MAGAZIN

€ 6,99 | 02/2024 | Ausgabe 280

PCGH PC Games Hardware

GPU-Praxistipps
24 Seiten Tuning für Grafikkarten

Fit für 2024 PC für Photoshop & Ultrawide-Guide

S. 16

Ultrawide Guide 2024 mit 32:9

Monitore & GPUs geprüft

Profi-Tuning für Radeon RX 7900 XTX

Fps um jeden Preis: Extrem-Übertaktung mit Wasserkühlung + Modding S. 46

AMDs Kerngiganten im CPU-Test

Threadripper: Was bringen bis zu 64 Kerne? Plus: Sockel TR5 im Detail S. 68

Neue Erkenntnisse: Der optimale PC für Photoshop und Premiere

Neuauflage für 2024: Jetzt mit Ryzen 7000 (X3D) und aktuellen GPUs S. 08

€ 6,99 | Ausgabe 02/2024
Österreich € 7,50 | Schweiz sfr 10,80 | Benelux € 8,20 | Italien, Spanien € 9,00

ANZEIGE

JETZT NEU

PCGH-Sonderheft 02/2023 jetzt am Kiosk für nur € 8,99. Im Webshop erhalten Abonnenten das Heft sogar versandkostenfrei. Erhältlich auch als Digitalversion (PDF oder App) für nur € 7,99.

www.pcgh.de/sohe

QR-Code scannen und hinsurfen!

Jetzt am Kiosk erhältlich oder einfach online bestellen unter: www.pcgh.de/sohe

Logbuch #280: The Day Before & wichtige Info für Abonnenten

Thilo Bayer
Chefredakteur
PC Games Hardware

Wichtige Information für Abonnenten: Bei der Postauslieferung der PCGH 01/2024 kann es in einigen Fällen dazu gekommen sein, dass Sie Ihre Ausgabe nicht erhalten haben. Wir bitten dies zu entschuldigen. Falls Sie davon betroffen sein sollten, wenden Sie sich bitte per E-Mail an computec@dpv.de.

The Day Before: Falls Sie das Drama um The Day Before im Dezember nicht miterlebt haben, empfehle ich Ihnen, auf der PCGH-Webseite nach dem Spiel zu suchen und die lückenlose Dokumentation nachzulesen. Das Spiel dürfte in der Geschichte des PC-Gamings ein relativ einmaliger Fall sein. Warum? The Day Before war nicht nur zwischenzeitlich das meistgewünschte Spiel auf Steam – vor allen anderen Schwergewichten. Es ist auch das Spiel, das auf vielen Ebenen für Stirnrunzeln sorgte, seit der Ankündigung im Januar 2021. Gameplay-Trailer, die kein Gameplay enthielten, die irreführende Bewerbung als MMO-Survival-Spiel, der Wechsel vor der Unreal Engine 4 auf Version 5 inklusive Verschiebung, der angebliche Namensstreit, der zur vorübergehenden Entfernung auf Steam führte, die vielen beunruhigenden Aussagen von (Ex-)Mitarbeitern. Dass dann überhaupt ein Spiel erschien, allerdings nur im Early Access und nicht als finales Spiel, grenzte schon fast an ein Wunder. Verwunderlich ist auch, wie es der Entwickler geschafft hat, Nvidia mehrfach als Technologiepartner ins Boot zu holen. Und insgesamt soll es 200.000 Käufer auf Steam gegeben haben, die aber massenhaft die Möglichkeit der Rückerstattung genutzt haben.

Ich kann nur hoffen, dass keiner der Käufer einen finanziellen Schaden erlitten hat und sich so ein Desaster 2024 nicht wiederholt. Apropos 2024: Haben Sie schon einen Favoriten für Ihr Lieblingsspiel im kommenden Jahr? Die Liste an Titeln für das erste Quartal ist bereits lang und es ist für jeden Geschmack etwas dabei. Schreiben Sie mir gerne Ihren Favoriten an post@pcgh.de. Alternativ können Sie sich auch gerne bei der Leserwahl 2023 (www.pcgh.de/leserwahl2023) verewigen: Hier gibt es extra eine Kategorie für „Most Wanted 2024“. Darunter finden sich neben Hardware-Produkten auch einige Spiele.

Viel Spaß mit der Ausgabe Nummer 280 wünscht Ihr

Thilo Bayer

PCGH WLP

http://www.pcgh-gear.de

Sonder-heft #2

www.pcgh.de/sohe

Christabaum Die volle Breitseite gibt es diesmal bei Manus Monitor-Tests.

Stö macht bereits die Gräten lang – wohlverdient nach dem professionellen Einsitzen der Stühle.

Thilos Beschäftigung über Weihnachten steht mit dem C64 schon fest.

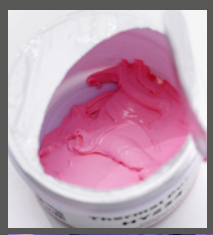
Die Redaktion im Dezember 2023

+++ Torsten beschäftigt sich mit Prozessoren für 2024 und der TR5-Plattform **+++ Raff** hängt sich beim Ultrawide-Gaming mit rein und testet „nebenbei“ 17 GPUs **+++ Phil** gibt Tipps für DLSS und DLAA **+++ Richie** bringt das Extrem-Tuning für RX 7900 XTX in Form **+++ Stö** hat neue Gaming-Stühle für Sie ausprobiert **+++ Dave** macht Threadripper 7000 Beine **+++ Manu** sieht alles nur noch in 32:9 **+++ Jan** bereitet sich auf Kompaktwasserkühlungen vor

Heftinhalt

Eine Traum-Ausgabe für Enthusiasten!

Diese Ausgabe hat es faustdick hinter den Ohren: DLSS-Versionen anpassen? Kein Problem. Radeons-Top-GPU bis über den Rand mit physischen Modifikationen übertakten? Wir haben es getan. Außerdem im Test: Wärmeleitpads, Thermal-Putties, AMDs neue Threadripper und vieles mehr.



SPECIALS

Der richtige PC für die Adobe Cloud 08
Wir zeigen, mit welcher Hardware Photoshop und Premiere Pro am besten laufen.

Ultrawide-Guide: Monitore und GPUs 16
Bildschirme im superbreiten 32:9-Format stellen andere Anforderungen an die GPU und im Alltag. Im Test enthalten sind:

- AOC Agon AG493UCX2
- Asus ROG Swift OLED PG49WCD
- Lenovo Legion R45w-30
- LG Ultragear 49GR85DC-B

GRAFIKKARTEN

Startseite 26
RTX-4000-Refresh im Anmarsch + 17 Grafikkarten in den brandaktuellen Rasterizing- und Raytracing-Indizes für 2024.

Praxis: Nvidias DLSS selbst verbessert ... 30
In Nvidias DLSS schlummert Verborgenes! So kitzeln Sie das Potenzial aus dem KI-Upsampler.

Test: 17 Wärmeleitpads und 2 Putties 38
Zwischen Thermal-Pads und klassischer -Paste gesellen sich verstreichbare -Putties auf den Markt. Welche Lösung bietet welche Vorteile?

- Alphacool Apex Soft 11 W/mK (13019)
- Alphacool Apex Soft 14 W/mK (13020)
- Alphacool Apex Soft 16 W/mK (13492)
- Alphacool Apex Soft 18 W/mK (13483)
- Alphacool Core Soft 6 W/mK (13403)
- Alphacool Core Soft 9 W/mK (13416)
- Alphacool Rise Ultra Soft 7 W/mK (13012)
- Arctic TP-2 (APT2560)
- Arctic TP-3
- Deepcool EK720
- EK Water Blocks Wärmeleitpad G
- Gelid GP-Extreme
- Gelid GP-Ultimate
- Hala Contec TGF-WSS1000-SI
- Hala Contec TGF-Z1000-SI
- Halnziye HY234
- Hardwareliebe Extreme64
- Thermal Grizzly Minus Pad 8
- Thermal Grizzly Minus Pad Extreme

Extrem-Tuning: RX 7900 XTX mit Mods .. 46
Im zweiten Teil unserer Radeon-Tuning-Reihe geht es mit Wasserkühlung, BIOS- und Spannungs-Modding richtig zur Sache.

PROZESSOREN

Startseite 62
Kommentar: Hardware-Lexikon Torsten zum Thema CPU-Namensgebung, Details zu Lunar Lake + Leistungsindex mit 30 CPUs.

Wissen: Neue Prozessoren 64
Intel stellt neue CPUs mit Meteor Lake und Emerald Rapids vor. Ein Ausblick.

Test: AMD Ryzen Threadripper 7000 68
AMD liefert mit bis zu 64 Kernen HEDT-Neuzugänge. Wir schicken die Brummer durch unseren Benchmark-Parcours. Vertreten sind:

- AMD Ryzen Threadripper 7980X
- AMD Ryzen Threadripper 7970X
- AMD Ryzen Threadripper 7960X

Wissen: Sockel TR5 erklärt 78
Die neuen Threadripper setzen auf eine völlig neue, recht komplexe Plattform. Wir gehen genau auf den Aufbau ein.

INFRASTRUKTUR

Startseite 86
Im Test: 2× Full-HD-Monitore mit 100 Hz und Sharkoon SGK50 S3 PBT (modulare Tastatur). Vorgestellt: Logitechs Astro A 50 X Lightspeed Wireless (High-End-Headset).

Test: 5× Gaming-Stühle 88
Die Synchronmechanik wird immer beliebter. Aber was taugt mehr? Stoff- oder Mesh-Bezug?

- Asus ROG Destrier
- Backforce Plus
- Razer Fujin Pro
- Sharkoon Office Pal CM30
- Thunder X3 Core Loft

Praxis: DAS vs. NAS im Einsatz 96
Taugen direkt angebundene NAS? Wir testen die RAID-Lösung des „Direct Access Storage".

EINKAUFSFÜHRER

Projekt-PCs 104
EKF-Startseite 105
Grafikkarten 106
Prozessoren & RAM 107
Kühlung 108
Kompakt-Wasserkühlung & Mainboards 109
Monitore & Eingabegeräte 110
Festplatten & SSDs 111
Gehäuse, Netzteile & Sound 112

SERVICE

Editorial 03
Inhalt Heft 04
DVD-Inhalt 06
PCGH-Produkte 02, 95, 116
Leserwahl 2023: Stimmen Sie ab! 101
Teamseite 102
Vorschau & Impressum 114

1&1 Glasfaser

Dauerhaft günstiges Highspeed-Internet
mit bis zu 1 GBit/s.*

1&1 – Immer wieder besser.

