preis niedrig sein muss. Für das Asrock H670M-ITX/ax legt man ungefähr das Doppelte auf den Tisch, bekommt dafür aber eine attraktive Kombination aus Mini-ITX-Format und vielen Schnittstellen. (chh) c't

DDR5-RAM bringt mehr Speed



Mit Intels Prozessorgeneration Core i-12000 debütierte Double-Data-Rate-(DDR-)RAM der fünften Generation. DDR5 kommt mit höheren Datentransferraten und vielen kleinen Verbesserungen.

Von **Christof Windeck**

SDRAM-Speicherchips mit DDR-Technik gibt es seit mehr als 20 Jahren, nun läuft der Generationswechsel von DDR4 zu DDR5. Der erste PC-Prozessor, der DDR5-RAM ansteuern konnte, ist Intels Core i-12000 (Codename Alder Lake). Auch AMD wechselte mit dem Ryzen 7000 für die Prozessorfassung AM5 zu DDR5 und bei Servern kommt der Umstieg ebenfalls. Stromsparspeicher nach LPDDR5-Spezifikation (LP steht für Low Power) ist in aktuellen Notebooks und Smartphones längst im Einsatz.

Wie jeder bisherige DDR-Generationswechsel ermöglicht auch der von DDR4 zu DDR5 deutlich höhere Taktfrequenzen auf dem Speicherbus und somit höhere Datentransferraten. Das wiederum beschleunigt manche Anwendungen. DDR4-RAM erreicht bei DDR4-3200 das Ende der Fahnenstange, jedenfalls nach den Spezifikationen des Industriegremiums JEDEC. DDR5 soll als DDR5-6400 mindestens die doppelten Transferraten schaffen, später könnte sogar doch DDR5-8200 folgen, also Faktor 2,6 im Vergleich zu DDR4-3200.

Bei diesem Ausblick bleibt jedoch Übertakterspeicher außen vor, und in der Praxis geht es gemächlicher aufwärts: Der Core i-12000 ist höchstens für DDR5-4800 ausgelegt, bei Vollbestückung mit vier Dual-Rank-Modulen (DR-DIMMs) ist nur DDR5-3600 zulässig. Doch schon damit kann er schneller sein als mit DDR4-3200. Jüngere Prozessoren reizen DDR5 weiter aus, auch ohne Übertaktung.

Um höhere Taktfrequenzen sowohl zuverlässig als auch mit ähnlicher Leistungsaufnahme wie bisher zu erreichen, lernen SDRAM-Chips und Speichercontroller für DDR5 einige neue Tricks. Dazu gehören Funktionen für bessere Signalqualität auf den Daten- und Adresssignalleitungen zur Erkennung von Übertragungsfehlern auf dem Speicherbus und eine von 1,2 auf 1,1 Volt gesenkte Spannungsversorgung. Mehr Details dazu finden Sie in [1].

Neue DDR5-Funktionen

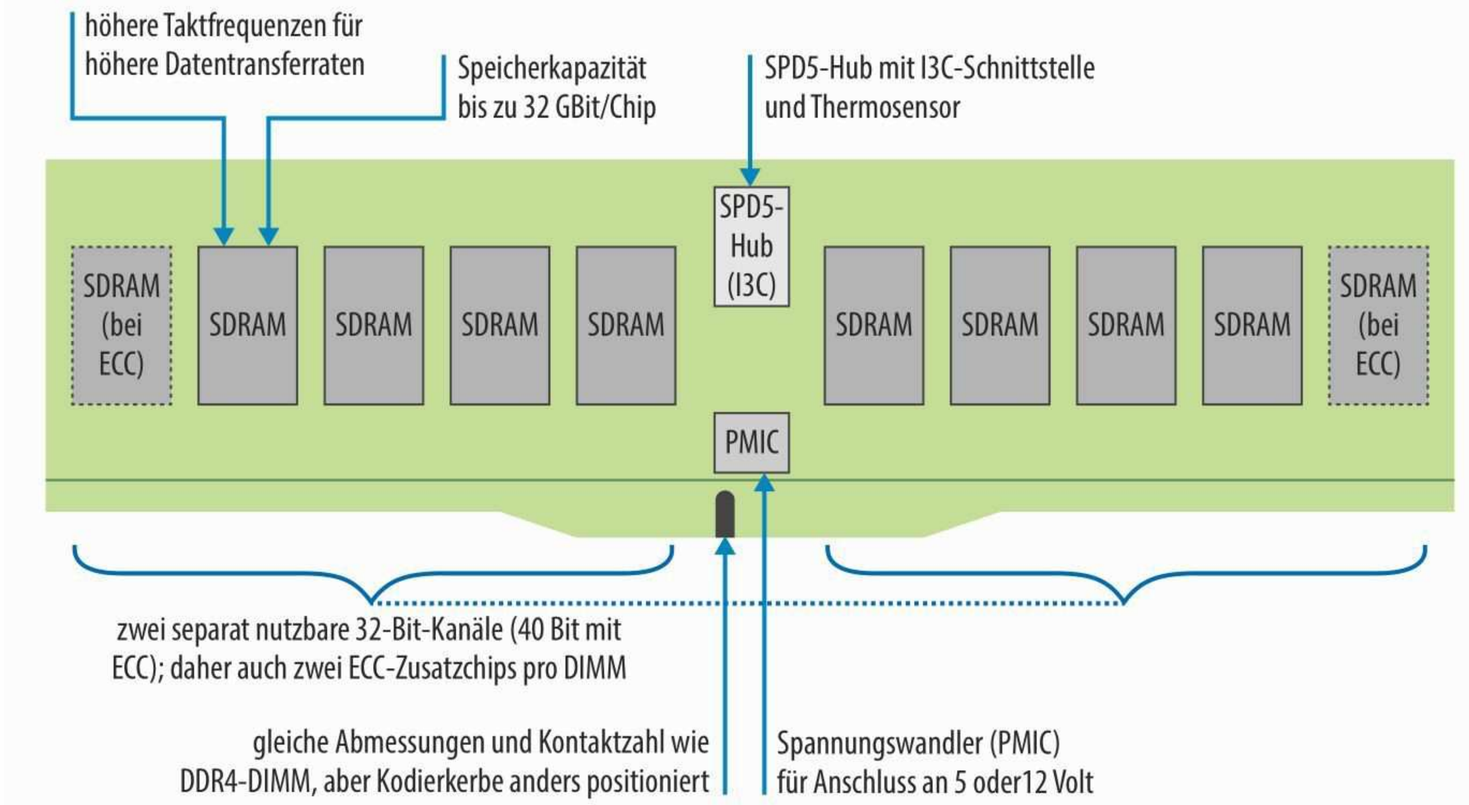
Grundsätzlich neu ist bei DDR5, dass sich der wie bisher 64 Bit breite Speicherbus in zwei 32-Bit-Kanäle aufspalten lässt, die weitgehend unabhängig voneinander arbeiten. Ein DDR5-Speichercontroller mit zwei 64-Bit-Kanälen stellt somit vier 32-Bit-Kanäle bereit. Das verspricht Vorteile für Vielkern-Prozessoren, bei denen unterschiedliche Kerne auf jeweils eigene Daten zugreifen.

DDR5-Speicher für Desktop-PCs (ohne ECC, ungepuffert/UDIMM)

Typ	Taktfrequenz	Transferrate pro DIMM	Taktzyklusdauer	typ. CL-Latenz [Takte / Dauer]
DDR5-6400	3,2 GHz	51,2 GByte/s	0,3125 ns	52 / 16,25 ns
DDR5-6000	3,0 GHz	48,0 GByte/s	0,3333 ns	50 / 16,67 ns
DDR5-5600	2,8 GHz	44,8 GByte/s	0,3571 ns	46 / 16,43 ns
DDR5-5200	2,6 GHz	41,6 GByte/s	0,3846 ns	42 / 16,16 ns
DDR5-4800	2,4 GHz	38,4 GByte/s	0,4167 ns	40 / 16,67 ns
DDR5-4400	2,2 GHz	35,2 GByte/s	0,4545 ns	36 / 16,36 ns
DDR5-4000	2,0 GHz	32,0 GByte/s	0,5000 ns	32 / 16,00 ns
DDR5-3600	1,8 GHz	28,8 GByte/s	0,5556 ns	30 / 16,67 ns
DDR5-3200	1,6 GHz	25,6 GByte/s	0,6250 ns	26 / 16,25 ns
zum Vergleich				
LPDDR4X-4267	2,13 GHz	34,1 GByte/s	0,4688 ns	k. A.
DDR4-3200	1,6 GHz	25,6 GByte/s	0,6250 ns	22 / 13,75 ns
DDR5-6800 bis DDR5-8200 sind für die Zukunft angedacht.				

DDR5-Speichermodule: Änderungen zu DDR4

Ein Speichermodul (DIMM) mit DDR5-SDRAM gleicht äußerlich einem DDR4-DIMM und überträgt ebenfalls je zwei Datenpakete pro Taktzyklus (Double Data Rate). Doch nicht nur Frequenz und Kapazität steigen, es gibt auch zahlreiche weitere Änderungen.



Die Aufspaltung in 32-Bit-Kanäle führt dazu, dass DDR5-Module mit zusätzlichen Speicherchips für die Fehlerkorrektur per Error Correction Code (ECC) mehr Einzelchips benötigen. Bis zur Generation DDR4 war ein zusätzlicher Chip pro Rank üblich (also 9 statt 8 oder 18 statt 16), nun sind es zwei: 10 oder 20 mit ECC, 8 oder 16 ohne.

DDR5-Speicherchips erhalten ihre Betriebsspannung nicht mehr wie bisher direkt vom Mainboard. Stattdessen hat jedes DDR5-DIMM einen eigenen Spannungswandler, gesteuert von einem Power Management IC (PMIC). Desktop-PC-Mainboards und Notebooks versorgen die Speichermodule mit 5 Volt, Server mit 12 Volt. Den Spannungswandler kann man auf DDR5-DIMMs ohne „Übertakter-Zierbleche“ oberhalb der Speicherchips sehen, siehe Titelbild dieses Artikels.

Auch das „elektronische Datenblatt“ alias SPD-EEPROM funktioniert anders: Es kommuniziert nicht mehr per I2C, sondern per I3C, und oft ist auch ein Temperaturfühler eingebaut.

Bei „ungepufferten“ Speicherriegeln (UDIMMs) war in der Generation DDR4 bei 32 GByte Kapazität Schluss, weil die größten Einzelchips je 2 GByte fassen (16 GBit) und höchstens 16 davon auf ein UDIMM dürfen, anders als bei RDIMMs für Server. Bei DDR5 sind auch 32-GBit-Chips (4 GByte) vorgesehen, also 64-GByte-UDIMMs. Diese sind aber längst noch nicht lieferbar. Es bleibt also vorerst bei maximal 128 GByte für Mainboards mit vier DIMM-Slots.

Ebenso wie bei früheren DDR-Generationswechseln passen DDR5-DIMMs nicht in die Fassungen für DDR4-Riegel. Sie haben zwar weiterhin 288 Konakte, aber die Kodierkerbe sitzt an einer anderen Stelle. Der Speichercontroller des Intel Core i-12000 kann alternativ zwar auch DDR4-Module ansteuern, allerdings nur auf Mainboards mit DDR4-Slots. DDR5-Speichermodule gibt es auch in einer kleineren „Small Outline“(SO-)Bauform für Notebooks (SO-DIMM). Die meisten aktuellen Mobilrechner nutzen jedoch aufgelötete und daher nicht austauschbare LPDDR-Bausteine. (ciw) c't

Literatur

[1] Christof Windeck, **Generation 5**, Das bringt DDR5-Arbeitsspeicher für PCs, Notebooks und Server, c't 13/2020, S. 116



Gehäuse für starke Rechner mit USB-C

PC-Gehäuse müssen mit der Hardware Schritt halten: Klassische Laufwerkskäfige entfallen, dafür gibt es mehr Platz für Ventilatoren, Lüfter-Hubs sowie USB-C-Buchsen für schnelle Transfers. Wir haben geprüft, ob diese Features bei Midi-Towern und Cubes ab 130 Euro den Preis wert sind.

Von **Christian Hirsch**

Die Preise für Hardware-Komponenten wie Grafikkarten gelangen nach den turbulenten drei Jahren mit Lieferschwierigkeiten, Pandemie und Kryptohype in ruhigeres Fahrwasser. Wer jetzt einen leistungsstarken High-End-PC oder Gaming-PC bauen möchte, benötigt dafür ein geeignetes Gehäuse.

Wir haben für solche Rechner drei Neuvorstellungen der vergangenen Monate getestet. Dazu zählen die beiden Midi-Tower Fractal Design Torrent Compact und NZXT H7 Flow für 150 und 130 Euro. Das größere Cube-Gehäuse Hyte Y60 mit Doppelkammeraufbau kostet 220 Euro. Alle drei nehmen Mainboards und Netzteile im ATX-Format sowie High-End-

Grafikkarten mit deutlich über 30 Zentimetern Länge und mehrere Slots dicken Kühlern auf. Damit es der Hardware nicht zu heiß wird, pusten zahlreiche Ventilatoren Frischluft hinein. Zudem sehen die Hersteller ausreichend Platz für Wärmetauscher von Wasserkühlungen vor.

Bei der Auswahl der Gehäuse haben wir unter anderem darauf geachtet, dass sie mit einer frontseitigen USB-C-Buchse ausgestattet sind und der Hersteller für den internen Anschluss den für diesen Zweck entwickelten 20-poligen Stecker verwendet.

Mehr Lüfter, weniger Laufwerke

PC-Gehäuse sollen im Inneren möglichst viel Platz bieten, der sich flexibel für den jeweiligen Anwendungszweck füllen lässt. Moderne High-End-Prozessoren und -Grafikkarten erzielen bei der Leistungsaufnahme leider immer neue Rekordwerte, sodass die Hersteller mehr Einbaupositionen für Lüfter und große Luft-Wasser-Wärmetauscher unterbringen müssen. Zugleich soll der Midi-Tower aber am besten unsichtbar sein und keinen wertvollen Platz auf oder unter dem Schreibtisch belegen.

Um einen praxistauglichen Mittelweg zu finden, müssen die Gehäusehersteller ihre Kreationen der PC-Entwicklung anpassen. Optische Laufwerke und 3,5"-Festplatten gehören bei Desktop-PCs schon länger zur Auslaufware. Stattdessen sind SSDs mit Terabyte-Kapazität für überschaubares Geld erhältlich. Aber auch hier verschiebt sich bereits der Fokus. Statt Flashspeicher mit SATA-Schnittstelle im 2,5"-Format kommen schnellere M.2-SSDs mit PCIe-Anbindung zum Einsatz, die als Kärtchen direkt auf dem Mainboard sitzen.

Aus diesem Grund entrümpeln die Hersteller ihre PC-Gehäuse von 3,5"- und 5,25"-Laufwerkskäfigen und machen damit Platz für längere Grafikkarten, mehr Lüfter und Wasserkühlungen. Im Vergleich zu den engen, zugestopften Midi-Towern von vor zehn Jahren wirken moderne PC-Gehäuse deshalb regelrecht leer. Die Zeit von Festplattenstapeln großer Kapazität in Desktop-PCs ist vorbei, weil die Daten geräuscharm und für alle Endgeräte zugänglich auf einem NAS oder Heimserver in der Besenkammer liegen oder sowieso von Streaming- und Clouddiensten aus dem Internet kommen. Optische Laufwerke und Kartenleser lassen sich bei Bedarf als USB-Geräte leicht anschließen.