29,99 €/Monat*

DAUERHAFT GÜNSTIG
1&1 Glasfaser 50

BAUKOSTEN
übernimmt 1&1

1und1.de
0721 / 960 6060

1&1

*1&1 Glasfaser 50 für 29,99 €/Monat. Dauerpreis: Kein Preissprung während der gesamten Laufzeit. Internet-Flat: Unbegrenzt surfen bis zu 50 MBit/s. Glasfaser-Tarife bis 1.000 MBit/s in vielen Regionen möglich. Sofern keine Glasfaserleitung vorhanden: Ausbau und Eigentümergenehmigung erforderlich. Aktion: Baumaßnahmen kostenfrei. Für alle Tarife gilt: Telefon-Flat ins dt. Festnetz. Anrufe in dt. Mobilfunknetze 19,9 ct/Min. Mögliche Hardware: z. B. 1&1 HomeServer Glasfaser für 6,99 €/Monat. Versand: einmalig 9,90 €. Bereitstellung: einmalig 69,95 €. Mindestlaufzeit: 24 Monate. Abbildung ähnlich, Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Preise inkl. MwSt. 1&1 Telecom GmbH, 56403 Montabaur. WEEE-Reg.-Nr. DE13470330

MEMBER OF united internet

PCGH-Jahresarchiv:

PCGH 01/23 – 12/23 als PDF

Heft-DVD

Spiele-Vollversion

- Smoke and Sacrifice

4 Videos aus der Redaktion

- Ryzen 7 7800 X3D-Tuning
- Grafikkarten-Kaufberatung (Teil 1): High-End
- Intels ATX 3.1 und die 12V-2×6-Buchse erklärt
- Ryzen 7000 Workstation-CPUs

Specials

- DVD-Inlay zum Ausdrucken
- **PCGH-Jahresarchiv:** PCGH 01/23 – 12/23 als PDF
- PDF-Artikel: Ryzen 7000 Threadripper

Aktuelle Tools

- GPU-Z 2.56.0, Nvidia Inspector 1.9.8.1, PCGH-„Furmark" VGA-Tool 1.0.1, Sapphire Trixx 9.5.0
- AS-SSD Benchmark 2.0.7316, CapFrameX 1.7.2.17, Cinebench R20 & R15, Fraps 3.5.99, Prime 95 30.8, Super Pi 2.1
- CPU-Z 2.08, Core Temp 1.18, HD-Tune 2.55/5.75 Trial, Speedfan 4.52, Sysinternals Suite (September 2023)

Ryzen 7 7800 X3D: Tuning
Aus dem Effizienz-Monster Ryzen 7 7800 X3D ist noch mehr herrauszuholen. Wie das geht, erfahren Sie in diesem Video.

GPU-Kaufberatung: High-End
Welche Grafikkarten sich momentan im High-End-Bereich wirklich lohnen, erläutert unser GPU-Guru in diesem Video.

Intels ATX 3.1 und 12V-2x6-Buchse erklärt
Bedeutet der neue Standard, dass Käufer von ATX-3.0-Netzteilen jetzt in die Röhre gucken?

Ryzen 7000: Die neuen Workstation-CPUs vorgestellt
Die leistungsstarken Kerne der Ryzen-7000-Threadripper haben es in sich. Aber kann man damit auch zocken?

Feedback im PCGH-Forum

Im Online-Forum von PC Games Hardware können Sie uns bequem Rückmeldung geben, welche Inhalte von Heft und DVD Ihnen gefallen haben. Dazu starten wir jeden Monat Umfragen und ein Feedback-Sammelthema. Durch Ihre Teilnahme helfen Sie uns, die Themenauswahl von PCGH besser auf die Wünsche der Leser abzustimmen – die einzige Voraussetzung ist ein kostenloser Foren-Account, der mit wenigen Mausklicks eingerichtet ist. **www.pcgh.de/feedback**

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

Smoke and Sacrifice

Installation

Bei unserer Vollversion zu Smoke and Sacrifice handelt es sich um einen Gratis-Code für Gamesplanet.com. Dazu geben Sie den Code auf unserer Codekarte unter www.pcgh.de/codes ein. Den Code, den Sie dort erhalten, geben Sie dann bei Gamesplanet als Rabatt-Code an und erhalten dann dort einen Steam-Code für das Spiel.

Fakten zum Spiel

- Genre: Rollenspiel
- Publisher: Curve Games
- Veröffentlichung: 31. Mai 2018

Systemvoraussetzungen

Mindestens: Windows 7 / 8 / 8.1 / 10 32-bit, Intel Core i3-4130/ AMD Phenom 2 X4, 4 GiByte RAM, Geforce GTX 650/Radeon HD 5770, 4 GB Speicherplatz, DirectX 11 (Herstellerangaben)

Empfohlen: Intel Core i5-6400/AMD FX 6300, 8 GiByte RAM, ansonsten s. o. (Herstellerangaben)

Bitte beachten Sie, dass wir aus rechtlichen Gründen im Heft keinen direkten Installationsschlüssel abdrucken. Den Key erhalten Sie, indem Sie die Ziffernfolge auf der Codekarte (S. 66/67) auf www.pcgh.de/codes (NICHT: pcgames.de) umwandeln. Der Key, den Sie dort bekommen, läuft aus rechtlichen und/oder technischen Gründen nach rund 6-7 Monaten ab. Bei dieser Vollversion lautet das Enddatum 31.05.2024. Bitte lösen Sie den Code daher rechtzeitig bei Gamesplanet ein.

Adobe für alle

Die Programme Photoshop und Premiere Pro aus der Adobe-Cloud sind für viele Anwender wichtige Werkzeuge. Welche Hardware Sie für ein zügiges Arbeiten tatsächlich benötigen, erfahren Sie hier.

Egal, ob Bildbearbeitung, Webdesign oder Videoschnitt: Adobes Software-Suite bietet nützliche Software, mit der auch Heimanwender professionell arbeiten können. Die einzelnen Programme weisen dabei jedoch unterschiedliche Hardware-Voraussetzungen auf. Deshalb möchten wir auch 2024 einen Guide zur Verfügung stellen, der die passenden Komponenten zum jeweiligen Anwendungsgebiet vorstellt. Passend dazu finden Sie am Ende des Artikels Beispiel-Rechner, die einen guten Kompromiss aus Leistung und Einsatz bieten sollen. Natürlich gibt es neben der Adobe Cloud für die einzelnen Produkte durchaus namhafte Alternativen. Besonders in der Videoproduktion stellen Davinci Resolve oder Final Cut Pro von Apple beliebte Gegenangebote dar. Diese stellen in etwa dieselben Leistungsansprüche wie die Adobe-Suite. Bis zu einem gewissen Grad kann der nachfolgende Bericht daher auch für alternative Software zur Rate gezogen werden. Neben der lokalen Installation bietet Adobe außerdem eine Cloud-Lösung an, welche die Berechnungen auf eigene Server verlagert. Damit können in der Theorie teure Hardware-Lösungen eingespart werden. In der Praxis fehlt es den Programmen innerhalb der Online-Lösung aber an wichtigen Features, was sie für professionelle Anwendungsbereiche aus dem Rennen wirft.

Photoshops Ansprüche

Um grundlegende Funktionen in Photoshop zu nutzen, bedarf es keiner leistungsstarken Hardware. Für den Prozessor wird lediglich ein 2-GHz-Mehrkerner mit 64-Bit-Unterstützung offiziell angegeben. Allerdings profitiert die Performance eben doch von einer leistungsstarken CPU. So werden etwa Effekte schneller ausgeführt und auch Bildexporte benötigen weniger Zeit. Der Arbeitsspeicher sollte mindestens 8 GiB groß sein, empfohlen werden 16 GiB. Wird in hohen Auflösungen mit mehreren Tools gleichzeitig gearbeitet, kann der RAM jedoch schnell an seine Kapazitätsgrenzen geraten. Anspruchsvollen Anwendern empfehlen wir daher, auf 32 GiB zu setzen. Auf eine SSD sollte generell nicht mehr verzichtet werden. Selbst grundlegende Windows-Features wie das Systembooten gelingen so deutlich flotter. Eine HDD sollte 2024 höchstens als Datengrab dienen. Ob Sie eine NVME- oder SATA-SSD verwenden, bleibt Ihnen überlassen. Obwohl die Grafikkarte in Photoshop nur eine untergeordnete Rolle spielt, werden auch an diese Mindestanforderungen gestellt. Sie sollte über 1,5 GiB Speicher verfügen und DirectX 12 kompatibel sein. Für die Verwendung von UHD-Bildschirmen wird ein Grafikspeicher von mindestens 4 GiB empfohlen. Des Weiteren weist Adobe darauf hin, dass GPUs, die älter als 7 Jahre sind, nicht mehr unterstützt werden.

Pugetbench for Photoshop

Wie bereits bei unserem letzten Photoshop-Test nutzen wir auch diesmal wieder das Benchmark-Tool von Pugetsystems (www.pugetsystems.com). Dieses wird als Plug-in installiert und misst die Leistungsfähigkeit der Komponenten, in dem es verschiedene Aufgabengruppen durchführt. Mit Version 1.0 erschien erst kürzlich ein großes Update, welches die Gewichtung der einzelnen Arbeitsschritte verändert.

Das Plug-in sowie die für den Test erforderliche Skript-Sammlung können kostenlos heruntergeladen werden. Vor der Leistungsmessung sollte Photoshop auf seine Standard-Einstellungen zurückgesetzt werden, um die Vergleichbarkeit sicherzustellen. Außerdem muss darauf geachtet werden, dass jede Plug-in-Version nur bestimmte Photoshop-Versionen unterstützt.

Der Benchmark-Durchlauf dauert etwa 15 bis 30 Minuten, gemessen wird jeweils die für die Aktion benötigte Zeit in Sekunden. Anschließend wird diese in Punkte umgerechnet. Die Aufgaben unterteilen sich in „Allgemein" und „Filter". Insgesamt laufen 21 Aktionen automatisiert ab. GPU-beschleunigte Vorgänge wie *Drehen, selektiver Scharfzeichner, Feld-Weichzeichnung und Iris-Weichzeichnung* werden in Form eines separaten GPU-Scores ausgegeben. Im Gegensatz zu früheren Versionen findet die Berechnung der Ergebnisse nicht mehr in Bezug auf ein Referenzsystem statt. Stattdessen wird das geometrische Mittel der Einzelergebnisse gebildet. Der Test erfolgt im RGB-Farbmodus mit 16 Bit.

Aufteilung des Benchmarks

Im allgemeinen Abschnitt werden mehrere alltägliche Aufgaben ausgeführt:

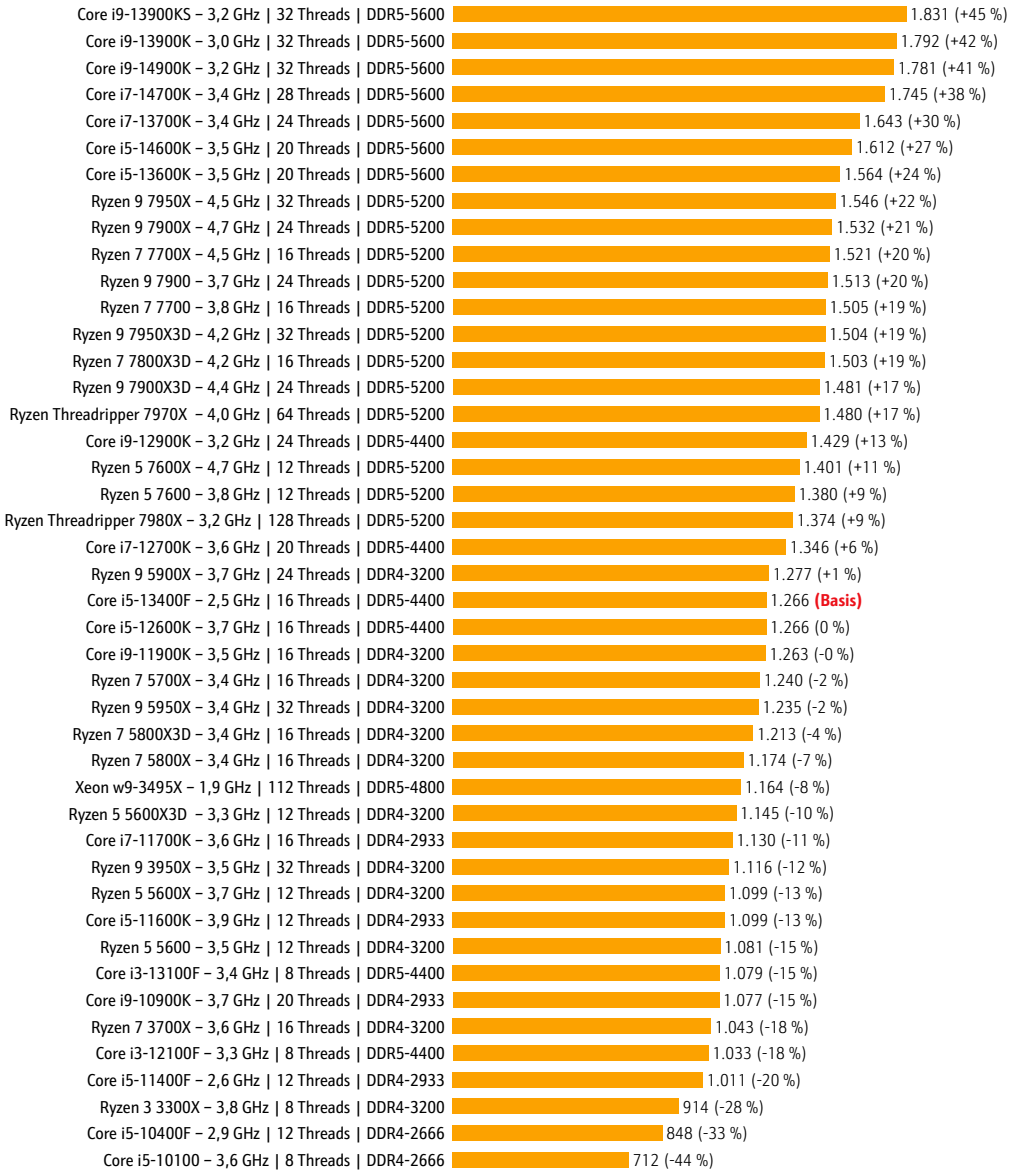
- 39 MP großes .NEF RAW-Bild öffnen
- Bildgröße auf 150 MP ändern – Details beibehalten
- Bildgröße auf 150 MP ändern – mit Bicubic Smooth Sampling
- Drehen
- Motiv auswählen
- Auswählen und maskieren
- In Smartobjekt konvertieren
- Füllwerkzeug
- Wischfinger-Werkzeug
- .JPG-Datei speichern
- .PNG-Datei speichern
- .PSD-Datei speichern
- .PSD-Datei öffnen

Im zweiten Teil finden dagegen einige Filter-Funktionen Anwendung:

- Adaptive Weitwinkelkorrektur
- Camera Raw
- Objektivkorrektur
- Inhaltsbasierte Füllung
- Rauschen reduzieren
- Selektiver Scharfzeichner
- Iris-Weichzeichnung
- Feld-Weichzeichnung

CPU-Skalierung in Adobe Photoshop

Pugetbench for Photoshop Version 1.0.0



System: PNY Geforce RTX 4090 Epic-X, HVCI/TPM 2.0 deaktiviert, Windows 11
Bemerkungen: In Photoshop profitieren Intel-CPUs von ihrer starken Single-Core-Performance. AMD hat das Nachsehen.

Punkte
▶ Besser

Mythos Grafik-Berechnung

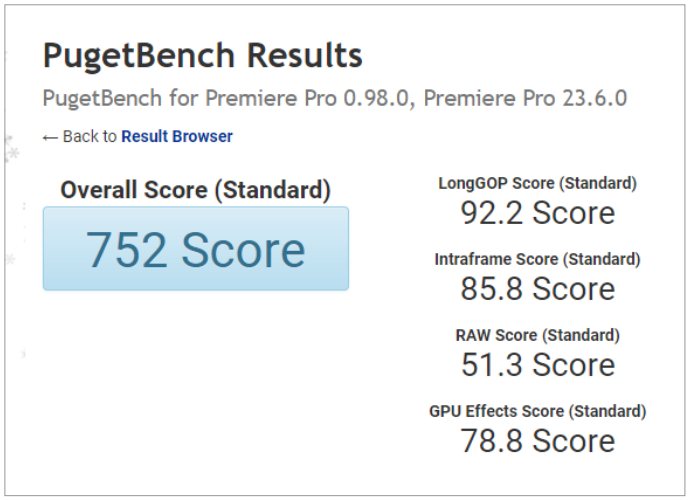
Obwohl in Photoshop Bilder verarbeitet werden, sind die Anforderungen an die Grafikkarte sehr gering. Die Berechnung der Bildpunkte erfolgt in den meisten Anwendungsbereichen rein über den Prozessor. So kann mit einem High-End-Grafikbeschleuniger kein nennenswerter Performance-Vorteil erreicht werden. Selbst beim Vergleich der aktuellen Leistungsspitze Geforce RTX 4090 mit einem integrierten Grafikchip sind kaum Unterschiede festzustellen. Dies haben bereits in den letzten Jahren mehrere Benchmarks gezeigt, weswegen wir in diesem Jahr auf eine längere Grafikkarten-Tabelle verzichten. Wird jedoch in UHD gearbeitet oder werden mehrere Displays verwendet, wird eine dezidierte Karte mit mindestens 4 GiB VRAM empfehlenswert.

Folgende Funktionen nutzen aktiv die Grafikeinheit:

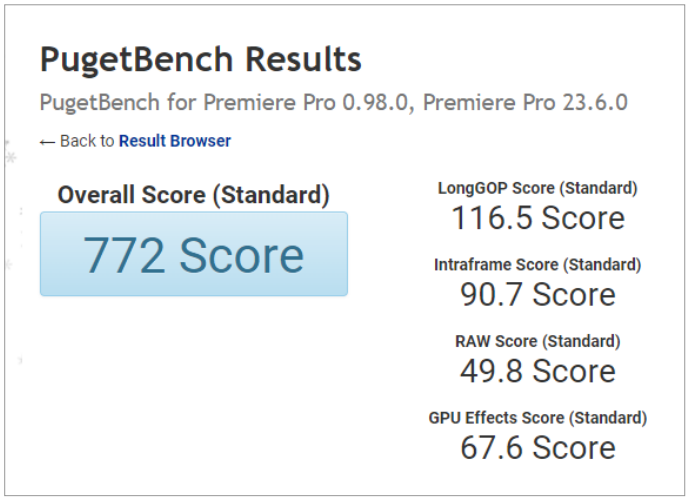
- 3D
- Ölfarbe
- Rendern – Flamme, Bilderrahmen und Baum
- Rauer Zoom
- Ansicht aus der Vogelperspektive
- Ziehschwenken
- Glatte Größenanpassung von Pinsel
- Perspektivische Verformung

Diese Aktionen können mit der GPU beschleunigt werden:

- Linsenunschärfe
- Zeichenflächen
- Zeichenflächen
- Bildgröße - Details erhalten
- Fokus auswählen
- Weichzeichnergalerie
- Selektiver Scharfzeichner (Rauschunterdrückung)
- Auswählen und Maskieren



Die Geforce RTX 4090 führt den GPU-Effect-Score klar an. Im Gesamtergebnis muss sie sich dennoch der Radeon RX 7900 XTX geschlagen geben.



Die Radeon RX 7900 XTX kann sich in unserem Test knapp die Grafikkartenkrone aufsetzen. Vor allem im Render-Abschnitt sind die AMD-Karten Nvidia überlegen.

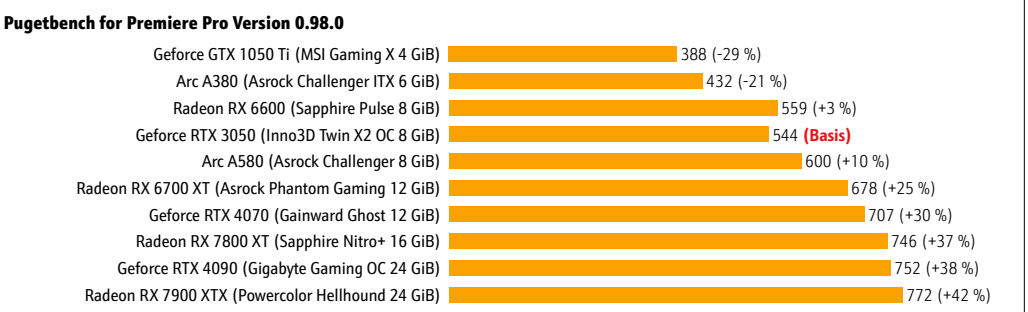
Intel setzt sich an die Spitze

In unserem Test wurden 44 CPUs beider Marktführer miteinander verglichen, darunter auch Thread-Monster wie Intels Xeon w9-3495X und AMDs Ryzen Threadripper 7970X. Im Vergleich wird deutlich: Ihre hohe Kernanzahl können beide Konkurrenten nicht ausspielen und landen daher in unserem Benchmark nur im Mittelfeld. Das hat einen Grund: Photoshop profitiert vor allem von bis zu acht Kernen. Bei einer höheren Kernanzahl werden lediglich geringe Performance-Gewinne erzielt. Für reine Photoshop-Arbeiten lohnen sich die oft angepriesenen „Workstation-CPUs" also nicht. Ein gutes Ergebnis fordert die reine Rechenleistung des Chips, sowie Single-Core-Power. Die Leistungskrone geht wieder klar an Intel. Deren 13. und 14. Core-Generationen bilden in unserem Benchmark geschlossen die Spitze. Mit einem Abstand von etwa 15 Prozent folgen AMDs Ryzen-Modelle. Im Vergleich zu vergangenen Tests stellen wir fest, dass die Leistungsunterschiede Ende 2023/Anfang 2024 deutlich größer ausfallen. Dennoch braucht es für die reine Bildbearbeitung keinen hochpreisigen Prozessor. Die meisten Arbeitsschritte profitieren kaum von einem High-End-System. Erst wenn permanent aufwendige Effekte genutzt werden und Photoshop als tägliches Tool eingesetzt, lohnt sich die Investition in teurere Hardware.

Leistung in Adobe Lightroom

Photoshop gilt schon längst nicht mehr als reine Bildbearbeitungs-Software. Im Laufe der Zeit hat sich der Fokus immer stärker auf Bildmanipulationen für Webdesigner und andere Medienschaffende verschoben. Als passende Alternative hat sich Lightroom durchgesetzt, welches den Bedürfnissen von Fotografen weit näherkommt. Dieses gibt es in einer Cloud-Variante, ebenso wie als lokale Installation, „Lightroom Classic" genannt. Letztere ist deutlich umfangreicher und profitiert von der lokalen Hardware-Power. Im Gegensatz zu Photoshop können Workstation-CPUs hier von ihrer hohen Kernanzahl profitieren. Dies kommt vor allem beim Erstellen von Smart-Previews oder dem Exportieren vieler Bilddateien zum Tragen. Bei großen Datenmengen sind so klare Performancevorteile festzustellen. Dabei ist allerdings festzuhalten, dass es sich hier lediglich um passive Arbeiten handelt, welche ohnehin im Hintergrund ablaufen können. Gerade das Exportieren von großen Datenmengen beansprucht immer eine gewisse Zeit, in der andere Arbeiten ausgeführt werden können (oder ein

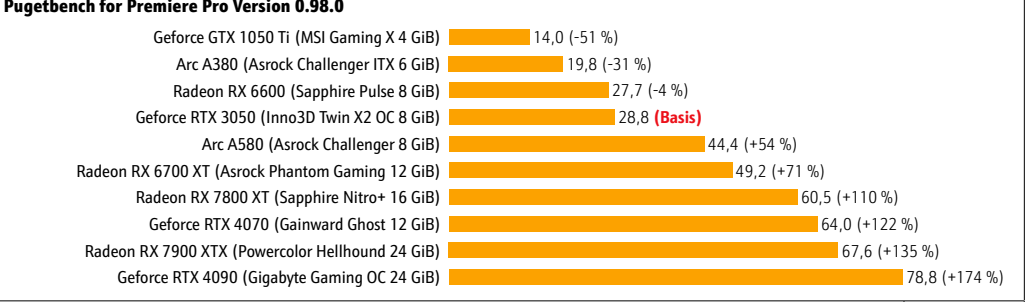
Pugetbench for Premiere Pro: Overall Score



System: Intel Core i9-11900K, 16 GiByte DDR4-4400, Windows 11 Pro
Bemerkungen: Da die Grafik-Effekte lediglich einen kleinen Teil der Arbeit in Premiere Pro ausmachen, ist der Gesamt-Score das bedeutende Ergebnis.