Damit die Luft ungehindert strömen kann, sitzt das Netzteil zusammen mit einigen 3,5"-Einbauschächten heutzutage zumeist in einem separaten Abteil unterhalb des Mainboards. Das hat den positiven Nebeneffekt, dass der Netzteillüfter nicht direkt über dem Prozessorkühler sitzt und dessen heiße Abluft ansaugen muss. Stattdessen atmet er durch Staubfilter geschützt kühle Umgebungsluft durch Öffnungen am Boden ein. Auch ohne Wasserkühlung bringt diese Anordnung Vorteile, weil die Abwärme von Prozessor und Grafikkarte durch Öffnungen im



Ein Riser-Adapter ermöglicht die senkrechte Montage der Grafikkarte im Hyte Y60.

Dach ungehindert der Richtung der natürlichen Konvektion folgt.

In der Breite haben PC-Gehäuse im Vergleich zu früher zugelegt. Dadurch gewinnen die Hersteller zum einen mehr Platz für große Prozessorkühler. Zum anderen weiten sie den früher ungenutzten Spalt zwischen Mainboard-Träger und rechter Seitenwand auf, der nun als praktischer Stauraum für Strom- und Datenkabel dient. Damit die Leitungen von einer auf die andere Gehäusehälfte gelangen, gibt es Öffnungen. Idealerweise sind sie mit Gummilippen versehen, damit die Kabel an den Metallkanten nicht aufscheuern. Bei hochwertigen Gehäusen wie dem Fractal Design Torrent Compact und NZT H7 Flow halten fest angebrachte Klettverschlüsse die Leitungen an Ort und Stelle. Zusätzlich nutzen die Hersteller den Raum hinter dem Board-Träger, um dort platzsparend hochkant SSD-Halterungen unterzubringen. Beim Y60 aus diesem Test hat Hyte dieses Konzept auf die Spitze getrieben und diesen Bereich so weit vergrößert, dass dort das Netzteil hineinpasst.

Transparentes Design

Durch diese Änderungen lässt sich das PC-Innenleben wesentlich besser aufräumen als früher. Viele Gehäuse gibt es deshalb zumindest optional mit transparenten Seitenwänden aus gehärtetem Glas, die einen Einblick auf die PC-Hardware gestatten. Um diese noch besser in Szene zu setzen, tragen viele Speicherriegel, Grafikkarten und Mainboards beleuchtete Logos.

Beim Einbau der Komponenten muss man den Schraubendreher erfreulicherweise immer seltener in die Hand nehmen. Seitenteile sowie oft auch Front und Dach halten ohne Schrauben magnetisch oder mit Schnellverschlüssen, die sich durch leichten Zug lösen und durch etwas Druck wieder einrasten.

Als Extras spendieren die Hersteller Ihren Gehäusen mehr oder minder praktische Gimmicks: PWM-Lüfterhubs verteilen das Regelsignal des Boards an viele Ventilatoren. Die Spannung liefert das Netzteil dabei direkt über einen SATA-Stromstecker, sodass keine Gefahr besteht, dass die Anschlüsse auf dem Board wegen Überlastung abrauchen. Rein optischen Effekt haben Lüfter mit RGB-LED-Beleuchtung beziehungsweise RGB-LED-Leuchtstreifen, die an die gängigen Anschlüsse der Mainboards passen. Deren Lichteffekte lassen sich somit über die beim Board mitgelieferte Software einstellen.



NZXT verwendet den seltenen, standardisierten Pfostenstecker für Power-Taste und -LED, sodass man die Pins nicht einzeln anstecken muss.

Riser-Karten, die den PCIe-Steckplatz für die Grafikkarte verlegen, stammen ursprünglich aus schlanken Gehäusen, bei denen es an Platz mangelt. Inzwischen bieten viele Gehäusehersteller Nachrüst-Kits für große Midi-Tower an, durch die der 3D-Beschleuniger aufrecht steht, statt mit den Lüftern nach unten im Gehäuse zu hängen. Thermische Gründe spielen dabei nur eine untergeordnete Rolle. Stattdessen sind bei PC-Gehäusen mit Fenster die Aufschrift und die (RGB-LED-)Lüfter der Grafikkarte so besser sichtbar. Beim Kauf sollten Sie aber darauf achten, für welche PCI-Express-Version der Adapter freigegeben ist. Bei günstigeren Riser-Karten für PCIe 3.0 kann es mit modernen PCIe-4.0-Boards und -Grafikkarten sonst zu Signalproblemen und Instabilitäten kommen.

Schnelles USB-C

Bei den Frontanschlüssen setzt sich zusätzlich zu den USB-A- und analogen Audio-Buchsen USB-C durch. Der Typ-C-Stecker wurde bereits Ende 2014 vom zuständigen Gremium Universal Serial Bus Implementers Forum (USB-IF) vorgestellt. Die für Anwender auffälligste Unterschied zu bisherigen USB-Steckern der Typen A, B, Mini und Micro ist der symmetrische Aufbau, wodurch er in beiden Ausrichtungen in die Buchse passt. Bei schnellen SSDs, Docking-Stationen für Notebooks und Smartphones hat sich USB-C längst durchgesetzt und soll ab 2024 offizieller Standardladeanschluss werden.

PC-Gehäuse hinken hier der Entwicklung etwas hinterher, denn der interne Steckverbinder für USB-C-Frontanschlüsse am Mainboard entstand erst gut

zwei Jahre später, Anfang 2017. Statt des bei USB 3.0 gängigen 19-poligen Pfostensteckers für zwei USB-Typ-A-Buchsen gibt es nun geschirmte Buchsen mit 20 für einen beziehungsweise mit 40 Kontakten für zwei USB-C-Anschlüsse. Bis dato kommt auf Mainboards jedoch ausschließlich die 20-polige Variante zum Einsatz.

Die Spezifikation sieht für die 20-polige Buchse zwei verschiedene Ausführungen vor: Die Key-A-Variante, die für den Anschluss einer Typ-A- oder einer Typ-C-USB-Buchse taugt, und die dazu inkompatible Key-B-Version für 2 × USB-A. Letztere Variante spielt aber keine Rolle – sowohl auf Mainboards als auch in PC-Gehäusen wird derzeit lediglich die 20-polige Key-A-Variante für eine USB-C-Buchse verwendet.

Einer der Vorteile des modernen internen Anschlusses zu den älteren Pfostensteckern ist die bessere Schirmung gegen elektromagnetische Strahlung. USB-3.x-Transfers führen bei manchen Systemen zu Störungen im 2,4-GHz-Band von WLAN, denn die Basisfrequenz von USB 3.x von 2,5 GHz liegt recht nah an diesem WLAN-Band (2,400 bis 2,483 GHz) – und am Frequenzbereich, der für Funkeingabegeräte wie drahtlose Mäuse genutzt wird.

Der interne Typ-C-Anschluss bietet doppelt so viele Leitungen wie für USB 3.2 Gen 1 und Gen 2 mit Datentransfers von 5 Gbit/s und 10 Gbit/s notwendig sind. Dadurch taugt der Typ-C-Anschluss auch zum Transport elektrischer Signale anderer Schnittstellen: Im Alternate Mode können das Displaydaten im

Midi-Tower- und Cube-Gehäuse

Modell	Torrent Compact Black Solid	Y60	H7 Flow
Hersteller	Fractal Design, fractal-design.com/de	Hyte, hyte.com	NZXT, nzxt.com/de-DE
Bauart / Format / Netzteilformat	Midi-Tower / E-ATX / ATX	Cube / ATX / ATX	Midi-Tower / E-ATX / ATX
Abmessungen (H × B × T)	46,0 cm × 22,4 cm × 45,2 cm	46,1 cm × 28,5 cm × 45,3 cm	50,4 cm × 23,0 cm × 48,2 cm
Kensington-Lock / Schloss	– / –	– / –	– / –
Lüftereinbauplätze / Lüfter(-anschluss)			
hinten	1 × 12 cm / –	1 × 12 cm / 1 × Flow FE12 (3-Pin)	1 × 12/14 cm / 1 × F120Q (3-Pin)
vorn	3 × 12 cm oder 2 × 14/18 cm / 2 × Dynamic X2 GP-18 (PWM)	2 × 12/14 cm[1] / –	3 × 12/14 cm / 1 × F120Q (3-Pin)
oben	– / –	2 × 14 cm oder 3 × 12 cm / –	3 × 12 cm oder 2 × 14 cm / –
unten	3 × 12 cm oder 2 × 14/18 cm / –	2 × 12/14 cm / 2 × Flow FE12 (3-Pin)	–
Staubfilter	vorne, unten	vorne, oben, unten	vorne, oben, unten
Einbaumöglichkeiten			
Laufwerke	1 × 3,5" oder 2 × 2,5", 3 × 2,5"	2 × 3,5" oder 4 × 2,5"	2 × 2,5", 2 × 3,5" oder 4 × 2,5"
Erweiterungskarten	7	7[2] + 3	7
CPU-Kühlerhöhe	17,3 cm	17,0 cm	18,5 cm
Grafikkartenlänge	33,0 cm	41,5 cm	39,5 cm
Frontanschlüsse			
Power- / Reset-Taste	✓ / ✓	✓ / –	✓ / –
LEDs: Power / SSD	✓ / –	✓ / –	✓ / –
Anschlüsse	2 × USB-A, 1 × USB-C, 2 × 3,5 mm Audio	2 × USB-A, 1 × USB-C, 1 × 3,5 mm Audio	2 × USB-A, 1 × USB-C, 1 × 3,5 mm Audio
Zubehör			
Montagematerial	Grafikkartenhalter	PCIe-Riser-Card, Audio-Y-Adapter	2 × SSD-Halter
Handbuch	mehrsprachiges Handbuch	Kurzanleitung	mehrsprachige Kurzanleitung
Messwerte			
USB-C 3.2 Gen 2x2	1950 MByte/s	1964 MByte/s	1930 MByte/s
USB-A 3.2 Gen 1	461 MByte/s	461 MByte/s	461 MByte/s
Geräusch Lüfter	3,4 sone	1,8 sone	2,0 sone
Preis / Garantie	150 € / 24 Monate	220 € / 36 Monate	130 € / 36 Monate

[1] auf der rechten Gehäuseseite [2] Low-profile, ein Steckplatz von Riser-Karte belegt ✓ vorhanden – nicht vorhanden



Fractal Design Torrent Compact

Der Midi-Tower soll kompakte Abmessungen mit hoher Kühlleistung vereinen. Um ein paar Zentimeter in der Höhe zu sparen, hat Fractal Design den Einbauplatz für das Netzteil nach oben verlegt. In der Gehäusefront bringt der Hersteller zwei riesige 18-Zentimeter-Lüfter unter. Dank 4-Pin-Anschluss lassen sie sich per PWM regeln. Bei einer Maximaldrehzahl von 1150 U/min pusten sie kräftig, lärmen aber auch mit 3,4 sone. Die Anfangsdrehzahl von 430 U/min halten die beiden Ventilatoren bis zu einem Tastverhältnis von 30 Prozent und sind dabei akustisch kaum wahrnehmbar. Optional lassen sich die Lüfter an einem integrierten Hub mit neun Anschlüssen betreiben, der das PWM-Signal des Boards verteilt.

Fractal Design hat beim Torrent Compact bei vielen Detaillösungen an PC-Bastler gedacht: Seitenwände und das leicht gewölbte, geschlossene Gehäusedach kommen ohne Schrauben aus. Im Inneren sind Klettverschlüsse angebracht, um damit Kabel ordentlich verlegen zu können, und für überschwere Grafikkarten liefert der Hersteller eine Stütze mit.

Alternativ bietet Fractal Design das Torrent Compact statt in der hier getesteten Black-Solid-Variante für 150 Euro auch mit Glaswand, in weißer Lackierung sowie mit RGB-LED-Lüftern an. Dann kostet es je nach Ausführung bis zu 180 Euro. Als kleinere und größere Ausführung gibt es die Schwestermodelle Torrent Nano für Mini-ITX- und Torrent für SSI-EEB-Boards mit bis zu 33 Zentimeter Breite.

große 18-Zentimeter-Lüfter mit PWM-Hub

werkzeugloses Öffnen



NZXT H7 Flow

Den Midi-Tower H7 bietet NZXT in drei Geschmacksrichtungen an. Wir haben uns für das H7 Flow mit offener Front für maximalen Luftdurchsatz entschieden, das 130 Euro kostet. Außer in Weiß gibt es das Gehäuse auch mit schwarzer Vorderseite sowie komplett in Schwarz. In Front und Heck sitzt jeweils ein 12-Zentimeter-Lüfter mit 3-Pin-Anschluss. Diese lassen sich deshalb nur per Spannung regeln, weshalb sie bei einigen Mainboards unnötig schnell und laut arbeiten. Bei 1200 Touren pro Minute erreichen die Lüfter eine Lautheit von 2,0 sone.

Im Unterschied zu den beiden anderen Testkandidaten besteht das NZXT H7 Flow vollständig aus Stahl und kommt ohne Plastikabdeckungen aus. Bis auf die Rückwand lassen sich alle Abdeckungen ohne Werkzeugeinsatz abnehmen, was die Montage erleichtert. Anstelle der linken Seitenwand platziert der Hersteller ein Temperglasfenster. So hat man die Hardware immer im Blick, um Komponenten mit RGB-LEDs zu bestaunen.

Netzteil und Laufwerkskäfig für zwei 3,5"-Festplatten sitzen in einem separaten Abteil am Boden des H7 Flow. Lästiges Kabelfummeln gehört der Vergangenheit an, weil NZXT als einer der wenigen Hersteller den standardisierten Pfostenstecker für den Anschluss der Power-Taste und -LED am Mainboard verwendet. Das H7 Flow bietet für Headsets nur eine Klinkenbuchse, sodass für viele Headsets ein zusätzlicher Adapter von einem vierpoligen auf zwei dreipolige 3,5-Millimeter-Stecker notwendig ist.

komplett aus Metall und Glas

Platz für sechs 2,5-SSD



Hyte Y60

In der Redaktion erregte das große Cube-Gehäuse Aufsehen. Der wohl treffendste Vergleich war der mit einem Aquarium. Das Hyte Y60 ist mit einer Glasfassade versehen, die über die gesamte Front bis zur hinteren, linken Gehäusekante reicht. Damit die Hardware dahinter vollends zur Geltung kommt, ist das Gehäuse mit einer Riser-Card ausgestattet, die den PEG-Steckplatz per Kabel zum Boden verlegt, sodass die Grafikkarte aufrecht steht. Das funktioniert auch mit PCIe-4.0-Grafikkarten problemlos, jedoch passen deshalb in die übrigen Steckplätze nur Low-Profile-Karten.

Netzteil und Laufwerke sowie zugehörige Kabel hat der Hersteller außer Sichtweite auf die Rückseite des Board-Trägers verbannt. Die beiden Schlitten für 3,5"-Festplatten sind von außen leicht zugänglich. Dazu muss man lediglich jeweils zwei Rändelschrauben lösen. Zwei der drei Gehäuselüfter platziert Hyte untypisch im Gehäuseboden, wodurch die Grafikkarte vorteilhaft direkt im Frischluftstrom sitzt. Der dritte Ventilator pustet die Abwärme hinten aus dem Y60 heraus.