Punkte ▶ Besser

Pugetbench for Premiere Pro: GPU Effects Score



System: Intel Core i9-11900K, 16 GiByte DDR4-4400, Windows 11 Pro
Bemerkungen: In den grafikaufwendigen Effekten skalieren die Nvidia-Karten am besten.

Punkte ▶ Besser

Kaffee geholt wird). In allen anderen Anwendungsgebieten liegen die regulären Desktop-CPUs gleichauf und können die Vielkerner auch hier häufig hinter sich lassen. Der höhere Preis von Threadrippern und Xeons ist im Rahmen der Adobe-Software-Suite kaum bis gar nicht gerechtfertigt, weshalb wir für den speziellen Einsatzzweck von einem Kauf abraten. Insgesamt verhält sich das Leistungsbild in seinen Platzierungen ähnlich wie in Photoshop.

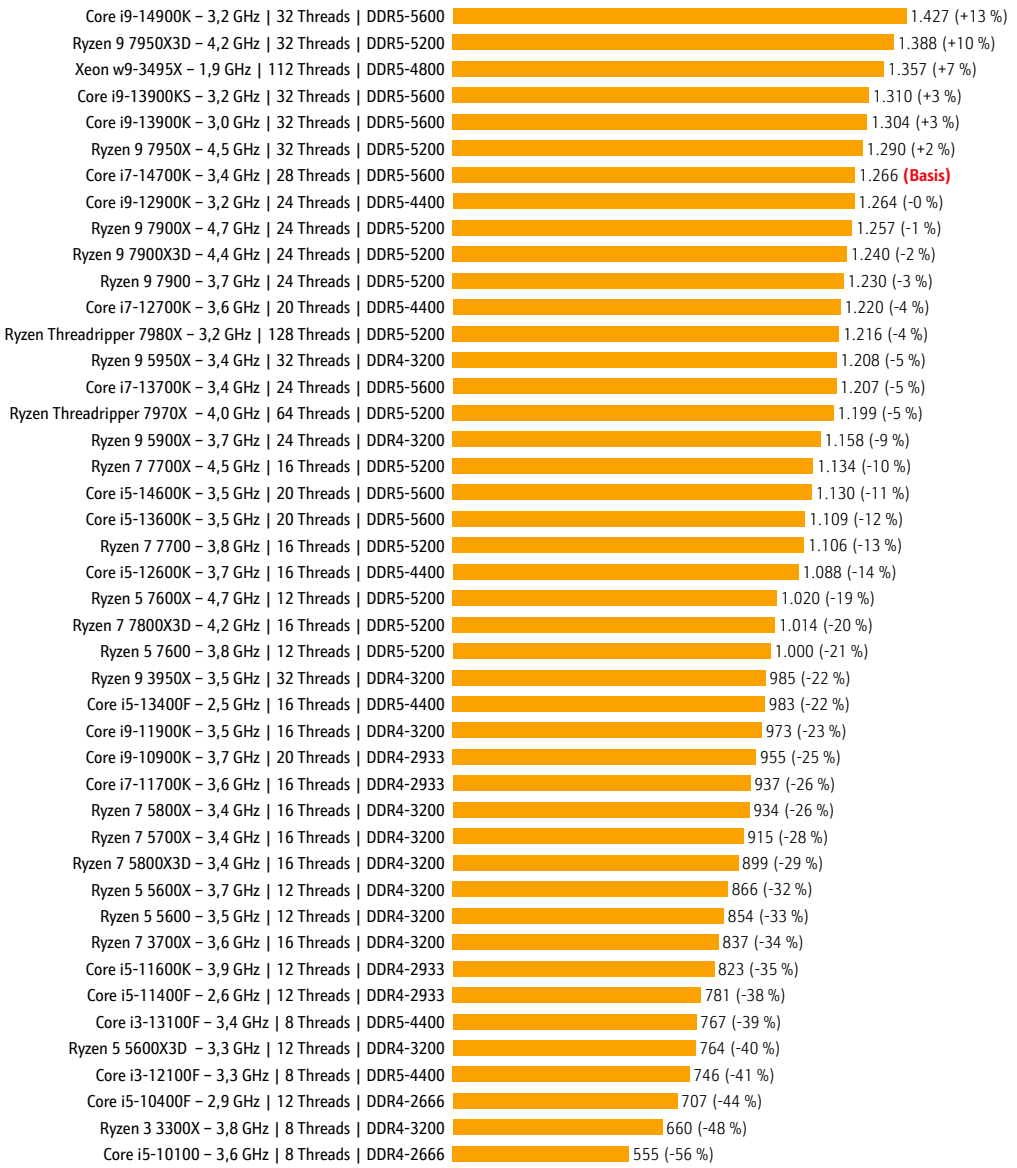
Höhere Hürden in Premiere

Da Bewegtbilder logischerweise eine größere Datenmenge produzieren, ist auch deren Bearbeitung ein stärkerer Ressourcen-Fresser als es in der Bildbearbeitung der Fall ist. Besonders von der CPU wird einiges abverlangt. Der Entwickler empfiehlt Intel-CPUs ab der elften Generation, beziehungsweise Ryzen-Modelle ab der 3000er-Serie. Dies ist durchaus gerechtfertigt, da die CPU stets die Hauptlast der Berechnungen trägt. Hier sollte nicht gespart werden, andernfalls kann es zu spürbaren Performance-Einbrüchen kommen. Bemerkbar wird dies durch deutlich längere Rendering-Zeiten, ruckelnde Grafikfunktionen und eine stockende Playback-Wiedergabe.

Aber auch der Arbeitsspeicher kann in der Videobearbeitung schnell zum Flaschenhals mutieren. Videodateien besitzen mittlerweile eine beachtliche Größe, besonders in hohen Auflösungen, und müssen während der Bearbeitung immer wieder in den RAM geladen werden. Daher sollte dieser in ausreichender Menge vorhanden sein. Adobe gibt 16 GiB für Full-HD- und 32 GiB für 4K-Material an. Letzteres stellt bereits eine gute Basis dar, für semiprofessionelle Anwender empfehlen wir dennoch, auf 64 GiB zu erhöhen. Vom Schneiden bis zum Rendern wird die Grafikkarten-Leistung aktuell immer wichtiger. Zentral ist hier der Videospeicher, den Premiere Pro leidenschaftlich gerne belegt. Adobe selbst gibt 4 GiB für Full-HD- und einige 4K-Medien an. Für größere Qualitäts-Standards liegt die Empfehlung bei 6 GiB und mehr. Eine High-End-Karte ist dennoch nicht immer notwendig. Woran das liegt, erläutern wir im Folgenden. Ebenso wie in Photoshop empfiehlt es sich auch beim Videoschnitt, eine schnelle SSD zu verwenden. Diese reduziert die Datenübertragungsraten enorm.

CPU-Skalierung in Adobe Premiere Pro

Pugetbench for Premiere Pro Version 0.98.0



System: PNY Geforce RTX 4090 Epic-X, HVCI/TPM 2.0 deaktiviert, Windows 11
Bemerkungen: Bei reinen Rendering-Aufgaben steht Intel aktuell an der Spitze. AMDs Ryzens bieten aber oft das bessere Preis-Leistungs-Verhältnis.

Punkte
▶ Besser

Testverfahren für Premiere

Für unsere Leistungsmessungen nutzten wir wie bereits in Photoshop einen Benchmark von Pugetsystems. Dieser führt standardisierte Arbeitsschritte in Premiere Pro aus, um ein vergleichbares Ergebnis zu erzielen. Eine Neuerung ist der Wegfall des Live-Playback-Tests seit der von uns verwendeten Version 0.98. Der Grund dafür ist rein technischer Natur. Für den Benchmark wurde eine aufwendige Zeitleiste mit hoher Framerate abgespielt. Um das System an seine Belastungsgrenze zu bekommen, wurde die Wiedergabegeschwindigkeit dabei in verschiedenen Schritten erhöht. Dabei kam es irgendwann zu Frame-Einbrüchen. Mittlerweile ist Adobe jedoch in der Lage, diese Einbrüche mithilfe mehrerer automatischer Anpassungen zu verhindern. Der Eingriff erfolgt allerdings je nach System und Durchlauf zu einem unterschiedlichen Zeitpunkt. Dadurch kann eine Vergleichbarkeit nicht mehr gewährleistet werden. Nach einer Reihe von Überlegungen entschied sich Pugetsystems, das Live Playback vollkommen aus ihren Benchmarks zu streichen. Stattdessen stützt man sich nun auf Enkodierung und Dekodierung, um die CPU-Leistung zu erfassen. Die Leistung der Benchmarks fällt daher etwas höher aus, als es in der Realität der Fall sein wird, da kein zusätzliches Video-Signal für das Playback erstellt werden muss. Laut Pugetsystems verhalten sich die Leistungsunterschiede der Prozessoren und Grafikkarten im Benchmark beinahe genauso wie beim

Live Playback, weshalb der Test eine gute Aussagekraft für einen allgemeinen Leistungsvergleich im Arbeitsalltag bieten soll.

So läuft der Benchmark ab

Encoding: Eine DNxHR-LB-Videodatei wird zunächst in UHD hochskaliert. Dies stellt laut Pugetsystems die beste vergleichende Testbasis dar, bei der es mit keinem System zu Kompatibilitätsproblemen kommt. Im eigentlichen Benchmark wird die Datei mit verschiedenen Codecs exportiert (H.246, HEVC, DNxHR, ProRes in unterschiedlichen Qualitäts-Stufen).

Processing-Test: Mehrere Video-Codecs (darunter H.264, HEVC und RED) in einer Auflösung von UHD bis 8K werden zunächst als Timeline erstellt und im Test jeweils in das Format DNxHR LB in HD-Qualität dekodiert.

GPU-Effekte: In diesem Test werden Grafikkarten durch GPU-beteiligte Effekte getestet. Dabei wird ein 4K-Clip in HD-Auflösung skaliert. Zusätzlich werden die folgenden Effekte angewendet: Lumetri Color ×40, Gaussian Blur ×40, Sharpen ×40, VR Digital Glitch ×20, VR De-Noise ×4

Thread-Monster nicht vorne

Entgegen mancher Erwartungen bilden die hochpreisigen Workstation-Prozessoren eben nicht die Leistungsspitze im Test. Während sich Intels Xeon w9-3495X jeweils von AMDs und Intels schnellster Desktop-CPU auf Platz 3 geschlagen geben muss, erreichen die getesteten Threadripper lediglich mittlere Platzierungen. Die hohe Kernanzahl ist nicht von Bedeutung. Eine Ausnahme kann das Rendering in aufwendigen Codecs wie RED darstellen. Diese spielen allerdings für den Privatanwender normalerweise keine Rolle. Die gängigen Codecs H.264 und HEVC, die zumeist Anwendung finden, skalieren gut mit verbreiteten Consumer-CPUs.

Die Ergebnisse zeigen, dass die reine Rechenleistung einer CPU den Schlüssel zu einer guten Performance in Premiere Pro darstellt. AMDs Achtkerner mit 3D-V-Cache, welche typischerweise sehr effizient und stark in Spielen abschneiden (etwa der Ryzen 7 7800X3D), haben gegenüber den höherpreisigen Topmodellen das Nachsehen, da Sie im Videoschnitt kein klassisches Performance-Kapital aus dem 3D-Zwischenspeicher schlagen können. Intels Prozessoren schneiden nicht nur im Benchmark von Premiere Pro gut ab, sondern auch im Gaming-Bereich – das aber deutlich ineffizienter. Der Core i9-14900K an der Spitze zeigt zwar mit einem Punktewert von 1.427 die beste Leistung, genehmigt sich dabei allerdings auch bei maximaler Anwendungsauslastung im Schnitt dekadente ca. 290 Watt. Das attraktivste Verhältnis zwischen maximaler Anwendungs- und Spieleleistung samt guter Effizienz stellt der mit ca. 120 Watt im Anwendungsindex sparsame AMD Ryzen 9 7950X3D auf dem zweiten Platz mit einem Score von 1.388 dar.

Das Mittelfeld ist deutlich stärker gemischt, hier nehmen sich AMD und Intel nicht viel. Für Content Creator kann sich das Abwägen zwischen Spiele- und Anwendungsleistung mit Einbezug der Effizienz lohnen, gerade bei Prozessoren wie dem Core i7-14700K und dem Ryzen 9 7900X. Grundlegend braucht es auch in Premiere Pro nicht zwangsläufig die teuerste Hardware. Selbst mit CPUs aus dem mittleren Leistungsbereich kann noch immer performant gearbeitet werden. Die einzigen nennenswerten Einbußen werden Sie in längeren Renderzeiten und niedrigeren Frameraten im Live Playback bemerken. Letztere kommen aber erst bei beschleunigter Wiedergabe wirklich zum Tragen.

Geringe Skalierung bei GPUs

In Premiere Pro wird die Grafikkarte besonders beim Rendering sowie beim Live Playback genutzt. Um deren Leistungsfähigkeit zu vergleichen, bietet „Pugetbench for Premiere“ einen eigenen Test für GPU-Effekte. Dieser besteht aus dem Rendern eines Videoclips, dem einige GPU-hungrige Effekte hinzugefügt wurden. Dabei kann, wenig überraschend, vor allem die Geforce RTX 4090 ihre Leistung ausspielen – mit einem deutlichen Abstand steht sie an der Spitze des GPU-Benchmarks.

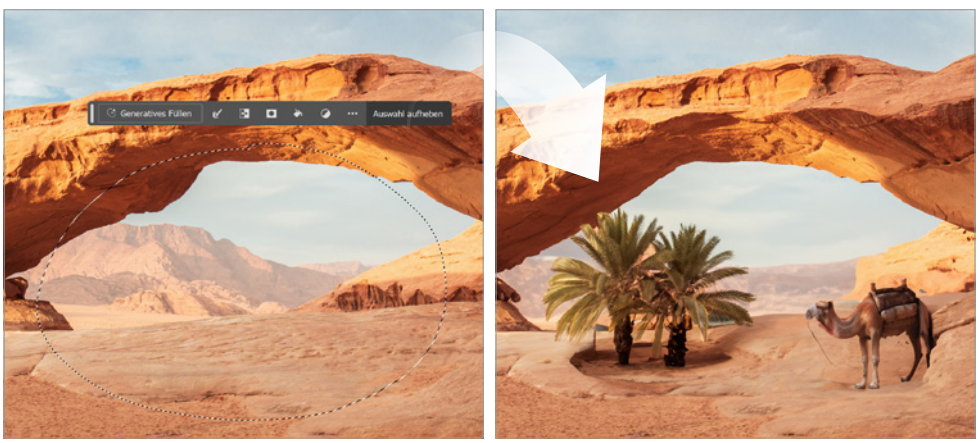
Interessant ist dabei jedoch, dass die Spitzenplätze der Gesamtpunktzahl anders besetzt sind. Hier besteigt die Radeon RX 7900 XTX den Gipfel unseres Leistungsdiagramms. Aber auch die RTX 4070 muss sich im Gesamtergebnis der RX 7800 XT geschlagen geben. Während Nvidia die Berechnung der visuellen Effekte besser meistert, hat AMD die Nase beim Rendering vorne. Da letzteres jedoch einen Großteil der Berechnungen ausmacht und sich diese Ergebnisse laut Pugetsystems ebenfalls direkt auf die Live-Playback-Leistung übertragen lassen, bedeutet das letztlich, dass AMD im Leistungsvergleich insgesamt vorn liegt. Die Ergebnisse können sich je nach genutztem Codec jedoch wieder deutlich unterscheiden. Deshalb und weil die Resultate im Overall Score relativ nah beieinander liegen, gibt es bei den Herstellern keinen klaren Grafikkarten-Sieger.

Es ist außerdem wichtig zu wissen, dass Pugetbench seit der in unserem Test verwendeten Version 0.98 Beta eine neue Auswertungsmethode verwendet und ausdrücklich darauf hinweist, dass sich die Ergebnisse aus diesem Test nicht mit denen

Abseits der Hardware: Das „generative Füllen“

In der PCGH 01/2024 haben wir uns mit der lokalen „KI-Bilderstellung“ Stable Diffusion befasst. In Adobe Photoshop gibt es ebenfalls KI-Hilfe über die Cloud-Implementierung von Adobe Firefly.

Ein neues Feature in Photoshop ist das KI-Bilderstellungs-Plugin „Generative Fill“. Mithilfe dessen können Bilder per künstlicher Intelligenz erstellt und direkt in ein Projekt eingefügt werden. Der Befehl erfolgt per Texteingabe. Das Thema KI-Bildgenerierung haben wir bereits in der vorherigen Ausgabe ausführlich behandelt. Anders als bei lokalen Programmen wie Stable Diffusion ist für den Betrieb von „Generative Fill“ jedoch keine leistungsstarke Grafikkarte nötig. Die Berechnung erfolgt über Adobes Server. Dank feinerer Algorithmen im Bündel wird die Bilderstellung in vielen Fällen deutlich einfacher.



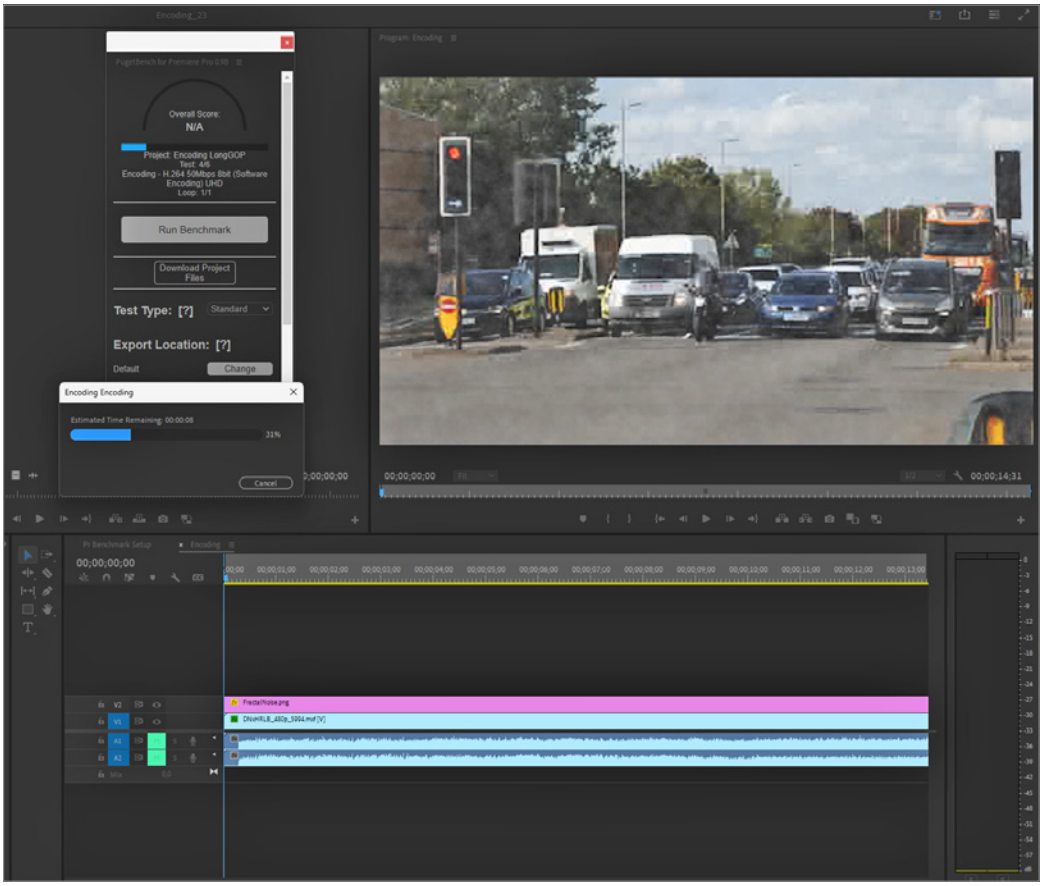
In der Photoshop Beta können Bildabschnitte nach eigener Texteingabe über die KI-Implementierung schnell geändert werden. Lokale KI-Tools sind zwar eine Alternative, die Einrichtung und Benutzung gestalten sich jedoch aufwendiger.

alter Versionen vergleichen lassen. Nach der alten Auswertungsmethode hatte Nvidia mit der Geforce RTX 4090 noch klar die Nase vorne. Ansonsten fallen bei der Skalierung der Grafikkarten keine Besonderheiten auf. Lediglich die Modelle von Intel schneiden in unserem Test nicht gut ab. Laut Pugetsystems soll das Arc-Topmodell A770 dennoch eine gute Leistung im Overall Score erreichen. Ob der Preis einer hochpreisigen GPU wie der Radeon RX 7900 XTX oder gar Geforce RTX 4090 die Zeitersparnis rechtfertigt, bleibt dem Nutzer überlassen. Das Mittelfeld bietet insgesamt jedoch ein deutlich besseres Preis-Leistungs-Verhältnis.

Der richtige Bildschirm

Um in der Adobe-Cloud-Suite angenehm zu arbeiten, sollten Sie sich ein passendes Anzeigegerät zulegen. Dieses können Sie frei nach ihren persönlichen Vorlieben auswählen. Die Bildbearbeitung stellt nämlich auch im professionellen Bereich keine speziellen Anforderungen an den Bildschirm. Ein häufig genannter Begriff ist etwa die Farbtreue, welche angibt, wie natürlich ein Monitor die Nuancen eines Farbraumes darstellt. Einige Hersteller werben daher mit einem guten Farbtreue-Wert und buhlen so um „professionelle Anwender". Diese Unterschiede sind allerdings auch im Profi-Bereich nur bedingt wirklich von Bedeutung.