Mit 1,8 sone arbeiten die Lüfter bei voller Drehzahl von 1420 U/min etwas leiser als die anderen beiden Gehäuse. Wie gut sie sich regeln lassen, hängt wegen des 3-Pin-Anschlusses aber vom verwendeten Mainboard ab. Einige Boards können die Spannung nicht unter 8 Volt absenken. Die Frontanschlüsse hat Hyte unten links untergebracht, sodass das Gehäuse auf dem Schreibtisch stehen muss, um diese komfortabel zu erreichen. Alternativ gibt es das 220 Euro teure H60 auch in Rot und Weiß.

- **Riser-Karte für Grafikkarten**
- **von außen erreichbare 3,5-Schächte**

DisplayPort-, HDMI- oder MHL-Format sein. Das gilt aber nur, wenn die Geräte an beiden Enden des Kabelstrangs diese Funktion unterstützen.

Alle Leitungen von USB-C belegen USB 3.2 Gen 2x2 (20 Gbit/s), Thunderbolt 3 und 4 (40 Gbit/s) sowie das damit eng verwandte, in den Startlöchern stehenden USB4 (40 Gbit/s) (siehe Seite 54). Der interne Anschluss für Gehäuse ist laut Spezifikation maximal für USB 3.2 Gen 2 mit 10 Gbit/s definiert, wobei das USB Implementers Forum das betreffende Dokument seit 2017 nicht aktualisiert hat. Für den Test haben wir bei allen Kandidaten die Transfergeschwindigkeit dennoch mit einer externen USB-SSD WD Black P50 und dem High-End-Mainboard Asus ROG Maximus Z690 Hero gemessen, die jeweils die doppelt so schnelle USB-Variante können. Probleme gab es dabei nicht, der Durchsatz lag mit 1,9 GByte/s jeweils im grünen Bereich.

Wie stabil die USB-Verbindung im Einzelfall ist, hängt nicht nur von der Qualität der Stecker, Buchsen und Kabel des Gehäuses ab, sondern von allen beteiligten Komponenten wie dem Board, dem Peripheriegerät und dessen Anschlusskabel. Als Faustregel gilt, je weniger Steckverbindungen und je kürzer das Kabel, desto besser. Zudem haben wir die Transfergeschwindigkeiten an den USB-A-Buchsen mit USB 3.2 Gen 1 gemessen. Auch hier gab es mit rund 450 MByte/s keine Auffälligkeiten.

Fazit

Bezüglich Verarbeitungsqualität und Ausstattung kann man beim Kauf eines PC-Gehäuses dieser Preisklasse nur wenig falsch machen. Für 130 Euro und mehr liefern alle Hersteller stabile Gehäuse mit funktionierenden Anschlüssen und praktischen Extras, die PC-Bastlern das Hobby erleichtern. Unterschiede gibt es eher bei Design und Aufbau, wo persönliche Vorlieben und Geschmack mehr zählen als harte Zahlen und Messwerte.

Das Fractal Design Torrent Compact überzeugt durch PWM-geregelte Lüfter und den passenden Hub, an den sich noch viele weitere Ventilatoren anschließen lassen. Liebhaber eines geradlinigen Designs dürften am NZXT H7 Flow Gefallen finden, das einschließlich der Lüfter komplett in Weiß gehalten ist. Hyte konzentriert sich beim Cube-Gehäuse Y60 mit der aufrecht stehenden Grafikkarte primär auf die Optik, verschenkt dadurch aber einiges vom zusätzlichen Platz im Inneren. Wer statt eines Towers Mini-ITX-Gehäuse bevorzugt, findet in c't 19/2022 auf Seite 90 einen passenden Test. (chh) c't



Sechs 300-Euro-Grafikkarten im Test

Endlich sind Grafikkarten wieder bezahlbar und man muss sich nicht mehr zwischen Spielvergnügen und drei Mahlzeiten am Tag entscheiden. Sechs Grafikkarten mit sehr unterschiedlichen Stärken buhlen im Test mit aktueller Technik um Käufer, die mindestens in Full-HD-Auflösung flüssig spielen möchten.

Von **Carsten Spille**

Dank des nahezu versiegten Hypes um Kryptowährungen, speziell Ethereum, und der in der Folge abgestürzten Kurse ist das „Schürfen“ (Mining) nicht mehr attraktiv. Dadurch entspannte sich die Liefersituation bei Grafikkarten und die Preise fielen. Für Spieler attraktive Grafikkarten, die in den letzten beiden Jahren nur völlig überteuert zu bekommen waren, sind jetzt wieder erschwinglich. In diesem Test widmen wir uns drei Grafikchips auf sechs Karten, darunter die Radeon RX 6600, der wir in c’t 25/2021 noch attestierten, die Preise seien „völlig überzogen, mehr als 500 Euro sind für eine

Karte dieser Klasse einfach zu viel“. Inzwischen sind die RX 6600 unter den günstigeren Vertretern im Testfeld und für 300 Euro zu bekommen.

Das Testfeld

Wir haben uns auf Spielergrafikkarten konzentriert, die nicht mehr als 300 Euro kosten, was zum Testzeitpunkt auch der Fall war. Allerdings verlangten die Händler in der Folge bei einigen Probanden den einen oder anderen Zehner extra. Außerdem haben wir den aktuellen Stand der Technik vorausgesetzt. Konkret mussten die Probanden die Anforderungen von DirectX 12 Ultimate erfüllen und daher auch Raytracing-Funktionen in Hardware beherrschen. Das trifft generell für Nvidias Geforce-Reihen RTX 2000 und RTX 3000 sowie AMDs Radeon RX 6000 zu; Intels Arc A580 war zum Testzeitpunkt noch nicht erhältlich. Wer 300 Euro für eine Grafikkarte ausgibt, möchte zudem nicht, dass Speichermangel den Spielspaß trübt, also haben wir Karten mit nur 4 GByte außen vor gelassen. Die Preisanforderungen erfüllen Modelle aus Nvidias erster RTX-Generation mit der Turing-GPU TU106, die auf der RTX 2060 zum Einsatz kommt, und die moderneren, aber insgesamt schwächeren RTX 3050. Aufseiten von AMD gibt es aktuell die Radeon RX 6600.

Einige der sechs Karten haben wir im Handel erworben, da uns die Hersteller nicht bemustern wollten oder konnten. Schließlich nahmen wir unter die Lupe: Asrocks Radeon RX 6600 Challenger D, die EVGA GeForce RTX 2060 SC Gaming, eine Gigabyte GeForce RTX 2060 D6 mit 12 GByte Grafikspeicher, MSIs GeForce RTX 3050 Ventus 2X 8G OC, eine PNY GeForce RTX 3050 XLR8 Gaming Revel Epic-X RGB Dual Fan Edition und von XFX die Speedster SWFT 210 Radeon RX 6600 Core Gaming.

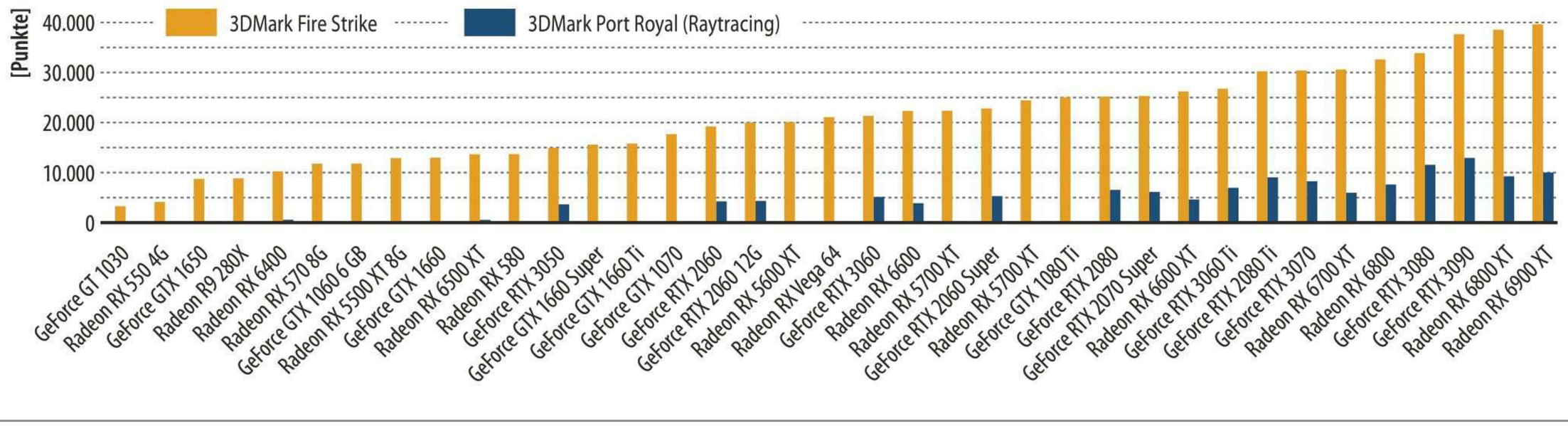
Bis auf die Karte von EVGA haben alle Probanden zwei Lüfter mit Durchmessern zwischen 85 und 97 Millimeter und ihre Kühler blockieren mindestens einen zusätzlichen Steckplatz in der Breite, das EVGA-Modell sogar zwei. Zusammen sollten die Konstruktionen der größtenteils recht geringen nominellen Abwärme zwischen 130 Watt für die beiden RTX 3050-Karten und 180 Watt bei der RTX 2060 mit 12 GByte problemlos und vor allem leise Herr werden. Das klappte allerdings nicht durch die Bank.

Unterschiedliche Akzente

Auch wenn der Preisrahmen die Testkarten eint, haben sie doch alle recht unterschiedliche Qualitäten, die sich aus den jeweiligen Grafikchips, deren Technik und der Speicherausstattung ergeben. So sind die Radeon RX 6600 gute Allrounder mit hoher Performance in herkömmlicher Rastergrafik. Sie sind im Leerlauf besonders sparsam und schlucken auch unter Dauervolllast nur moderat Strom. Kommt aber Raytracing zum Einsatz, rächt sich AMDs einfachere Implementierung der Beschleuniger und die Karten

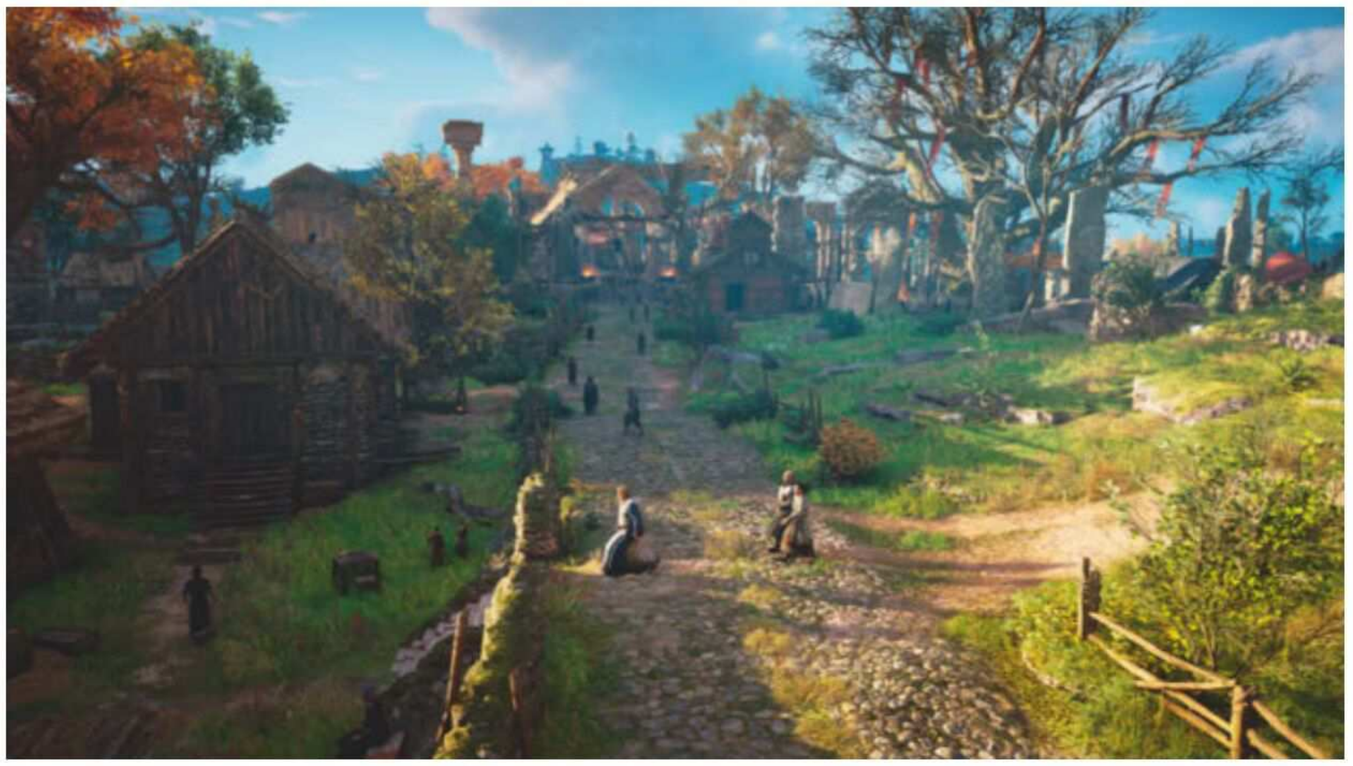
Leistungsübersicht 3D-Grafikkarten

37 Grafikkarten im Leistungsvergleich, sortiert von links nach rechts nach zunehmender Leistung im 3DMark Fire Strike. Die Rangfolge der Raytracing-Performance im 3DMark-Test Port Royal weicht davon ab, daher die etwas wild durcheinander erscheinenden, kürzeren Balken.





Die längeren Karten, wie oben die GeForce RTX 3050 von PNY und unten Asrocks RX 6600, haben so kompakte Platinen, dass der hintere Propeller die warme Abluft durch die Lamellen wegpustet.



Im hübschen Action-Adventure Assassin's Creed Valhalla haben die RTX-3050-Karten bereits an der 60-fps-Marke zu knapsen. Die Radeon RX 6600 haben speziell in diesem Spiel deutlich mehr Reserven.

verlieren prozentual mehr Leistung als ihre Konkurrenten aus Nvidias RTX-Reihe. Mit FidelityFX Super Resolution, kurz FSR, stellt AMD eine Upscaling-Erweiterung zur Verfügung, die die Renderauflösung senkt, das Bild nachschärft und so das Verhältnis von Bildrate zu Bildqualität verbessern soll. Die Funktion gibt es in generischer Form auch im Radeon-Treiber, die Qualität bei den derzeit 45 direkt unterstützten Spielen mit FSR 2.0/2.1 ist jedoch besser.

Die GeForce RTX 3050 ist die aktuelle Einsteigerreihe von Nvidia. Die Karten kosten zum Testzeitpunkt generell etwas mehr als AMDs RX 6600 und halten in der Rastergrafik nicht mit. Immerhin haben die Retail-Versionen bislang durchweg 8 GByte, auch wenn eine mit 4 GByte sehr knapp bestückte Variante im Programm ist. Die Karten brauchen im Leerlauf und unter 3D-Dauerlast etwas mehr Strom als die Radeon, beanspruchen das Netzteil allerdings weniger, weil die Spitzenausschläge deutlich geringer sind.

Die GeForce RTX 2060 stammt aus Nvidias älterer Generation von 2019, deren letzte im Markt verbliebene Karte sie ist. Die Karten sind auf dem Papier in Sachen Rechenleistung der RTX 3050 zwar unterlegen, aber in einer Reihe weiterer Kenngrößen von Speichertransferrate über Geometrie-Durchsatz bis hin zur Füllrate überlegen und kommen so dichter an die Radeon RX 6600 heran, wenn klassische Rastergrafik gefragt ist. Auch mit Raytracing sind sie ein wenig flotter als die RTX 3050, brauchen aber auch mit Abstand am meisten Strom im Testfeld. Das gilt speziell für die RTX 2060 mit 12 GByte, die ihr angenehm dickes Speicherpolster durchfüttern muss.

Nvidias RTX-Karten unterstützen mit Deep Learning Super Sampling, kurz DLSS, eine KI-basierte Upscaling-Technik, die allerdings auch im jeweiligen Spiel vorgesehen sein muss. Die Bildqualität ist oft etwas höher als bei AMDs FSR, auch wenn dessen tendenziell schärfere Darstellung manchem Auge durchaus schmeichelt.

Sparsam ausgestattet

Der enge Preisrahmen für die Testkandidaten zeigte sich auch an Ausstattung und Dreingaben. Nur eine der Karten besitzt eine begrenzte Lightshow: Das GeForce-Logo der PNY-Karte ist mit RGB-LEDs hinterleuchtet. Da eine Beleuchtung zwar von vielen als schick, von anderen aber als nervig und überflüssig empfunden wird, haben wir geprüft, ob man sie abschalten kann: Das ging nur unter Windows mit PNYs Tuning-Tool „Velocity X“. Leider blieb die Einstellung nicht über einen Neustart hinaus bestehen. Die Backplates, die die Rückseiten der Grafikkarten

schützen und auch ein wenig kühlen sollten, sind nur bei Asrock und XFX aus Metall, bei Gigabyte, MSI und PNY aus Kunststoff und bei EVGA komplett abwesend. Kunststoffrückplatten kühlen kaum, die Karten hatten im Test aber keinerlei Temperaturprobleme. Weitere nennenswerte Extras gab es bei keinem der drei Probanden dazu.

3D-Leistung

Die Karten im Testfeld sind für Full-HD-Auflösung (1920 × 1080 Pixel) mit höchster Detailstufe meistens schnell genug, um Spieler mit Vorliebe für Bildraten jenseits der 60 Bilder pro Sekunde (fps) zufriedenzustellen. Doch das klappt nicht in jedem Spiel: In Titeln wie Assassin's Creed Valhalla muss man die Detailstufe herunterschalten, um in allen Lebenslagen die 60-fps-Marke zu knacken.

Andererseits gibt es genügend Spiele, die auch eine Auflösungsstufe höher, also in WQHD mit 2560 × 1400 Bildpunkten, geschmeidig über das Display rennen. Shadow of the Tomb Raider, kurz SotTR, ist so eines. Damit schaffen selbst die RTX 3050 als langsamste Karten im Feld noch über 85 fps im Durchschnitt, und auch in den langsameren Szenen sind mehr als 60 Bilder pro Sekunde drin. Die schnellsten Beschleuniger für Rastergrafik in diesem Test, die RX 6600, und auch die beiden RTX 2060er knacken mühelos die 100-fps-Marke.

Für uns ein Grund, bei SotTR zusätzlich auch die Raytracing-Kerne zu fordern und den Modus mit den schickeren Schatten zu aktivieren. Dadurch sinken die Bildraten um mindestens ein Drittel und die RTX 2060 schiebt sich in Front. Im Mittelfeld liegen die RTX-3050-Karten und am meisten Federn lassen die RX 6600, die in den langsamsten Raytracing-Szenen

300-Euro-Grafikkarten: Spielleistung ohne Raytracing

Grafikkarte	Assassin's Creed: Valhalla (DX12)[1]		Shadow of the Tomb Raider (DX12)[2]	
	FHD	WQHD	FHD	WQHD
	[fps[3]] besser ▶	[fps[3]] besser ▶	[fps[3]] besser ▶	[fps[3]] besser ▶
Asrock Radeon RX 6600 Challenger D	50/79	41/53	83/107	57/69
EVGA GeForce RTX 2060 SC Gaming	48/63	37/46	74/100	51/66
Gigabyte GeForce RTX 2060 D6 12G	48/63	38/47	78/105	56/71
MSI GeForce RTX 3050 Ventus 2X 8G OC	44/55	31/41	67/89	47/60
PNY GeForce RTX 3050 XLR8 Gaming Revel Epic-X RGB Dual Fan Ed.	43/55	32/41	67/88	47/59
XFX Speedster SWFT 210 Radeon RX 6600 Core Gaming	49/80	40/53	84/108	55/68
zum Vergleich				
Radeon RX 6650 XT 8G	61/101	43/70	108/141	74/91
Radeon RX 6600 XT 8G	69/96	50/67	106/138	72/89
GeForce RTX 2060 Super 8G	58/78	45/59	88/119	63/80
Radeon RX 5700 8G	56/75	44/57	83/108	59/72
GeForce RTX 3060 12G	56/75	44/57	92/122	65/83
Radeon RX 5600 XT 6G	48/65	39/50	73/98	51/65
GeForce RTX 2060 FE 6G	48/63	36/47	74/100	51/66
GeForce GTX 1070 8G	40/57	31/42	65/86	44/56
GeForce GTX 1060 6G	30/41	22/29	44/59	30/39
Radeon RX 6500 XT 4G	21/39	13/25	52/65	32/40
Radeon RX 570 8G	31/38	24/28	44/57	30/38
GeForce GTX 1650 4G	22/30	16/21	40/50	25/32

gemessen unter Windows 11 auf Ryzen 9 5900X, 32 GByte DDR4-3600, Treiber AMD Radeon: 22.8.1, Nvidia GeForce 516.94, VSync aus, rBAR an bei RTX 30/RX 6600
[1]Preset „Extrem hoch", AA „Hoch", 16x AF [2]Preset „Ultrahoch", SMAA, 16x AF
[3]Bilder pro Sekunde. Dunkler Balken: P1-Perzentil, d.h. 99 Prozent der Bildrate ist höher; heller Balken: Durchschnittswert

nur knapp über den als Ruckelgrenze geltenden 30 fps landen. Im Schnitt bleiben sie, wie auch die RTX 3050, knapp unter 60 fps.

Die Raytracing-Leistung hängt stark vom Spiel ab. Das Rennspiel Dirt 5 hat zum Beispiel eine sehr leistungschonende Strahlverfolgung, bei Metro Exodus Enhanced Edition haben die Entwickler besser optimiert als für Tomb Raider. In Metro liegen die RX 6600 zwischen den beiden RTX-Generationen, aber an höhere Auflösungen als Full HD ist mit Ultra-Detailstufe nicht zu denken, denn dann sinken die Bildraten in rucklige Gefilde.

Auch Cyberpunk 2077 läuft auf einer RTX 3050 in Full-HD-Auflösung und Ultra-Detailstufe noch mit durchschnittlich 47 fps (31 fps an den lahmsten Stellen), bricht jedoch selbst mit niedrigster Raytracing-Einstellung ohne DLSS oder FSR bereits deutlich ein. Mit mittleren Raytracing-Einstellungen sinken die Durchschnitts-fps unter 30 und die Shooter-Elemente sind nur noch erschwert spielbar. Mit höchster Raytracing-Stufe sinken die Bildraten zeitweise auf einstellige Werte.

Speichermengen

In den von uns getesteten Spielen und Renderauflösungen bis WQHD (2560 × 1440 Bildpunkte) erwiesen sich die Speichermengen von 6 GByte aufwärts als ausreichend und wir konnten keine Beeinträchtigung der Leistung durch volllaufende Grafikspeicher feststellen. Das stellt sich in höheren Leistungsklassen anders dar, wo die Grafikkarte auch in 4K-Auflösung noch 60 fps schaffen muss, für das

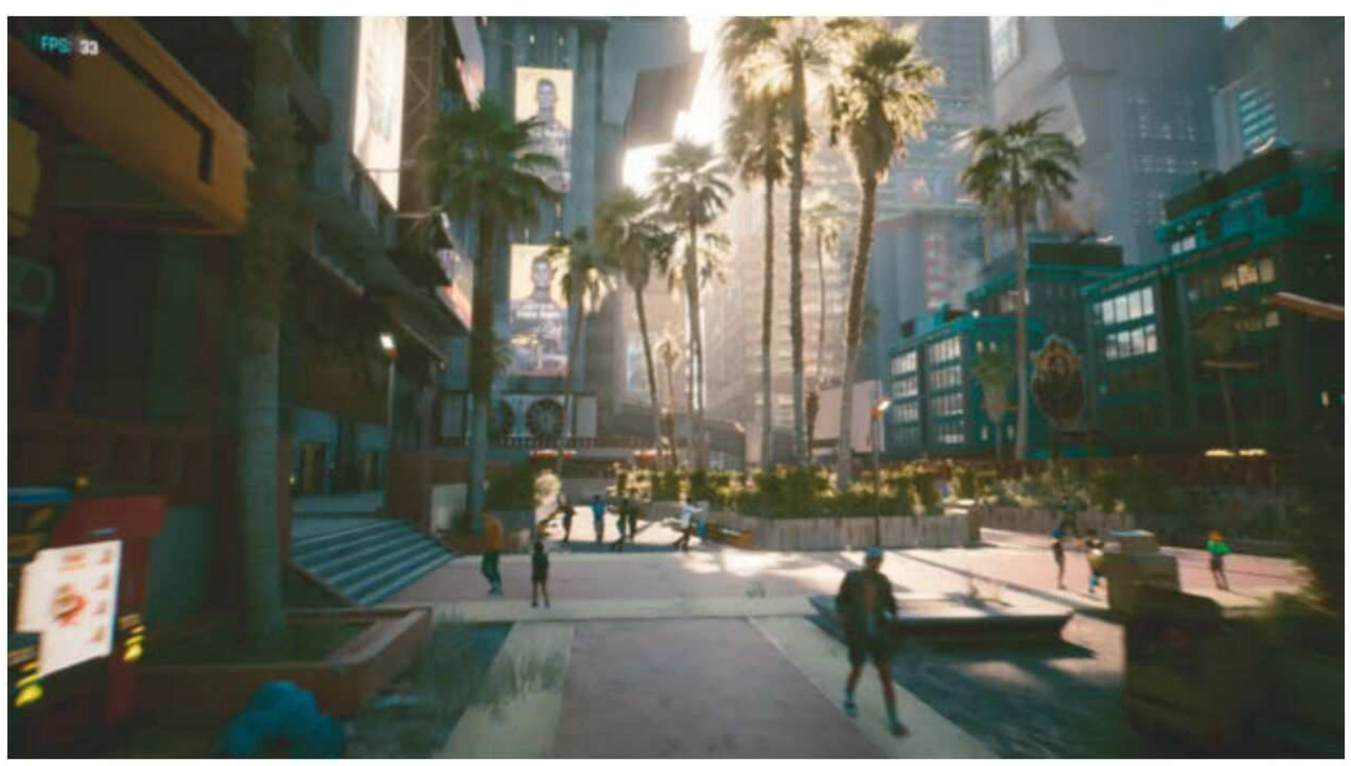


EVGAs GeForce RTX 2060 belegt als einzige Karte im Test wegen ihres dicken Kühlkörpers zwei zusätzliche Steckplätze. Das ist in dieser Klasse ungewöhnlich, dafür ist die Karte vergleichsweise kurz.

Leistungsniveau der 300-Euro-Mittelklasse reichen 6 und erst recht 8 GByte derzeit jedoch aus.

Abseits von Spielen kann das anders aussehen. Wer KI-Modelle auf der Grafikkarte rechnet, kann nie genug Speicher haben, doch auch verbreitetere Anwendungen wie das 3D-Rendering- und -Animationsprogramm Blender können ziemlich gierig danach sein. In der frisch erschienenen Version 3.3, die außer Nvidias Cuda- und Optix-Backends auch AMDs HIP und sogar Intels OneAPI zur Beschleunigung nutzt, trat dies in der Benchmark-Szene aus dem Animationsfilm Cosmos Laundromat um ein suizidales Schaf auf.

Dort liefen die 6 GByte Grafikspeicher der EVGA RTX 2060 ratzfatz voll, sodass dauernd Daten zwischen Haupt- und Grafikspeicher hin und her geschaufelt werden mussten, was die Berechnung auf gut 25 Minuten verlängerte. Das Perfide: Die Anzeige der Grafikspeicherbelegung verharrte bei knapp über



In Optikkrachern wie Cyberpunk 2077 haben alle Karten schon ohne Raytracing hart zu kämpfen. Mit Raytracing braucht es in der Leistungsklasse von GeForce RTX 3050 bis Radeon RX 6600 Upscaler wie DLSS oder FSR, um in Full HD noch angenehm spielen zu können.

4 GByte und gab so keinen Hinweis auf das Problem. Erst die Analyse der PCI-Express-Transfers, die mit 85 Prozent Auslastung dauerhaft sehr häufig waren, brachte uns auf die richtige Fährte des volllaufenden Grafikspeichers. Die nicht viel stärkere Gigabyte RTX 2060 mit 12 GByte schaffte die Aufgabe hingegen in knapp über fünf Minuten und zeigte dabei rund 7,6 GByte benötigten Speicher an. Folglich hatten die RTX-3050-Karten ebenfalls keine Probleme und auch die Radeon-Modelle sollten das schaffen – dachten wir. Doch die HIP-Schnittstelle, als einzige für AMD-Karten nutzbar, belegte für die Aufgabe noch mehr Grafikspeicher und die RX-6600-Karten waren daher nur wenig flotter als die 6-GByte-RTX-2060.

Bemerkenswertes Detail: Das Nvidia-Optix-Backend, welches auf die hauseigenen Raytracing-Kerne optimiert ist, benötigt offenbar weniger Speicher als AMDs HIP und Intels OneAPI und läuft auch mit 6 GByte noch flott.

Leise Lüftchen

Die Leistungsaufnahme und damit auch (beinahe) die Abwärme der Karten liegt zwischen 117 und 186 Watt unter Volllast. Die Kühler der Karten, die entweder ein dickes Lamellenpaket oder zwei Lüfter besitzen, haben damit kein Problem. Kritische Temperaturwerte oberhalb von 90 Grad Celsius traten im Test nicht auf. Im Gegenteil: Asrock, XFX und PNY schaffen es, die Lüfter so langsam laufen zu lassen, dass die Geräuschbelästigung auch unter Volllast kaum stört. Am besten gelingt das der Asrock Challenger, deren Lüfter nur mit 0,3 sone vor sich hin fächeln, aber leider mit hochfrequentem Spulenfiepen nerven, wenn hohe dreistellige Bildraten anliegen. Gigabytes RTX 2060 ist im Test am lautesten, sieht man vom verkorksten und fürs Krypto-Mining gedachten Sekundär-BIOS der XFX-Karte ab. Im Leerlauf sind alle Karten außer der EVGA dank Zero-Fan-Funktion, also abgeschaltetem Lüfter, nicht zu hören.



Bei der Leistungsaufnahme führen die beiden AMD-Karten mit rund 5 Watt, solange nur ein UHD-Display angeschlossen ist. Müssen die Karten die Maximalzahl an Monitoren bedienen, steigt die Leistungsaufnahme deutlich an. Die RTX 3050 machen ihre Sache mit rund 15 Watt am besten, die RX 6600 landen im Mittelfeld. Besonders stromdurstig ist die RTX 2060 von Gigabyte mit 37 Watt.