Mit einer Monitorkalibrierung – welche theoretisch ohnehin bei der Inbetriebnahme des Geräts an einem neuen Standort mit anderer Lichtumgebung nötig wäre – kann im Grunde mit jedem aktuellen Gerät ein passabler Farbtreue-Wert erreicht werden. Der Bildschirm sollte daher vor allem bezüglich Größe, Auflösung und weiteren geplanten Nutzungszwecken ausgewählt werden. Ein hochwertiger Gaming-Monitor kann 2024 auch für die Video- und Bildbearbeitung eine gute Option sein. Ultrawide-Monitore können das Arbeiten erleichtern, indem sie einen breiteren Arbeitsbereich abdecken. Dies ist vor allem bei aufwendigen Projekten mit vielen Schnitten von Vorteil. Mit dem breiten Bildformat kommt allerdings nicht jeder Nutzer zurecht. Eine Alternative kann ein Set-up mit mehreren Bildschirmen sein.

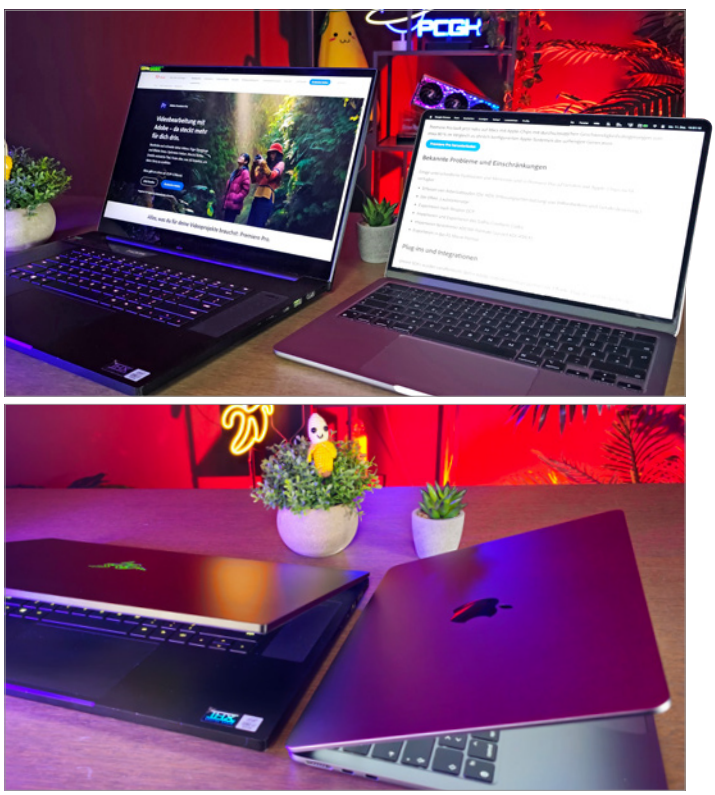


Mit Pugetbench for Premiere kann die Leistungsskalierung in Adobes Videoschnittprogramm getestet werden. Mit der Version 0.98 fiel nun der Live-Playback-Test weg. Seitdem dienen Rendering-Aufgaben als Basis der Tests.

Die „Bit"-tere Enttäuschung

Die Bit-Tiefe bestimmt, wie viele Farbinformationen in einem Bild angezeigt werden können. Zwar bietet Photoshop die Möglichkeit, Bilder mit bis zu 16 Bit zu bearbeiten, das gängigste Format sind allerdings 8 Bit. Das klingt zunächst nach einem gewaltigen Qualitätssprung, den es auch zu nutzen gilt. In der Praxis werden diese hohen Bit-Raten allerdings nur selten verwendet, da sich 8 Bit als Standard für die Bildwiedergabe etabliert hat und voraussichtlich auch bleibt.

Eine Ausnahme stellt das immer beliebter werdende HDR (Kürzel für *High Dynamic Range*) mit 10 Bit in Spielen und Filmen dar. Im Profibereich werden 10 Bit praktisch nur dazu verwendet, Farben zu korrigieren. Der Adobe-RGB-Farbraum deckt etwa diesen Standard ab, hier werden deutlich mehr Farben angezeigt. Dadurch sieht das Bild allerdings nicht automatisch besser aus. Der Vorteil dieses Farbraums macht sich lediglich bei der Arbeit mit Druckerzeugnissen bemerkbar.



Apples ARM-Chipsätze (M1–M3) laufen in Photoshop und Premiere Pro nativ unter macOS. Windows 10/11 oder x86-Architekturen sind nicht strikt erforderlich.

Systemvoraussetzungen

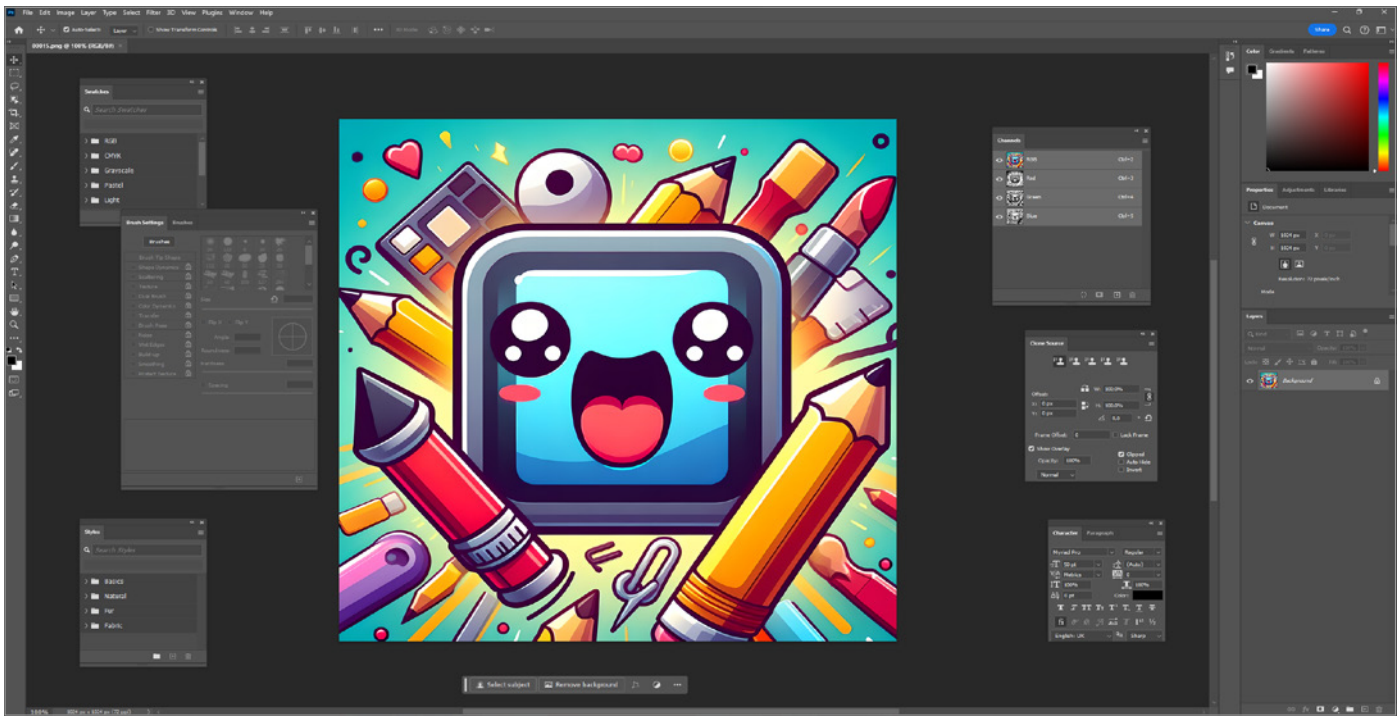
	Adobe Photoshop			Adobe Premiere Pro		
	Minimal	**Empfohlen**	**Kommentar**	**Minimal**	**Empfohlen**	**Kommentar**
Prozessor	Mehrkern Intel- oder AMD-CPU mit 2 GHz oder höher, 64-Bit Unterstützung, SSE 4.2		Je komplexer die Bildbearbeitung, desto eher profitieren Sie von CPUs mit starker Single-Core-Leistung und mehr als vier Kernen.	Intel 6. Generation bzw. AMD Ryzen 1.000er-Serie oder höher, Advanced Vector Extensions 2 (AVX2)-Unterstützung	Intel 11. Generation mit Quick Sync bzw. AMD Ryzen 3.000-er Serie /Threadripper 2.000er-Serie oder höher	Premiere Pro profitiert zwar von vielen Kernen, ein Threadripper ist jedoch als reine Schnitt-CPU nicht empfehlenswert.
Arbeitsspeicher	8 GiB	16 GiB	32 GiB sind ein guter Puffer bei anspruchsvollen Projekten mit höheren Auflösungen.	8 GiB	16 GiB für HD-Material, 32 GiB + für 4K	Je nach Vorhaben sind selbst 64 GiB RAM keine schlechte Investition, gerade bei UHD und höher.
Grafikkarte	DirectX 12, 1,5 GiB VRAM, neuer als 7 Jahre	DirectX 12, 4 GiB VRAM (4K)	APUs mit ansehnlicher GPU-Leistung wie der Ryzen 5 5600G genügen.	2 GiB VRAM	4 GiB VRAM für HD und einige 4K-Medien, 6 GiB + für 4K bis 8K	Die GPU-Beschleunigung spielt nicht nur bei der Renderzeit, sondern auch bei Effekten eine Rolle.
Auflösung	1.280 × 800, Skalierung von 100 %	1.920 × 1.080, Skalierung von 100 %	Die Skalierung von 100 % verhindert ein Verwaschen des UI.	1.920 × 1.080	1.920 × 1.080 oder höher, HDR-Display	Ultrawide-Formate können das Arbeiten an der Timeline erleichtern.
Festplatte / SSD	20 GiB freier Speicher	100 GiB freier Speicher, SSD zum Arbeiten, seperates Laufwerk als Arbeitsvolume	Theoretisch reichen kleinere SSDs zum Bilderbearbeiten aus, größere Arbeitsvolumen bieten jedoch mehr Platz.	8 GiB + für Installation, zusätzliches Laufwerk für Medien	SSD zum Arbeiten, zusätzliches Laufwerk für Medien	Je mehr, desto besser. So können etwa Alltagsfehler durch nicht ausreichenden Speicherplatz vermieden werden.

Wenn Sie sich dennoch dafür entscheiden, mit 10 Bit zu arbeiten, gilt es darauf zu achten, dass Monitor und Grafikkarte die Funktion überhaupt richtig unterstützen. Mittlerweile braucht es dafür keine professionellen Anzeigegeräte mehr, da auch aktuelle Gaming-Monitore oft bis zu 10 Bit ermöglichen. Eine Workstation-GPU ist dafür auch überhaupt nicht notwendig. In den Treibern von Nvidia und AMD kann der Anzeigemodus entsprechend eingestellt werden (im Prinzip genauso wie die Bildwiederholfrequenz).

Fazit PCGH

Es muss nicht immer High End sein

Wie viel Geld Sie für einen Premiere- und Photoshop-fähigen PC ausgeben sollten, hängt vom geplanten Nutzen ab. Wenn Sie lediglich ab und zu Videos und Bilder bearbeiten, reicht ein aktuelles Mittelfeld-System allemal aus. Eine teure CPU und eine High-End-GPU lohnen sich lediglich für anspruchsvolle Arbeiten im Videoschnitt. Und auch dann nur, wenn sich die eingesparte Zeit summiert. Die meiste Zeit wird die Hardware in Adobe-Programmen jedoch nicht voll ausgelastet.



Die Adobe Cloud bietet gleich mehrere Anwendungsgebiete für kreative Köpfe, darunter Webdesign, Bild- und Videobearbeitung, Layout sowie KI-Bilderstellung. Die einzelnen Funktionen greifen dabei als Gesamt-Suite gut ineinander. Die Funktionalität lässt sich Adobe in einem relativ teuren Abo-Modell monatlich bezahlen.

Photoshop- und Premiere-PC: Performante Vorschläge

Wie bereits beschrieben, benötigen Sie für ein zügiges Arbeiten in Premiere und Photoshop nicht unbedingt die schnellste Hardware. Bereits im mittleren Leistungsniveau finden sich passende Komponenten, mit denen flüssiges Arbeiten möglich ist. Die exemplarische Auswahl der Komponenten in unseren Bauvorschlägen erfolgte nicht nach reiner Leistung, sondern soll eine gute Mischung für engagierte Privatanwender bieten. Während man für Photoshop mit einem Budget von ca. 400 bis 800 Euro bereits potente Hardware bekommen kann, profitiert Premiere Pro deutlich stärker von leistungsstarken Komponenten im Alltag. Wer regelmäßig Videos in hoher Qualität schneidet, sollte sich daher eher an der oberen Leistungsspitze orientieren.

Photoshop bleibt handzahm

Um in Photoshop problemlos zu arbeiten, reichen Sechskerner-CPUs. Als Prozessor setzen wir daher auf den Preis-Leistungs-Tipp Ryzen 5 5600 auf AM4-Basis. Zwar platziert sich dieser AMD-Kandidat in unserem Leistungstest „nur" im Mittelfeld, die Investition in eine stärkere CPU gilt es aber gründlich zu überdenken, denn dessen Vorteile machen sich nur in wenigen Photoshop-Bereichen bemerkbar. Als dedizierter Grafikbeschleuniger haben wir eine RX 6600 mit 8 GiB Speicher auserkoren. Diese ist relativ preisgünstig und sorgt dennoch für flotte Bildbearbeitung in UHD. Die meiste Zeit wird sie sich in Photoshop langweilen, denn die Hauptlast liegt klar bei der CPU. Schneller Arbeits- und Festplattenspeicher sind dagegen Pflicht. Zügige M.2-SSDs mit 2 TByte Speicher sind ab ca. 100 Euro erhältlich. Der RAM sollte zumindest 32 GiB groß sein. 64 GiB für reine Bildbearbeitung lohnen sich erst bei extremen Auflösungen und anspruchsvollsten Projekten.

CPU in Premiere essenziell

In der Videobearbeitung erwarten Sie höhere Hardware-Anforderungen. Live Playback und Rendering verlangen Höchstleistungen vom Prozessor und auch eine schnelle GPU kann hier unterstützen. Dementsprechend muss für eine Spitzen-Performance ein größeres Budget investiert werden. Bei den Prozessoren haben Intel-Modelle aktuell oft die Nase vorn. Der Core i7-14700K macht nicht nur in Premiere eine gute Figur, sondern beschleunigt auch aktuelle Spiele angemessen. Als Grafikkarte kann die Radeon RX 7800 XT mit 16 GiB respektive die Geforce RTX 4070 mit 12 GiB dienen. Diese Karten bieten ausreichend Leistung für schnelles Rendering. Unser Bauvorschlag befindet sich damit in der oberen Leistungsklasse. Ob dies allerdings nötig ist, hängt auch hier von der Häufigkeit der Nutzung ab. Falls nicht, kann bereits ein Mittelfeld-Modell wie die RTX 3060 mit 12 GiB gute Dienste verrichten. Für die Videobearbeitung sollte nicht am Arbeitsspeicher gespart werden. Da in diesen immer wieder große Videodateien geladen werden, ist auf Größe und Geschwindigkeit besonders Wert zu legen. In unserem Bauvorschlag verwenden wir daher 64 GiB DDR5-6000 Speicher. Wird regelmäßig mit aufwendigen Codecs wie RED in großen Videodateien (etwa mit 8K-Auflösungen) gearbeitet, können jedoch selbst 64 GiB im Extremfall an ihre Grenzen kommen. Für das Abspeichern von Projekten und Archiven sollte außerdem genügend Massenspeicher vorhanden sein. Als reines Archiv können eine oder mehrere HDDs verwendet werden. Diese sind mittlerweile in großem Volumen für relativ kleines Geld zu bekommen. Um effektiv arbeiten zu können, ist viel und vor allem schneller SSD-Speicher eine dringende Empfehlung – im Alltag wird das etwa beim Kopieren definitiv zu spüren sein. *(th/re)*

Der i7-14700K bietet eine starke Gesamtleistung, was ihn für Content Creator attraktiv macht. Für ca. 100 Euro mehr ist der Ryzen 9 7950X3D eine Top-Alternative.

Für Premiere ist die RTX 4070 eine solide Option im oberen Leistungsbereich. Die RX 7800 XT bietet dagegen 4 GiB mehr Speicher und ist ca. 60 Euro günstiger.

Beispiel für Adobe Photoshop

Komponente	Hersteller und Produkt	Preis ca.
Prozessor	AMD Ryzen 5 5600 (6 Kerne)	€ 135,-
CPU-Kühler	Mitgelieferter Kühler (Boxed-Variante)	€ 0,-
Grafikkarte (AMD)	Radeon RX 6600 mit 8 GiB	€ 200,-
Grafikkarte (Nvidia)	Geforce RTX 3050 mit 8 GiB	€ 210,-
Mainboard	MSI B550-A Pro	€ 110,-
Arbeitsspeicher	G.Skill Ripjaws V mit 32 GiB DDR4-3600, CL18	€ 70,-
SSD (M.2)	Kingston KC3000 PCI-E-4.0 mit 2 TByte	€ 115,-
Netzteil (ATX 3.0)	Be Quiet Pure Power 12 M mit 550 Watt	€ 85,-
Gehäuse	Fractal Design Focus 2	€ 65,-
Gesamtpreis (ab)		**€ 780,-**

Beispiel für Adobe Premiere Pro

Komponente	Hersteller und Produkt	Preis ca.
Prozessor	Intel Core i7-14700K	€ 430,-
CPU-Kühler	Arctic Liquid Freezer II 360 Rev. 2	€ 100,-
Grafikkarte (AMD)	Radeon RX 7800 XT mit 16 GiB	€ 530,-
Grafikkarte (Nvidia)	Geforce RTX 4070 mit 12 GiB	€ 590,-
Mainboard	Asrock Z790 PG Lightning	€ 200,-
Arbeitsspeicher	Patriot Viper Venom mit 64 GiB DDR5-6000 CL36	€ 200,-
SSD (M.2)	Kingston KC3000 PCI-E-4.0 mit 2 TByte	€ 115,-
Netzteil (ATX 3.0)	Thermaltake Toughpower GF3 mit 750 Watt	€ 105,-
Gehäuse	Endorfy Arx 700 Air	€ 110,-
Gesamtpreis (ab)		**€ 1.790,-**

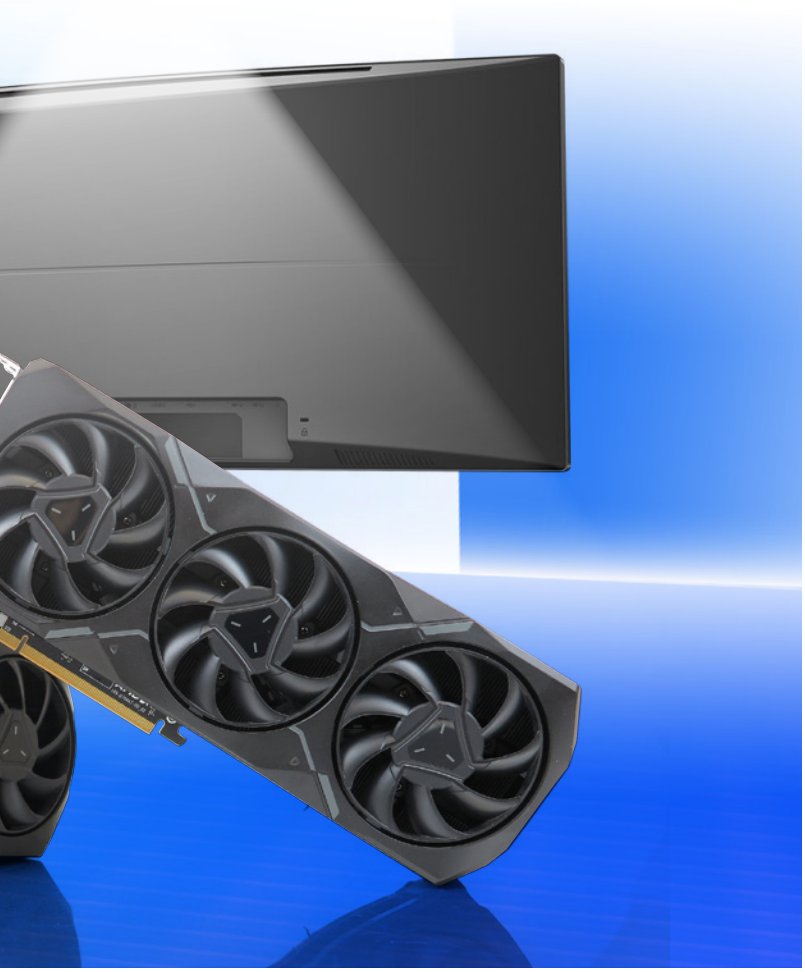
Der Ultrawide-Guide

Bildschirme im 32:9-Format sind zweifellos eine Nische, die wir unter den Gaming-Monitoren aber nicht vernachlässigen wollen. Wir testen aktuelle Gaming-Monitore und zeigen den Leistungshunger auf.