Fazit

Nvidias Preis- und Produktpolitik macht dem Kunden das Leben nicht einfach: Die älteren RTX 2060 sind zwar flotter als die gleich teuren RTX 3050, brauchen aber mehr Strom. Schade, dass beide Karten im Test auch die lautesten waren. Wer viel Wert auf das Raytracing-Gesamtpaket aus Performance und Software-

300-Euro-Grafikkarten: Spielleistung mit Raytracing

Grafikkarte	Shadow of the Tomb Raider (DX12)[1]		Metro Exodus Enhanced (DX12)[2]		Control (DX12)[3]	
	FHD	WQHD	FHD	WQHD	FHD	WQHD
	[fps[4]] besser ▶	[fps] besser ▶	[fps] besser ▶	[fps] besser ▶	[fps] besser ▶	[fps] besser ▶
Asrock Radeon RX 6600 Challenger D	32/60	23/38	29/45	22/31	21/27	13/16
EVGA GeForce RTX 2060 SC Gaming	47/66	31/42	29/47	23/34	26/36	12/17
Gigabyte GeForce RTX 2060 D6 12G	54/72	36/47	31/49	24/36	27/36	17/22
MSI GeForce RTX 3050 Ventus 2X 8G OC	44/60	29/39	25/39	19/29	25/31	17/19
PNY GeForce RTX 3050 XLR8 Gaming Revel Epic-X RGB Dual Fan Ed.	44/59	28/38	24/39	19/29	25/30	16/19
XFX Speedster SWFT 210 Radeon RX 6600 Core Gaming	32/58	20/37	22/44	22/31	21/27	10/15
zum Vergleich						
GeForce RTX 3070 8G	84/118	56/78	46/79	39/59	50/64	34/42
Radeon RX 6700 XT 12G	59/97	42/66	45/69	35/49	34/44	21/27
GeForce RTX 3060 12G	62/82	41/54	34/55	28/41	35/43	22/27
GeForce RTX 2060 Super 8G	58/80	38/52	34/55	28/40	30/40	19/25
Radeon RX 6600 XT 8G	39/72	26/47	37/55	28/39	24/34	14/19
Radeon RX 6500 XT 4G	11/23	8/15	8/15	7/10	–/–	–/–

gemessen unter Windows 11 auf Ryzen 9 5900X, 32 GByte DDR4-3600, Treiber AMD Radeon: 22.8.1, Nvidia GeForce 516.94, VSync aus, rBAR an bei RTX 30/RX 6600
[1]Preset „Ultrahoch", SMAA, 16x AF, Raytracing-Schatten „ultra" [2]Preset „High", Raytracing „High" ohne/mit DLSS [3]Preset „High" ohne/mit DLSS
[4]Bilder pro Sekunde. Dunkler Balken: P1-Perzentil, d. h. 99 Prozent der Bildrate ist höher; heller Balken: Durchschnittswert

Mittelklasse-Grafikkarten: Lautheit und Leistungsaufnahme

Grafikkarte	Lautheit		Leistungsaufnahme		
	Leerlauf	3D-Volllast	Leerlauf	3D-Dauervolllast	Spitzenwerte
	[sone[1]] ◀ besser	[sone[2]] ◀ besser	[Watt[3]] ◀ besser	[Watt] ◀ besser	[Watt[4]] ◀ besser
Asrock Radeon RX 6600 Challenger D	<0,1	0,5[5]	5/22	123	278
EVGA GeForce RTX 2060 SC Gaming	0,1	2,6	10/29	172	230
Gigabyte GeForce RTX 2060 D6 12G	<0,1	2,9[5]	12/37	186	245
MSI GeForce RTX 3050 Ventus 2X 8G OC	<0,1	1,8	10/15	135	182
PNY GeForce RTX 3050 XLR8 Gaming Revel Epic-X RGB Dual Fan Edition	<0,1	0,9	11/16	132	186
XFX Speedster SWFT 210 Radeon RX 6600 Core Gaming	<0,1	0,6	5/23	117	234

gemessen unter Windows 11, VSync aus, rBAR an bei RTX 30/RX 6600
[1]Alle Karten außer der EVGA halten im Leerlauf ihre Lüfter an und bleiben unter unserer Messgrenze [2]gemessen im geschlossenen Gehäuse nach Aufwärmphase [3]mit 1 UHD-Monitor / 4 Monitoren (EVGA: 3)
[4]Spitzenausschläge im Millisekundenbereich [5]Ausgeprägtes Spulenfiepen, ohne Fiepen Asrock: 0,3 sone, Gigabyte: 2,8 sone

Support etwa via DLSS legt, der greift dennoch eher zur älteren GeForce-Karte, speziell der mit verdoppeltem Speicher, falls er den Aufpreis zu zahlen bereit ist.

Den insgesamt besten Eindruck hinterließen jedoch die beiden Radeon-Karten, die bei herkömmlicher Grafikberechnung ohne Raytracing deutlich mehr Reserven als die RTX-Karten hatten. Doch auch mit Raytracing waren sie schneller als Nvidias aktuelle RTX-3050-Modelle und landeten nicht weit hinter den älteren RTX-2060. Zudem arbeiteten sie im Leerlauf und unter Dauerlast effizienter und insgesamt leiser, nur an den Spitzenausschlägen müssen die Hersteller noch feilen. Die sind bei ausreichend dimensioniertem Netzteil aber kein echtes Problem. (csp) c't

GeForce und Radeon: Spieler-Grafikkarten ab 300 Euro

Hersteller, URL	Asrock, asrock.com	EVGA, de.evga.com	Gigabyte, gigabyte.com	MSI, de.msi.com	PNY, pny.com	XFX, xfxforce.com
Modell (Modellnummer)	Asrock Radeon RX 6600 Challenger D (90-GA2RZZ-00UANF)	EVGA GeForce RTX 2060 SC Gaming (06G-P4-2062-KR)	Gigabyte GeForce RTX 2060 D6 12G (GV-N2060D6-12GD)	MSI GeForce RTX 3050 Ventus 2X 8G OC (V397-418R)	PNY GeForce RTX 3050 XLR8 Gaming Revel Epic-X RGB Dual Fan Edition (VCG30508DFXPPB)	XFX Speedster SWFT 210 Radeon RX 6600 Core Gaming (RX-66XL8LFDQ)
GPU / Fertigung / Transistoren	Navi 23/ TSMC 7 nm / 11,1 Mrd.	TU106 / TSMC 12 nm / 10,8 Mrd.	TU106 / TSMC 12 nm / 10,8 Mrd.	GA106 (LHR) / Samsung 8 nm / 12 Mrd.	GA106 (LHR) / Samsung 8 nm / 12 Mrd.	Navi 23/ TSMC 7 nm / 11,1 Mrd.
BIOS-Version / UEFI-tauglich	020.003.000.030.800296 / ✓	90.06.89.00.39 / ✓	90.06.6A.00.75 / ✓	94.06.37.00.86 / ✓	94.06.37.00.5C / ✓	020.003.000.030.000000 / ✓
Shader / TMU / ROP / RT / Tensor	1792 / 112 / 64 / ✓ / n. v.	1920 / 120 / 48 / ✓ / ✓	2176 / 136 / 48 / ✓ / ✓	2560 / 80 / 32 / ✓ /✓	2560 / 80 / 32 / ✓ /✓	1792 / 112 / 64 / ✓ / n. v.
GPU-Takt: Basis / Gaming / Boost (max.)[1]	1626 / 2044 / 2491 (2507) MHz	1365 / k. A. / 1710 (1935) MHz	1470 / k. A. / 1650 (1950) MHz	1552 / k. A. / 1807 (1972) MHz	1552 / k. A. / 1777 (1920) MHz	1626/ 2044 / 2491 (2567) MHz
Rechenleistung[2] FP32 / FP16 / FP64	8,93 / 17,86 / 0,56 TFlops	6,57 / 13,13 / 0,21 TFlops	7,18 / 14,36 / 0,22 TFlops	9,25 / 18,50 / 0,14 TFlops	9,10 / 18,20 / 0,14 TFlops	8,93 / 17,86 / 0,56 TFlops
Speichermenge / -typ (-durchsatz)	8 GByte GDDR6 (224 GByte/s)	6 GByte GDDR6 336 GByte/s)	12 GByte GDDR6 (336 GByte/s)	8 GByte GDDR6 (224 GByte/s)	8 GByte GDDR6 (224 GByte/s)	8 GByte GDDR6 (224 GByte/s)
TDP[3]/ Stromversorgung	132 W / 1 × 8-Pin	160 W / 1 × 8-Pin	185 W / 1 × 8-Pin	130 W / 1 × 8-Pin	130 W / 1 × 8-Pin	132 W / 1 × 8-Pin
Abmessungen (L × H × T) / Gewicht	267 mm × 132 mm × 42 mm / 612 g	191 mm × 112 mm × 59 mm / 664 g	226 mm × 122 mm × 43 mm / 566 g	236 mm × 124 mm × 43 mm / 668 g	246 mm × 120 mm × 43 mm / 546 g	245 mm × 130 mm × 43 mm / 614 g
Ausstattung						
Display-Ausgänge	3 × DP 1.4a, 1 × HDMI 2.1	1 × DP 1.4a, 1 × HDMI 2.0b, 1 × DVI-D DL	3 × DP 1.4a, 1 × HDMI 2.0b	2 × DP 1.4a, 1 × HDMI 2.1	2 × DP 1.4a, 1 × HDMI 2.1	3 × DP 1.4a, 1 × HDMI 2.1
Lüfter / Zero-Fan-Modus[4]	2 × 97 mm / ✓	1 × 88 mm / ✓	2 × 88 mm / ✓	2 × 95 mm / ✓	2 × 88 mm / ✓	2 × 95 mm / ✓
Besonderheiten	Backplate (Metall), keine RGB-LED	belegt 3 Slots, keine RGB-LED	Backplate (Kunststoff), keine RGB-LED	Backplate (Kunststoff), keine RGB-LED	Backplate (Kunststoff), RGB-LED-Beleuchtetes Logo	Backplate (Metall), keine RGB-LED, 2. BIOS mit Mining-Profil (s. Text)
Technische Prüfungen						
3DMark Firestrike Extreme / Time Spy / Port Royal	10151 / 8436 / 3665 Punkte	9255 / 7897 / 4194 Punkte	9565 / 8306 / 4339 Punkte	7391 / 6743 / 3484 Punkte	7222 / 6591 / 3481 Punkte	9999 / 8340 / 3596 Punkte
LuxMark 3.1 LuxBall HDR	22979 Punkte	21650 Punkte	21497 Punkte	20610 Punkte	20760 Punkte	23093 (23103)[5] Punkte
Leistungsaufnahme[6] 2D / 3D / Peak	5 (22) / 123 / 278 W	10 (29) / 172 / 230 W	12 (37) / 186 / 245 W	10 (15) / 135 / 182 W	11 (16) / 133 / 186 W	5 (23) / 117 / 234 W
Lautheit 2D / 3D	<0,1 / 0,5 sone	0,1 / 2,6 sone	<0,1 / 2,8 sone	<0,1 / 1,8 sone	<0,1 / 0,9 sone	<0,1 / 0,6 (3,7)[5] sone
Bewertungen						
3D-Leistung FHD / WQHD (mit RT)[7]	⊕⊕ (○) / ○ (⊖⊖)	⊕ (○) / ○ (⊖)	⊕ (○) / ○ (⊖)	⊕ (○) / ○ (⊖⊖)	⊕ (○) / ○ (⊖⊖)	⊕⊕ (○) / ○ (⊖⊖)
Geräuschentwicklung Leerlauf / Last	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊖⊖	⊕⊕ / ⊖⊖	⊕⊕ / ⊖	⊕⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕
Straßenpreis / Garantie	325 € / 2 Jahre[8]	300 € / 3 Jahre[9]	340 € / 3 Jahre[8]	325 € / 3 Jahre[8]	320 € / 3 Jahre	295 € / 2 Jahre[8]

[1] Nvidia gibt keinen Gaming-Takt an, bei AMD und Nvidia überschreiten die Boost-Taktraten die Herstellerangaben, maximaler Wert in Klammern) [2] mit Boost-Takt [3] Herstellerangabe, bei Nvidia GeForce und AMD Radeon unterschiedlich definiert [4] Lüfter stehen im Leerlauf still [5] mit primärem (sekundärem) BIOS [6] ruhender Windows-Desktop mit einem UHD-Monitor (mit max. Mon.) / Mittelwert im 3DMark 11 GT1 / kurzzeitig auftretende Spitzenwerte [7] bezogen auf die gewählten Einstellungen [8] Abwicklung nur über Händler [9] nicht übertragbar, kostenpflichtig auf 5 bis 7 Jahre verlängerbar
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ funktioniert — funktioniert nicht n. v. nicht vorhanden k. A. keine Angabe



Asrock Radeon RX 6600 Challenger D

Asrocks Challenger ist mit einer Länge von 267 Millimetern die größte Karte im Test. Die beiden 97-Millimeter-Lüfter laufen ruhig und gleichmäßig, ab einer Chiptemperatur von 52 Grad Celsius mit zunächst knapp 700 U/min, mit steigender Temperatur pendeln sie sich meist bei 1400 U/min ein.

Die Temperaturen blieben dabei niedrig, sodass die Asrock-Karte durch geringfügig höhere Takte einen minimalen Vorsprung vor dem XFX-Modell einfährt. Schade, dass die Karte ohne vertikale Synchronisation und hohen dreistelligen fps-Werten zu hochfrequentem Störgeräusch neigt.

Wie alle Karten im Test braucht die Challenger zusätzlichen Strom über einen Achtpol-Anschluss vom Netzteil und zieht darüber auch die höchsten Spitzenwerte von 278 Watt. Diese treten nur im Millisekundenbereich unter Volllast auf, können bei sehr knapp dimensionierten Netzteilen aber zum Absturz führen – planen Sie hier also besser mit der höheren Wattzahl.

- **schnellste Karte im Test (Rastergrafik)**
- **leiser Kühler**
- **Spulenfiepen**
- **hohe Lastspitzen**

Preis: circa 325 Euro



EVGA GeForce RTX 2060 SC Gaming

Die Superclocked-Version von EVGAs RTX 2060 ist ein kleines Kuriosum. Als einzige hat sie nur einen (nicht einmal besonders großen) Lüfter, belegt aber dafür zwei Extra-Steckplätze. Der Luftstrom wird zu einem guten Teil direkt gegen die Seitenwand geleitet. Wessen Gehäuse hier also Luftlöcher besitzt, freut sich über eine niedrige Temperatur. Der Lüfter der Karte ist von der eher lauten Sorte und sein an ein Heulen erinnernder Geräuschpegel von 2,6 sone unter Volllast stört in ruhigen Passagen; im Leerlauf schaltet er zudem nicht ab.

Der mit 6 GByte kleinste Speicher im Testfeld bremste beim Spielen nicht, wohl aber beim Rendering mit Blender in anspruchsvollen Szenen, wodurch sich die Wartezeiten vervielfachten.

Die EVGA SC war zum Testzeitpunkt mit 250 Euro außerdem die günstigste Karte, leider hat sich der Preis in der Folge auf 270 Euro wieder etwas erhöht. EVGA gibt ab Werk zwar 3 Jahre Garantie, die man aber auf 5 oder 7 Jahre verlängern kann.

- **günstig**
- **auf 7 Jahre erweiterbare Garantie**
- **Garantieerweiterung kostenpflichtig**
- **wenig Speicher**

Preis: circa 300 Euro



Gigabyte GeForce RTX 2060 D6 12G

Mit 12 Gigabyte war die Gigabyte RTX 2060 opulent ausgestattet, sodass im Test zu keiner Zeit Engpässe auftraten.

Die Kühlung der maximal 182 Watt Abwärme hat Gigabyte nicht so gut gelöst. Die Karte wird unter Last bis zu 2,9 sone laut, weil auch die Spulen elektronische Störgeräusche bei hohen dreistelligen Bildraten und abgeschalteter vertikaler Synchronisation produzieren – sonst ist es 0,1 sone weniger, aber immer noch sehr laut. Die beiden Lüfter hatten eine unterschiedliche Geräuschcharakteristik: Der vordere brummte eher, der hintere heulte ein wenig.

Anders als der Name vermuten lässt, spendieren Nvidia und Gigabyte der RTX 2060 mit 12 GByte auch ein paar zusätzliche Recheneinheiten im Vergleich zur 6-GByte-Version. Das hievt die Performance knapp über das Niveau der übertakteten regulären RTX 2060 und macht die 12-GByte-Gigabyte zur schnellsten Karte im Test bei aktivierter Raytracing-Grafik.

- **opulenter Speicher**
- **schnellste Karte im Test (Raytracing)**
- **lauter Lüfter**
- **hohe Leistungsaufnahme**

Preis: circa 340 Euro



MSI GeForce RTX 3050 Ventus 2X 8G OC

MSIs Ventus 2X sticht in keiner Disziplin besonders heraus, leistet sich aber auch keinen krassen Ausrutscher. Die beiden Lüfter sind allerdings trotz der niedrigen Leistungsaufnahme unter Volllast zu laut, das geht deutlich leiser, wie die PNY-Karte zeigt. Immerhin haben die MSI-Ingenieure die Karte so gestaltet, dass Störgeräusche so gut wie nicht auftreten.

Im Multi-Display-Betrieb ist sie die sparsamste Karte im Testfeld und auch unter Last braucht sie nicht viel mehr elektrische Leistung als die (schnelleren) RX-6600-Karten.

Durch das höhere Geräuschniveau und die damit auch niedrigeren Temperaturen hält die Ventus 2X allerdings auch einen etwas höheren Takt, sodass sie in fast allen Benchmarks minimal schneller als die PNY-Karte ist. Sie reißt zwar bei herkömmlicher Rastergrafik keine Bäume aus, ist dafür aber mit Raytracing-Optik auf dem Niveau der RX 6600.

- **sparsamer Multi-Monitor-Betrieb**
- **gutes Speicherpolster**
- **leicht übertaktet**
- **Kühler zu laut**

Preis: circa 325 Euro



PNY GeForce RTX 3050 XLR8 Gaming Revel Epic-X RGB Dual Fan Edition

Als einzige Karte im Test gibt es bei der PNY mit dem langen Namen eine kleine Licht-Show in Form des RGB-LED-beleuchteten GeForce-Logos. Ärgerlich, dass Farbspektrum, Leuchtmuster oder das Ausschalten nur über das hauseigene Tool Velocity X unter Windows gelingen und nicht über einen Neustart hinaus erhalten bleiben.

Ansonsten ist die Karte aber eine sehr gute RTX 3050. Sie braucht beim Mehrschirmbetrieb wenig Strom, hat geringe Lastspitzen, sodass auch bei der Netzteilwahl weniger Reserven eingeplant werden müssen.

Gut gelungen ist PNY auch der Kühler. Die im Leerlauf stillstehenden Rotoren laufen ab 51 Grad Celsius mit gemächlichen 1000 U/min an und werden auch unter Volllast nicht lauter als 0,9 sone und erzeugen dabei ein angenehmes, weil gleichmäßiges Rauschen.

- **leiser Kühler**
- **gutes Speicherpolster**
- **sparsamer Multi-Monitor-Betrieb**
- **LED-Konfiguration schwach**

Preis: circa 320 Euro



XFX Speedster SWFT 210 Radeon RX 6600 Core Gaming

Als einzige Karte im Test hat die XFX ein Dual-BIOS. Doch anstatt bei geänderter Schalterstellung eine Übertaktungsoption oder ein (noch) leiseres Lüfterprofil zu hinterlegen, schaltete unser Testmuster dann auf ein Mining-optimiertes BIOS: Die Lüfter rauschten selbst im Leerlauf mit voller Drehzahl und erzeugten sehr laute 3,6 sone.

Mit dem ab Werk ausgewählten BIOS jedoch machte die Speedster bei herkömmlicher Rastergrafik ordentlich Dampf und hatte auch Reserven für WQHD-Auflösung. Ihre Lüfter waren selbst bei Dauervolllast kaum zu hören und starteten erst ab 50 Grad Celsius mit 700 U/min und beschleunigten bei steigenden Temperaturen auf bis zu 1200 Umdrehungen. Elektronische Störgeräusche waren dabei nicht zu vernehmen.

Die XFX-Radeon war mit Raytracing nicht viel flotter als die RTX 3050, ohne die teuren Bildaufhübscher allerdings eine der schnellsten Karten im Feld.

- **schnelle Karte für Rastergrafik**
- **guter Kühler**
- **zweites BIOS sinnlos**
- **hohe Lastspitzen**

Preis: circa 295 Euro

Bauvorschläge mit Ryzen 5000 aufrüsten

Mit neuem BIOS laufen aktuelle AMD-Prozessoren in unseren viereinhalb Jahre alten c't-Bauvorschlägen. Die Ryzen 5000 locken mit mehr Leistung, geringerem Energiebedarf und Windows-11-Kompatibilität. Wir haben nachgemessen, wie viel der CPU-Tausch bringt.

Von **Christian Hirsch**



Aktuelle CPU für 2017er PC-Bauvorschläge	106
Ryzen-4000- und -5000-Prozessoren	108
Ryzen-Sechzehnkerner auf 45-Euro-Board	112

Die erste Ryzen-Generation erregte 2017 großes Aufsehen, denn sie lieferte doppelt so viel Rechenleistung fürs gleiche Geld. Deshalb waren die Ryzen-1000-CPUs damals erste Wahl für unsere PC-Bauvorschläge. Mit acht Kernen, 16 GByte RAM und 500-GByte-SSD müssen sich der Ryzen-PC aus c't 12/2017 und der Ryzen-Allrounder aus c't 26/2017 nicht hinter heutigen Systemen verstecken.

Die Prozessorentwicklung blieb in der Zwischenzeit aber nicht stehen, Effizienz und Rechenleistung pro Takt legten erheblich zu. Das Upgrade auf die aktuellen Ryzen 5000 klappt aber erst seit Mai 2022. Zuvor fehlte die passende Firmware für Boards mit Serie-300-Chipsatz. Als Bonus schob AMD zudem drei preiswerte Ryzen-5000-CPUs nach (siehe S. 108). Somit können Sie Ihrem Ryzen-PC noch einmal einen zweiten Frühling bescheren.

Prozessortausch

Für das Upgrade benötigen Sie als Erstes eine neue CPU. Wir empfehlen den Achtkerner Ryzen 7 5700X in der Boxed-Variante für rund 230 Euro. Wer etwas Geld sparen möchte, greift zum Ryzen 5 5600X mit sechs Kernen für 185 Euro. Dank der Thermal Design Power von lediglich 65 Watt können Sie den CPU-Kühler Scythe Kabuto 3 mit den gleichen Lüftereinstellungen weiter betreiben.

Bevor Sie jedoch den Umbau starten, müssen Sie zunächst das BIOS des Mainboards MSI X370 SLI Plus auf Version 7A33v3L4 aktualisieren (Download über ct.de/wbsz). Das klappt am besten vom USB-Stick mit der im BIOS-Setup integrierten Funktion M-Flash. Tauschen Sie nun die CPUs und achten Sie darauf die Beinchen nicht zu verbiegen und anschließend neue Wärmeleitpaste aufzubringen.

BIOS-Update

ct.de/wbsz

Nach dem Einschalten müssen Sie die BIOS-Einstellungen von der Projektseite (siehe ct.de/wbsz) erneut vornehmen, weil diese beim Update und dem CPU-Tausch verloren gehen. Im Windows-Update bekommen Sie dank des modernen Prozessors sofort das Update von Windows 10 auf 11 angeboten. Dies haben wir gleich durchgeführt und vergleichen deshalb die Ausgangskonfiguration mit Windows 10 gegen das Ryzen-5000-Upgrade mit Windows 11.

Was bringts?

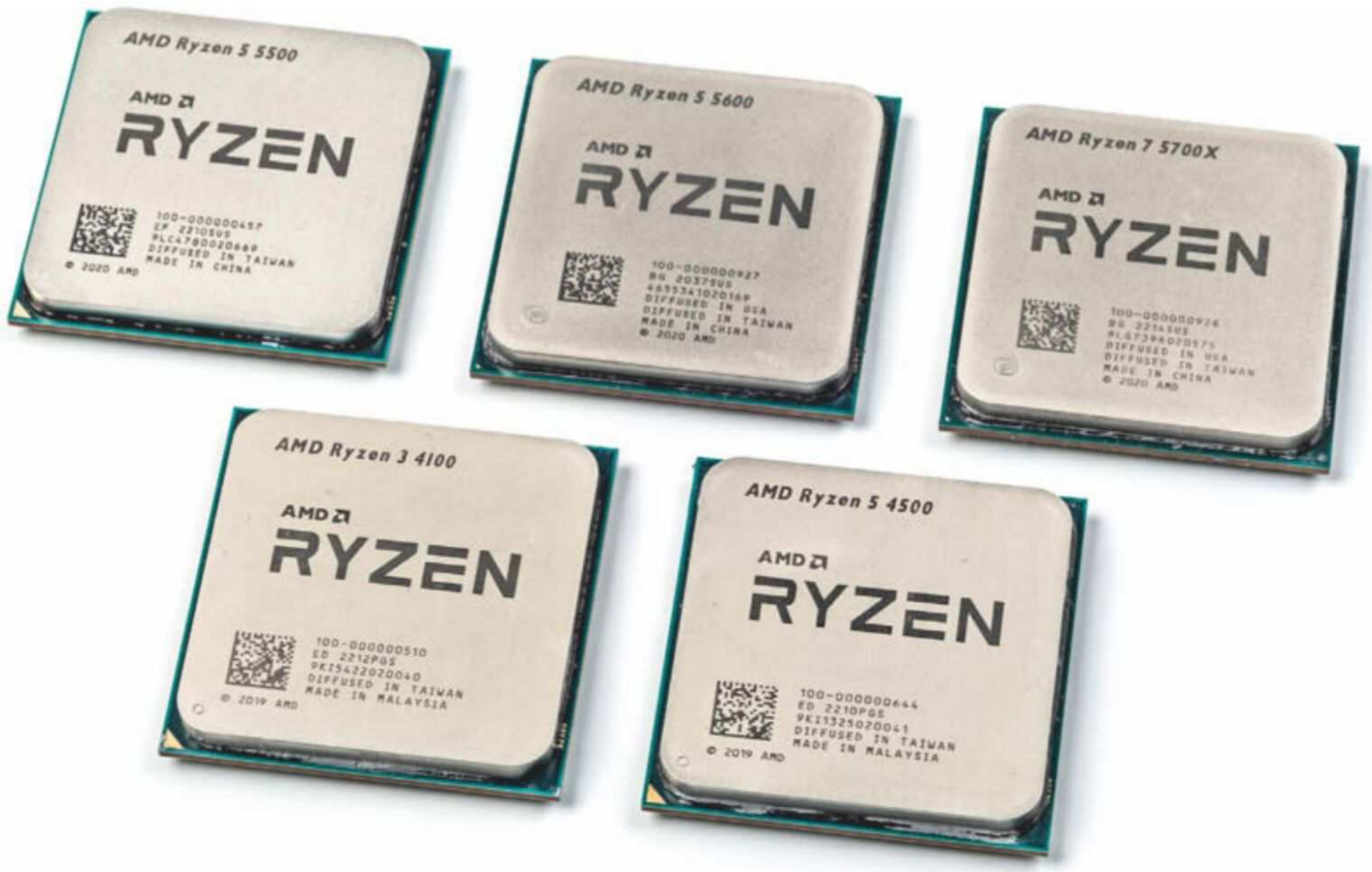
Größter Pluspunkt beim Aufrüsten ist die spürbar gestiegene Singlethreading-Leistung. Mit einem Thread rechnet der neue Achtkerner im Rendering-Benchmark Cinebench R23 um satte 62 Prozent schneller als der alte. Davon profitiert der Start von Windows und von Programmen. Der Office-Benchmark Sysmark 25 legt mit dem Ryzen 7 5700X deshalb ebenfalls um 62 Prozent zu. Stehen alle sechzehn Threads unter Volldampf, beträgt der Vorsprung zum Ryzen 7 1700 beim Cinebench sogar 66 Prozent. Der Zuwachs beim Video-Transcoder Handbrake fällt mit 22 Prozent etwas geringer aus.

Bei 3D-Spielen wie Metro Exodus dürfen Sie durch den CPU-Tausch keine Wunder erwarten, denn dabei entpuppt sich die inzwischen sechs Jahre alte Grafikkarte GeForce GTX 1070 als Flaschenhals. Die Bildrate steigt geringfügig um vier bis fünf Prozent. Bei eher CPU-limitierten Spielen wie dem Microsoft Flight Simulator 2020 war die Darstellung in Bodennähe mit vielen Objekten aber spürbar flüssiger. Als Bonus zur höheren Performance schluckt der Bauvorschlag mit dem Ryzen 7 5700X vier Watt weniger bei ruhendem Desktop und bis zu 27 Watt weniger unter Volllast. (chh) c't

Ryzen-Allrounder 2017 aufrüsten: Benchmarks und Leistungsaufnahme

Konfiguration	Cinebench R23 1T	Cinebench R23 MT	Handbrake Fast 1080p30 [fps]	Sysmark 25	Metro Exodus, 1080p High [fps]	Assassin's Creed Odyssey 1080p Hoch [fps]	Leistungsaufnahme Leerlauf / Volllast [W]
	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	◀ besser
Ryzen 7 5700X + GTX 1070 + Win11	1539	13564	56	1481	65	93	39/298
Ryzen 7 5700X + GT 1030 + Win 11	1539	13564	56	1481	keine Messung	keine Messung	33/140
Ryzen 7 1700 + GTX 1070 + Win 10	949	8177	46	914	62	89	43/321
Ryzen 7 1700 + GT 1030 + Win 10	949	8177	46	914	keine Messung	keine Messung	37/167

Messungen mit 2 x 8 GByte DDR4-2666, 500-GByte-SSD 1T: Singlethreading MT: Multithreading



Ryzen-4000- und -5000-Prozessoren

AMD schiebt für AM4-Mainboards günstige CPUs mit Zen-2- und Zen-3-Technik nach. Sie sind nicht nur für neue Desktop-Rechner interessant, sondern bescheren auch fünf Jahre alten Ryzen-PCs einen zweiten Frühling.

Von **Christian Hirsch**

Rund zwei Jahre lang klaffte bei AMD eine große Lücke zwischen dem Dual-Core-Prozessor Athlon 3000G mit alter Zen+-Technik für rund 80 Euro und den Sechskernern Ryzen 5 5600X und 5600G für rund 200 Euro. Wer einen günstigen Office- oder Gaming-PC bauen wollte, musste entweder mit Restposten der Vorgängergenerationen Vorlieb nehmen oder einen Core-i-Prozessor von Intel kaufen.

Im Frühjahr 2022 hat AMD die Durststrecke in diesem Segment beendet und jeweils drei Prozessoren der Serien Ryzen 4000 und 5000 für 100 bis 260 Euro ins Rennen geschickt. Damit reagierte der Chiphersteller wohl auch auf die im Januar 2022 erschienenen günstigen Varianten von Intels Core-i-12000-Prozessoren.

Die preiswerten Ryzen-CPUs sind aber nicht nur für Bastler neuer Rechner interessant. AMD stellt

Mainboard-Herstellern auch eine optimierte Basis-Firmware (AGESA) zur Verfügung, womit diese BIOS-Updates für die bis zu fünf Jahre alten AM4-Mainboards mit Serie-300-Chipsätzen entwickeln können. Bislang war bei diesen Hauptplatinen wegen der begrenzten Speicherkapazität der Flash-Chips für die Firmware zumeist bei Ryzen 3000 Schluss. Nun lassen sich viele mit deutlich attraktiveren CPUs nachrüsten.

Von den sechs vorgestellten Ryzen-Prozessoren, die alle eine Thermal Design Power von 65 Watt haben, sind Ryzen 3 4100, Ryzen 5 4500, Ryzen 5 5500, Ryzen 5 5600, Ryzen 7 5700X im c't-Labor zum Test angetreten. Der Ryzen 5 4600G fehlt, denn er war zum Testzeitpunkt nicht lieferbar. Er rechnet genauso schnell wie die Business-Variante Ryzen Pro 5 4650G, die wir vor gut zwei Jahren getestet haben [1].

Chip-Mischmasch

Für die fünf getesteten Prozessoren verwendet AMD insgesamt drei verschiedene Die-Typen, die alle in 7-Nanometer-Technik bei TSMC vom Band laufen. Der billige Vierkerner Ryzen 3 4100 und der Sechskerner Ryzen 5 4500 nutzen das Die der bereits Mitte 2020 vorgestellten Kombiprozessoren Ryzen 4000G. AMD deaktiviert bei den beiden Neulingen jedoch die Radeon-Vega-Grafik. Vermutlich handelt es sich um Chips mit defekter GPU, die sonst im Orkus landen.



Mit Ausnahme des Ryzen 7 5700X liefert AMD zu den hier getesteten CPUs den Wraith-Stealth-Kühler mit.

In den Ryzen 4000 steckt noch die knapp drei Jahre alte Zen-2-Architektur und nicht die aktuelle Zen-3-Technik der Ryzen 5000. Außer den schwächeren CPU-Kernen haben Sie viel weniger Level-3-Cache, was vor allem bei speicherintensiven Anwendungen wie 3D-Spielen Performance kostet. Zudem sind die Kerne in Core Complexes (CCX) aus lediglich vier und nicht maximal acht Kernen wie bei Zen 3 untergebracht. Kommunizieren zwei Kerne aus verschiedenen CCX miteinander, klappt das nicht direkt, sondern nur über den Umweg der Hochgeschwindigkeitsschnittstelle Infinity Fabric, der die unterschiedlichen CPU-Bestandteile miteinander verknüpft. Dadurch klettert die Latenz von 20 auf 55 Nanosekunden. Auch das schluckt Performance bei 3D-Spielen, bei denen mehrere Threads voneinander abhängen.

Ganz anders sieht es beim Ryzen 5 5600 mit sechs und Ryzen 7 5700X mit acht Zen-3-Kernen aus. Statt aus einem einzelnen Die bestehen sie aus zwei Chips. Die CPU-Kerne sitzen im sogenannten CPU Core Die (CCD) gemeinsam in einem CCX. Ihnen stehen 32 MByte Level-3-Cache zur Verfügung, also die achtfache Kapazität im Vergleich zu den Ryzen 4000. Über diesen Cache erfolgt auch der Datenaustausch zwischen allen Kernen, weshalb die Latenz immer 22 bis 25 Nanosekunden beträgt. Alle übrigen Funktionsblöcke bringt AMD im I/O-Die unter.

Die Ausnahme stellt der Ryzen 5 5500 dar. Statt einem modularen Chiplet hockt unter dem Heatspreader ein monolithisches Halbleiter-Die der Kombiprozessoren Ryzen 5000G. Allerdings ist die Radeon-GPU inaktiv.

Die sechs Zen-3-Kerne sitzen wie bei den anderen beiden Ryzen 5000 gemeinsam in einem CCX. Weil AMD wegen der GPU aber wertvolle Chipfläche einsparen musste, gibt es mit 16 MByte nur halb so viel L3-Cache. Zudem kann der Ryzen 5 5500 wegen der Abstammung von den Ryzen 5000G wie auch die Ryzen 4000 Grafikkarten und SSD lediglich per PCI Express 3.0 statt über das doppelt so schnelle PCIe 4.0 anbinden. Für die 3D-Performance von PCIe-x16-Grafikkarten spielt das keine Rolle, bei schnellen NVMe-SSDs mit typischerweise vier Lanes limitiert dies die maximale Transfergeschwindigkeit auf rund 3,5 statt 7,5 GByte/s.

Günstige Ryzen-Prozessoren: Benchmarks und Leistungsaufnahme

Prozessor	Cinebench Singlethreading	Cinebench Multithreading	Handbrake Fast 1080p30 [fps]	Sysmark 25
	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶
Ryzen 7 5700X	1538	13228	60	1612
Ryzen 5 5600	1471	11208	56	1517
Ryzen 5 5500	1371	10596	52	1390
Ryzen 5 4500	1222	9398	48	1203
Ryzen 3 4100	1190	6132	36	1109
Zum Vergleich				
Ryzen 7 5700G	1507	14051	56	1563
Ryzen 5 5600G	1439	10831	52	1441
Core i5-12400	1722	11797	66	1768
Core i3-12100	1684	8523	49	1653

Günstige Ryzen-Prozessoren

Prozessor	Architektur	Kerne / Threads	Takt / Turbo	L3-Cache	PCIe-Lanes	TDP	Preis
Ryzen 7 5700X	Zen 3 / Vermeer	8 / 16	3,4 / 4,6 GHz	32 MByte	24 × PCIe 4.0	65 W	255 €
Ryzen 5 5600	Zen 3 / Vermeer	6 / 12	3,5 / 4,4 GHz	32 MByte	24 × PCIe 4.0	65 W	165 €
Ryzen 5 5500	Zen 3 / Cezanne	6 / 12	3,6 / 4,2 GHz	16 MByte	24 × PCIe 3.0	65 W	125 €
Ryzen 5 4500	Zen 2 / Renoir	6 / 12	3,6 / 4,1 GHz	4+4 MByte	24 × PCIe 3.0	65 W	109 €
Ryzen 3 4100	Zen 2 / Renoir	4 / 8	3,8 / 4,0 GHz	4 MByte	24 × PCIe 3.0	65 W	99 €

Mehr Cache für mehr Fps

Bei Anwendungen wie dem Rendering-Benchmark Cinebench R23, die von vielen Kernen profitieren, zeigt sich die Stärke der drei Ryzen 5000 mit Zen-3-Technik. Bei gleicher Kernanzahl kommen sie auf die Performance der Core-i-12000-Konkurrenz sowie der Ryzen 5000G.

Lastet die Software nur einen Kern aus, müssen Sie sich jedoch den aktuellen Intel-CPUs geschlagen geben. Hier liegen die Ryzen 5000 zwischen 10 und 25 Prozent hinter den Core i-12000 zurück. Das wirkt sich auf viele Anwendungen aus, zum Beispiel auf den Software-Videotranscoder Handbrake oder den Office-Benchmark Sysmark 25, bei dem selbst der Core i3-12100 den Achtkerner Ryzen 7 5700X hinter sich lässt.

Die billigen Ryzen 4000 mit alter Zen-2-Technik und kleinem L3-Cache fallen in allen Anwendungen hinter die modernen CPUs zurück. Das trifft insbesondere auf 3D-Spiele zu: Die Bildrate mit einer GeForce RTX 3090 liegt bei Full-HD-Auflösung mit dem Ryzen 5 4500 um 30 bis 40 Prozent niedriger als beim Ryzen 5 5600 mit gleichfalls sechs CPU-Kernen. Letztgenannter sowie der Ryzen 7 5700X lohnen sich für Spieler, die eh eine Grafikkarte einbauen, als bessere Alternative zu den schon länger erhältlichen Ryzen 5000G und liefern bis zu 18 Prozent mehr fps.

Fazit

Die im April vorgestellten Ryzen 5000 sind nicht nur preislich, sondern auch im Hinblick auf die Performance attraktiv. Sie rechnen effizient und taugen auch für Aufrüster mehrere Jahre alter AM4-Systeme.

Die Ryzen 4000 lohnen eher für Billigrechner, bei denen Performance nicht die größte Rolle spielt. In Sachen Effizienz spielen sie in einer Liga mit den Ryzen 5000 und den Core i-12000. Für sparsame Office-PCs sind sie mangels Grafikeinheit jedoch nur zweite Wahl. Aus Preis/Leistungssicht schneiden die beiden günstigen Sechskerner Ryzen 5 4500 und Ryzen 5 5500 für 109 beziehungsweise 125 Euro im Testfeld besonders gut ab. (chh) c't

Literatur

[1] Carsten Spille, **Tausendsassa**, AMD Ryzen 5 Pro 4650G, c't 22/2020, S. 84

	Metro Exodus, 1080p High [fps]	Assassin's Creed Odyssey 1080p Hoch [fps]	Effizienz [Cinebench/W]	Preis/Leistung [Cinebench/€]	Leistungsaufnahme Leerlauf / Volllast [W]
	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	◀ besser
	159	120	131	52	32/110
	158	114	109	68	32/105
	133	101	114	85	22/102
	112	86	112	86	21/114
	105	70	101	62	21/83
	140	108	120	64	15/114
	134	100	111	75	15/99
	169	135	103	50	22/135
	156	121	86	55	21/112

Make:

DAS KANNST DU AUCH!





2× Make testen und über 9 € sparen!

Ihre Vorteile:

✓ **GRATIS dazu:** Make: Tasse
✓ Zugriff auf Online-Artikel-Archiv*
✓ Jetzt auch im Browser lesen!
✓ Zusätzlich digital über iOS oder Android lesen

Für nur 16,10 € statt 25,80 €

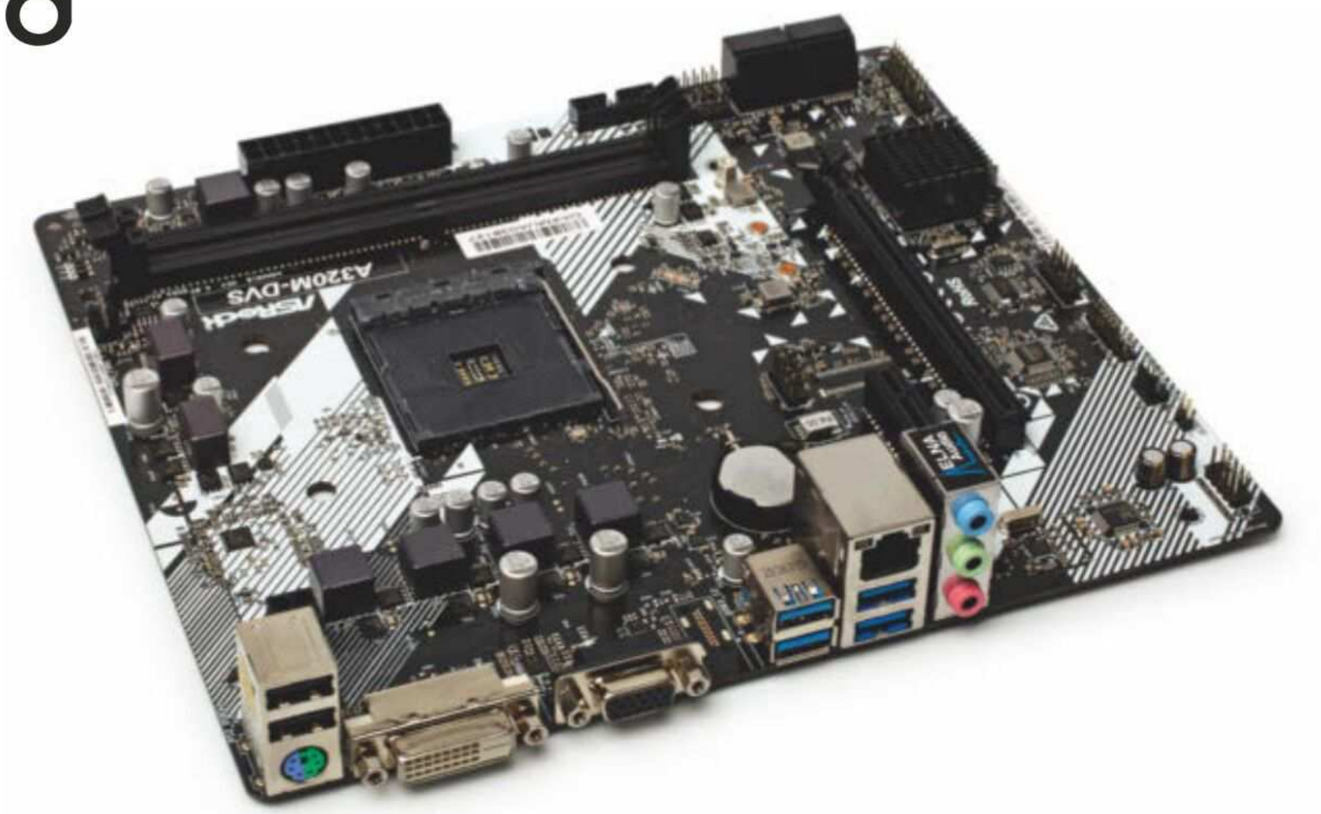
Jetzt bestellen:

make-magazin.de/miniabo

* Für die Laufzeit des Angebotes.



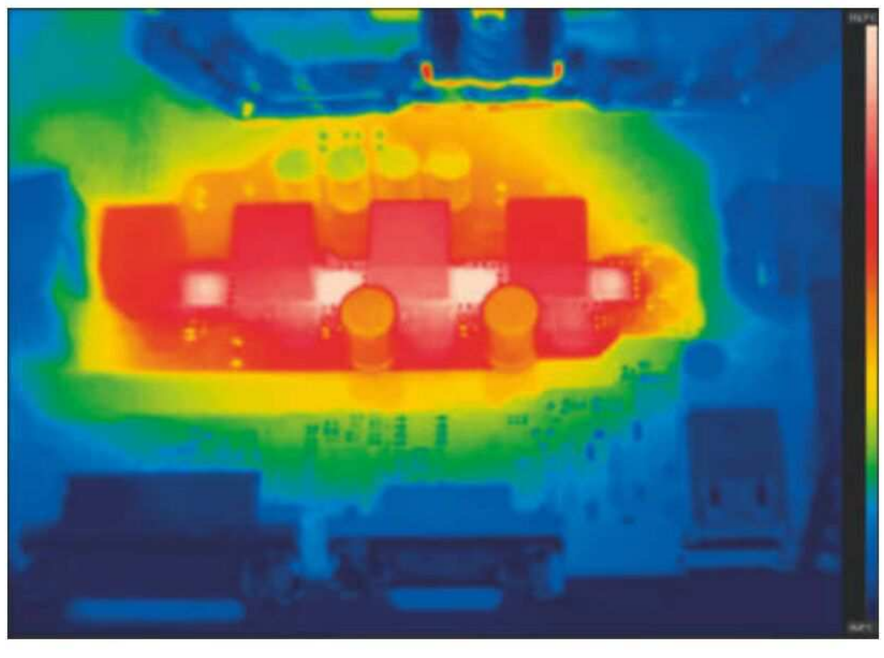
Ryzen-Sechzehnkerner auf 45-Euro-Board



Das Asrock A320M-DVS R4.0 ist derzeit das günstige AM4-Mainboard im Handel. Seit Anfang 2022 bietet der Hersteller ein BIOS-Update für die aktuellen Ryzen-5000X-CPUs an. Wir haben nachgemessen, wie gut die Kombination aus High-End-Prozessor und mehrere Jahre altem Billig-Board funktioniert.

Von **Christian Hirsch**

AMD gibt den Betrieb der modernsten Ryzen-Prozessoren mit Zen-3-Architektur offiziell nur auf Mainboards mit Chipsätzen der Serie 500 frei. Bei den Vorgängern überlässt es der Chiphersteller seit dem Frühjahr 2022 den Boardfertigern, ob sie ein passendes Beta-BIOS bereitstellen oder nicht.



Steht der Ryzen 9 5950X unter Volldampf, brutzeln die Spannungswandler auf dem Asrock A320M-DVS R4.0 mit über 120 Grad Celsius.

Um den Jahreswechsel 2021/2022 preschten bereits einige Hersteller vor und veröffentlichten BIOS-Updates für Serie-300-Boards und Ryzen 5000X, vor allem für solche mit dem Billigchipsatz A320. Darüber hatten wir bereits in c't 2/2022 berichtet [1]. Bei der Recherche ist uns aufgefallen, dass dies auch das derzeit günstigste AM4-Mainboard betrifft. Nun war unsere Neugier geweckt, ob und wie gut das gerade einmal 45 Euro teure A320M-DVS R4.0 mit aktuellen Prozessoren zusammenspielt. Denn laut Asrock soll darauf sogar die schnellste AM4-CPU Ryzen 9 5950X laufen.

Hochgepatcht

Angesichts des günstigen Preises muss man einige Einschnitte bei der Ausstattung hinnehmen. Zwar gibt es den üblichen Basissatz aus zwei DIMM-Slots, einem PEG-Slot und vier SATA-Ports. Aber schon einen M.2-Slot für NVMe-SSDs sucht man vergeblich auf dem Asrock A320M-DVS R4.0, obwohl die passenden Lötpunkte dafür vorhanden sind. Außer dem PEG-Slot für die Grafikkarte rüstet Asrock es nur mit einem PCIe-x1-Steckplatz für Erweiterungskarten aus, der wegen des A320-Chipsatzes zudem lediglich im PCIe-2.0-Modus läuft. Auch bei den Anschlüssen der I/O-Blende geht es spartanisch zu. Das gilt insbeson-

dere für die Monitorausgänge: HDMI und DisplayPort fehlen, der Single-Link-DVI-Anschluss ist auf eine maximale Auflösung von 1920 × 1200 Pixeln beschränkt. Ein weiterer Monitor lässt sich nur analog per VGA ansteuern. Immerhin gibt es sechs USB-A-Buchsen, vier davon mit 5 Gbit/s sowie 1 × LAN.

Für unser Experiment mussten wir zunächst einen Ryzen 5 3400G mit Zen+-Architektur einbauen, denn auf dem von uns gekauften A320M-DVS R4.0 befand sich noch die BIOS-Version 4.00 aus dem Sommer 2020. Damit starten keine Ryzen-5000X-Prozessoren. Um auf die aktuelle Version 7.10 zu kommen, muss man als Zwischenschritt erst ein Upgrade auf das BIOS 7.00 durchführen. Eine Flashback-Funktion, um die Firmware ohne CPU zu aktualisieren, gibt es nicht.

Anschließend bootete der Rechner dann auch wie angegeben mit dem schnellsten AM4-Prozessor Ryzen 9 5950X. Die 16 CPU-Kerne liefen auf dem Asrock-Board allerdings nur mit angezogener Handbremse, denn die Spannungswandler auf dem Board waren mit dieser 105-Watt-CPU heillos überfordert. Schon im ersten Durchlauf des Rendering-Benchmarks Cinebench R23 erreichten wir mit 21.110 Punkten nur rund 82 Prozent der zu erwartenden Performance (25.889 Punkte). Mit jedem Folgelauf sank die Rechengeschwindigkeit weiter, bis sie sich etwa bei 16.600 Punkten einpendelte. Man verschenkt also rund ein Drittel der Leistung des 560-Euro-Prozessors.

Ursache dafür war eine Überhitzung der Wandlerbausteine, deren Temperatur über 120 Grad Celsius erreichte. Um eine Notabschaltung oder Abstürze zu verhindern, lässt der Prozessor sicherheitshalber Taktzyklen aus. Das gleiche Drosseln zeigte der Achtkerner Ryzen 5 5800X, der ebenfalls eine Thermal Design Power von 105 Watt hat. Die Tests haben wir deshalb mit dem Hexa-Core Ryzen 5 Pro 4650G mit 65 Watt TDP durchgeführt, der auf dem A320M-DVS R4.0 dauerhaft seine volle Performance liefert. Eine BIOS-Version, die auch die Kombiprozessoren der Serie Ryzen 5000G unterstützt, erschien erst, nachdem wir alle Messungen abgeschlossen hatten.

Im Vergleich zum deutlich besser ausgestatteten AM4-Mainboard Asus TUF Gaming B550-Plus (WI-FI) unseres Bauvorschlags für einen Ryzen-Allrounder aus c't 24/2021 schluckt das A320M-DVS R4.0 im Leerlauf ungewöhnlich viel Leistung. Bei ruhendem Windows-Desktop sind es 22 Watt, während das Asus-Board dabei nur 14 Watt benötigt. Die Bootdauer von 15 Sekunden ist hingegen guter Durchschnitt. Auch die Transferraten der Schnittstellen wie USB 3.2 Gen 1 (5 Gbit/s), SATA 6G und Gigabit-Ethernet geben keinen Anlass zur Kritik.

Literatur

[1] Christian Hirsch, **BIOS-Updates bringen moderne Ryzen-Prozessoren auf betagte AM4-Boards**, c't 2/2022, S. 41

Asrock A320M-DVS R4.0

Preiswertes Mainboard für Ryzen-Prozessoren	
CPU-Fassung / Chipsatz	AM4 / A320
Format (Abmessungen)	Micro-ATX (23,0 cm × 20,1 cm)
LAN-Chip (Eigenschaften)	Realtek RTL8111H (PCIe; 1 Gbit/s)
Audio-Chip (Eigenschaften)	Realtek ALC887 (HD Audio)
Speicher-Slots / maximaler RAM	2 / 32 GByte DDR4
Erweiterungs-Slots	1 × PCIe 3.0 x16, 1 × PCIe 2.0 x1
interne Anschlüsse	4 × SATA 6G, 1 × USB 3.0 Typ A[1], 2 × USB 2.0[1], 1 × RS-232, 1 × HD-Audio, 1 × TPM
Lüfteranschlüsse	1 × CPU (4-Pin), 1 × Gehäuse (4-Pin), 1 × Gehäuse 3-Pin
ATX-Anschlussfeld	1 × Single-Link-DVI, 1 × VGA, 3 × analog Audio, 4 × USB-A (5 Gbit/s), 2 × USB 2.0, 1 × LAN, 1 × PS/2
Lieferumfang	2 × SATA-Kabel, Slotblende, Treiber-CD
Elektrische Leistungsaufnahme[2], Funktionstests, Datentransfer-Messungen	
Soft-off (mit ErP) / Standby / Leerlauf / Volllast	0,9 W (0,2 W) / 1,6 W / 22 W / 159 W
Secure-Boot ab- / CSM einschaltbar / fTPM 2.0	✓ / ✓ / ✓
Wake on LAN: Standby / Soft-off	✓ / ✓
Wecken per USB-Tastatur aus: Standby / Soft-off	✓ (–)
Bootdauer bis Login	15 s
SATA 6G: Lesen (Schreiben)	562 (516) MByte/s
USB-A (5 Gbit/s) hinten / Front: Lesen (Schreiben)	418 (417) / 456 (468) MByte/s
LAN: Empfangen (Senden)	119 (119) MByte/s
Preis / Garantie	45 € / 36 Monate

[1] je zwei Ports pro Stiftleiste [2] primärseitig gemessen, also incl. Netzteil, Festplatte, DVD ✓ funktioniert – funktioniert nicht

Fazit

Angesichts des attraktiven Preises von 45 Euro könnte man die Latte für das Asrock A320M-DVS R4.0 extrem tief hängen. Die Tests der Grundfunktionen absolvierte es aber anstandslos. Anlass zur Kritik geben die hohe Leerlaufleistungsaufnahme und die zu schwach dimensionierten Wandler für 105-Watt-Prozessoren. Zu Recht kann man zwar einwenden, dass kaum jemand ein High-End-System mit einem 560-Euro-Prozessor und einem A320-Board zusammenstellt. Dennoch muss man festhalten, dass Asrock in den Kompatibilitätslisten zu viel verspricht, was in der Praxis nicht harmoniert. Zusammen mit einer günstigen CPU wie dem Athlon 3000G taugt das A320M-DVS R4.0 jedoch für einen sehr günstigen Office-PC, um diesen mit einem schon vorhandenen DVI-Monitor einzusetzen. (chh) c't

IMPRESSUM

Redaktion

Postfach 61 04 07, 30604 Hannover
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover
Telefon: 05 11/53 52-300
Telefax: 05 11/53 52-417
Internet: www.heise.de

Leserbriefe und Fragen zum Heft:
sonderhefte@ct.de

Die E-Mail-Adressen der Redakteure haben die Form xx@ct.de oder xxx@ct.de. Setzen Sie statt „xx“ oder „xxx“ bitte das Redakteurs-Kürzel ein. Die Kürzel finden Sie am Ende der Artikel und hier im Impressum.

Chefredakteur: Jobst-H. Kehrhahn (keh)
(verantwortlich für den Textteil)

Konzeption: Christian Hirsch (chh)

Koordination: Pia Ehrhardt (piae), Angela Meyer (anm)

Redaktion: Benjamin Kraft (bkr), Christian Hirsch (chh), Lutz Labs (ll), Angela Meyer (anm), Carsten Spille (csp), Christof Windeck (ciw)

Assistenz: Susanne Cölle (suc), Tim Rittmeier (tir), Christopher Tränkmann (cht), Martin Triadan (mat)

DTP-Produktion: Lara Bögner, Beatrix Dedek, Madlen Grunert, Lisa Hemmerling, Cathrin Kapell, Martina Lübke, Steffi Martens, Marei Stade, Matthias Timm, Ninett Wagner

Digitale Produktion: Christine Kreye (Ltg.), Kevin Harte, Thomas Kaltschmidt, Martin Kreft, Pascal Wissner

Fotografie: Andreas Wodrich, Melissa Ramson

Illustration: Andreas Martini, Wettin

Titel: Steffi Martens, www.freepik.com

Verlag

Heise Medien GmbH & Co. KG
Postfach 61 04 07, 30604 Hannover
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover
Telefon: 05 11/53 52-0
Telefax: 05 11/53 52-129
Internet: www.heise.de

Herausgeber: Christian Heise, Ansgar Heise, Christian Persson

Geschäftsführer: Ansgar Heise, Beate Gerold

Mitglieder der Geschäftsleitung: Jörg Mühle, Falko Ossmann

Anzeigenleitung: Michael Hanke (-167)
(verantwortlich für den Anzeigenteil),
www.heise.de/mediadaten/ct

Anzeigenverkauf: Verlagsbüro ID GmbH & Co. KG,
Tel.: 05 11/61 65 95-0, www.verlagsbuero-id.de

Leiter Vertrieb und Marketing: Andre Lux (-299)

Service Sonderdrucke: Julia Conrades (-156)

Druck: Firmengruppe APPL Druck GmbH & Co. KG,
Senefelder Str. 3–11, 86650 Wemding

Vertrieb Einzelverkauf:
DMV DER MEDIENVERTRIEB GmbH & Co. KG
Meßberg 1
20086 Hamburg
Tel.: 040/3019 1800, Fax: 040/3019 145 1815
E-Mail: info@dermedienvertrieb.de
Internet: dermedienvertrieb.de

Einzelpreis: € 14,90; Schweiz CHF 27.90;
Österreich € 16,40; Luxemburg € 17,10

Erstverkaufstag: 20.12.2022

Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann trotz sorgfältiger Prüfung durch die Redaktion vom Herausgeber nicht übernommen werden. Kein Teil dieser Publikation darf ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Die Nutzung der Programme, Schaltpläne und gedruckten Schaltungen ist nur zum Zweck der Fortbildung und zum persönlichen Gebrauch des Lesers gestattet.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Haftung übernommen werden. Mit Übergabe der Manuskripte und Bilder an die Redaktion erteilt der Verfasser dem Verlag das Exklusivrecht zur Veröffentlichung. Honorierte Arbeiten gehen in das Verfügungsrecht des Verlages über. Sämtliche Veröffentlichungen erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patentschutzes.

Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt.

Hergestellt und produziert mit Xpublisher:
www.xpublisher.com

Printed in Germany.

Alle Rechte vorbehalten.

© Copyright 2022 by
Heise Medien GmbH & Co. KG

Ihr Erste-Hilfe-Set:

Das Notfall-System für den Ernstfall



Komplett auf 32 GByte USB-Stick.
Desinfec't startet direkt vom Stick.

Auch als Heft + PDF mit 29 % Rabatt

Mit der neuen Version **c't Desinfec't 2022/23** sind Sie für den Ernstfall bestens gerüstet:

- ► Windows-PCs untersuchen und säubern sowie Trojaner und Viren beseitigen
- ► Daten retten und sofort wiederherstellen
- ► Für Profis: Open Threat Scanner (Yara), Thor Lite Scanner
- ► Viren-Scanner von ClamAV, Eset und WithSecure

Heft für 14,90 € • PDF für 12,99 € • Bundle Heft + PDF 19,90 € • Desinfec't-Stick 19,90 €

shop.heise.de/desinfect22

Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten oder ab einem Einkaufswert von 20 € (innerhalb Deutschlands). Nur solange der Vorrat reicht. Preisänderungen vorbehalten.

heise Shop

www.alternate.de

alternate.de/pc-konfigurator

JETZT TRAUM-PC ERSTELLEN!

MIT DEM PC-KONFIGURATOR VON ALTERNATE

Sie haben konkrete Vorstellungen, welche Komponenten in Ihrem Traum-PC verbaut sein sollen? Dann ist unser PC-Konfigurator genau das Richtige für Sie. Hier können Sie die Komponenten auswählen, die Sie sich wünschen. Durch kontinuierliche Überprüfung Ihrer Eingaben stellen wir die Kompatibilität der Komponenten untereinander sicher, sodass eine schnelle und reibungslose Bearbeitung Ihrer Bestellung gewährleistet ist.



Benötigen Sie eine persönliche Beratung?

Gerne können Sie uns telefonisch unter 06403-90 50 3070 oder per Email an komplettsysteme@alternate.de erreichen.

Irrtümer und Druckfehler vorbehalten.

Hotline Komplettsysteme: Mo-Fr 9-18 Uhr

06403-90503070

30 JAHRE ALTERNATE

ALTERNATE GmbH | Philipp-Reis-Straße 2-3 | 35440 Linden | Fon: 06403-905040 | info@alternate.de