Im Jahr 2017 wurde auf der Gamescom ein neues Monitorformat geboren - und zwar von Samsung. Der C49HG90 prangte dort zur Schau und bot uns die Gelegenheit, auf seinem außerordentlich breiten Display ein Rennspiel zu erleben. Solche Spiele scheinen geradezu für Monitore dieser Ausmaße geschaffen zu sein. Jene, die sich das Luxus-Flair eines Drei-Monitor-Setups leisten, platzieren oft ein Lenkrad vor diesem weitläufigen Digitalpanorama. Ein breiteres Sichtfeld in den peripheren Sichtbereichen fördert die Vertiefung in die digitale Welt – ein Argument, das bereits für 21:9-Monitore ins Feld geführt wurde. Doch letztendlich ist das eine Frage des persönlichen Geschmacks, denn abseits der Faszination für dieses außergewöhnliche Doppelbreit-Format schrumpft der praktische Mehrwert deutlich. Es gibt allerdings gewisse Zugeständnisse, die zu akzeptieren waren: Die Pixelauflösung von Full HD auf einem 27-Zoll-Bildschirm mag für den detailverliebten Betrachter zu grob erscheinen. WQHD hat sich auf dieser Bildgröße als gegenwärtiger Standard etabliert. Freilich: Vor zwei Jahren galt 1080p im 32:9-Format als Norm. Doch die Technologie hat nicht stillgestanden – die fortgeschrittene 1440p-Auflösung ist bereits in einer Reihe von Modellen verfügbar und markiert die nächste Stufe der Bildschirmevolution. Im 32:9-Format ist das doppelte WQHD mit quasi zwei 27-Zöllern nun am häufigsten vertreten. Auch weil noch mehr Pixel ziemlich teuer und leistungshungrig sind, werden die Monitore im Super-Ultrawide-Format, wie es oft genannt wird, auch nicht unbedingt größer und hochauflösender, son-

Folgende Produkte finden Sie im Test

- **AOC Agon AG493UCX2**
- **Asus ROG Swift OLED PG49WCD**
- **Lenovo Legion R45w-30**
- **LG Ultragear 49GR85DC-B**

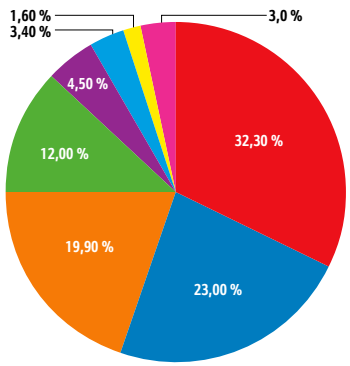


dern anderweitig besser, etwa mit einem OLED-Panel oder hohen Bildwiederholrate wie 240 Hz. Das aktuelle Nonplusultra in diesem Format aber ist wieder ein Modell von Samsung, der Odyssey Neo G9 G95NC, und zwar mit doppeltem 4K/UHD auf zweifachem 32 Zoll – genauer gesagt 5120 x 1440 Pixel auf 57 Zoll mit 240 Hz Bildwiederholrate. Erstmals auf der CES im Januar gezeigt, wurde wieder auf der Gamescom sein Marktstart verkündet. Ende November ist der 2.500 Euro teure Riese dann auch lieferbar, nur leider schaffte es bis Redaktionsschluss kein Testsample in unser Büro. Unser aktueller Vergleichstest beschränkt sich dafür auf andere aktuelle Modelle mit 49 Zoll und Dual-QHD-Auflösung, die aber nicht minder spannend sind.

Wenn viele ohnehin schon mit zwei Monitoren arbeiten, warum dann nicht auf einem, der in der Fläche und Pixelmenge denen entspricht, ohne den störenden Rand in der Mitte oder die Farbunterschiede zweier Modelle? Die Monitor-Evolution hat in der Breite ihre Grenze gefunden zu haben. Schon 21:9 hat 16:9 nicht abgelöst, bestenfalls ergänzt und auch 32:9 mitsamt ähnlichen Formaten wird auch nur eine Exoten-Nische bleiben, wenn es nicht wieder ausstirbt. Samsungs Testballon von 2017 hat aber schnell Konkurrenz von anderen Herstellern bekommen, was dafür spricht, dass sich die Nische etablieren wird. Auch die Auflösung wächst: Aus dem doppeltem Full HD des C49HG90 ist nun das doppelte UHD beim neuesten Modell, dem Odyssey Neo G9 G95NC geworden.

Asus ROG Swift OLED PG49WCD: Super-Ultrawide jetzt auch mit OLED. Ausgestattet mit einem OLED-Panel, bietet der Bildschirm eine beeindruckende Farbwiedergabe und ein Kontrastverhältnis, das die Grenzen der traditionellen LCD-Displays überwindet, also eben die

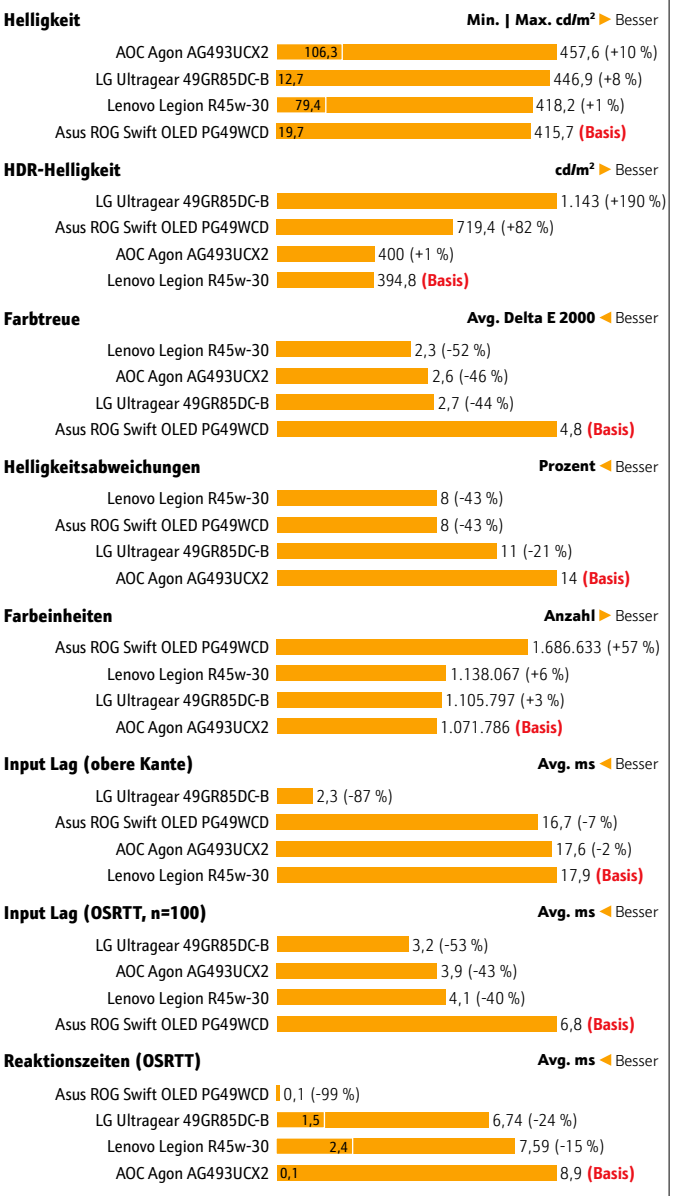
In welcher Auflösung spielen Sie meistens?



- 2.560 × 1.440 (WQHD) 32,3%
- 3.440 × 1.440 (UWQHD) 23,0%
- 3.840 × 2.160 (4K UHD) 19,9%
- 1.920 × 1.080 (Full HD) 12,0%
- 3.840 × 1.600 (QHD+) 4,5%
- 5.120 × 1.440 (Dual QHD) 3,4%
- 1.920 × 1.200 (WUXGA) 1,6%
- Sonstiges 3,0%

2023er-Umfrage auf www.pcgh.de
Teilnehmer: 756

Monitor-Messungen im Überblick



System: X-Rite i1Display Pro (Kolorimeter), CalMan Ultimate (Kalibrierung), Leo Bodnar & OSRTT (Input Lag), OSRTT (Reaktionszeiten)

Siehe Benchmark ▶◀ Besser

Vorteile des quasi unendlichen Kontrasts eines OLED-Monitors. Wenn wir uns die Messergebnisse anschauen, fällt die maximale Helligkeit von 415,7 cd/m² auf, die in Kombination mit der HDR-Peak-Helligkeit von 719,4 cd/m² für ein OLED recht hoch ist und den LCDs damit in nichts nachsteht. Die Helligkeit war oft eine Schwäche der OLEDs, was hier erfreulicherweise nicht der Fall ist. Der Monitor zeigt auch bei der Mindesthelligkeit von 19,7 cd/m² eine solide Leistung, was eine flexible Anpassung an dunkle Umgebungen in den Abendstunden ermöglicht. Die Farbtreue, gemessen mit einem durchschnittlichen Delta E 2000-Wert von 4,8, ist an sich durchschnittlich und sorgt für eine ausreichend präzise Farbdarstellung, was lediglich für Designer und Kreative von Bedeutung ist. Die Helligkeitsabweichung liegt bei maximal acht Prozent, was auf eine gleichmäßige Ausleuchtung des großen Bildschirms hindeutet. OLED-typisch brilliert der Monitor auch in den quasi nicht vorhandenen Reaktionszeiten und zeigt ein nahezu schlierenfreies Bild. Der Input Lag fällt zudem niedrig aus und erreicht ebenfalls kein spürbares Niveau. Diese Qualität eines OLEDs ist in diesem Format nicht ganz billig und daher kostet der Asus-Monitor auch gut die Hälfte mehr als vergleichbare LCDs. Hier handelt es sich also um ein Gerät für Pixel-Sommeliers.

AOC Agon AG493UCX2: Gut ausgestattet, jedoch nicht mit HDR. Der Agon AG493UCX2 ist ein Display mit VA-Panel und kommt daher mit all den Stärken und Schwächen der LCD-Technik einher. Das Panel erreicht eine maximale Helligkeit von 457,6 cd/m². Bei der HDR-Peak-Helligkeit werden lediglich circa 400 cd/m² erzielt. Daher kann der Monitor HDR-Inhalte wiedergeben, bietet aber keinen Mehrwert über der SDR-Qualität hinaus. Zumindest ist die durch die Bank solide: Der Schwarzwert liegt bei 0,217 cd/m², was nicht so tief ist wie bei OLED-Panels, aber dennoch für VA-Technologie einen guten Wert darstellt und ein besseres Kontrastverhältnis als IPS bietet. Die minimale Helligkeit des Monitors beträgt 106,3 cd/m², was etwas zu hoch ist und könnte in dunklen Zimmern den Nutzer zu stark blenden. Nun ist die Farbtiefe von 8 Bit zwar absolut ausreichend für SDR-Inhalte, aber heutzutage nicht mehr zeitgemäß – erst recht nicht für so einen teuren Monitor. Die Farbtreue mit einem durchschnittlichen Delta E 2000-Wert von 2,6 zeigt dennoch, dass der Monitor Farben mit hoher Genauigkeit wiedergeben kann, was für professionelle Anwendungen, bei denen Farbpräzision von Bedeutung ist, vorteilhaft ist. Die Reaktionszeit des Agon AG493UCX2 ist mit einem Durchschnitt von 8,9 ms für ein VA-Panel mittelmäßig, jedoch kommt in dunklen Farbwechsel nicht ohne Ausreißer nach oben hin aus. Das zeigt das Testufo-Bild deutlich. Das OSD-Menü ist etwas unübersichtlich und die unkomfortable Bedienung sei AOC verziehen, da der Hersteller eine Fernbedienung beilegt und ein Software-OSD bietet. An sich punktet der Monitor eher mit der Ausstattung, denn er hat auch Lautsprecher, die oft bei aktuellen Modellen fehlen. Der Mutterkonzern macht sich mit der anderen Marke direkte Konkurrenz: Auch Philips(-Monitore) gehört zu TP Vision und hier gibt es den P-line Brilliance 498P9Z mit gleichem Panel und absolut identischer Ausstattung. Der Philips ist aktuell gut 200 Euro günstiger als der hier getestete AOC. Daher raten wir einfach zum aktuell Günstigerem.

Lenovo Legion R45w-30: Kleineres Panel, höhere Pixeldichte. Der Legion R45w-30 unterscheidet sich von anderen Modellen durch sein etwas kleineres Panel, das eine

Breite Monitore bieten mehr Immersion, also ein besseres Eintauchen in die Spielwelt. Die Randbereiche sind dabei derart verzerrt, als würde man durch eine Weitwinkellinse einer Kamera schauen.

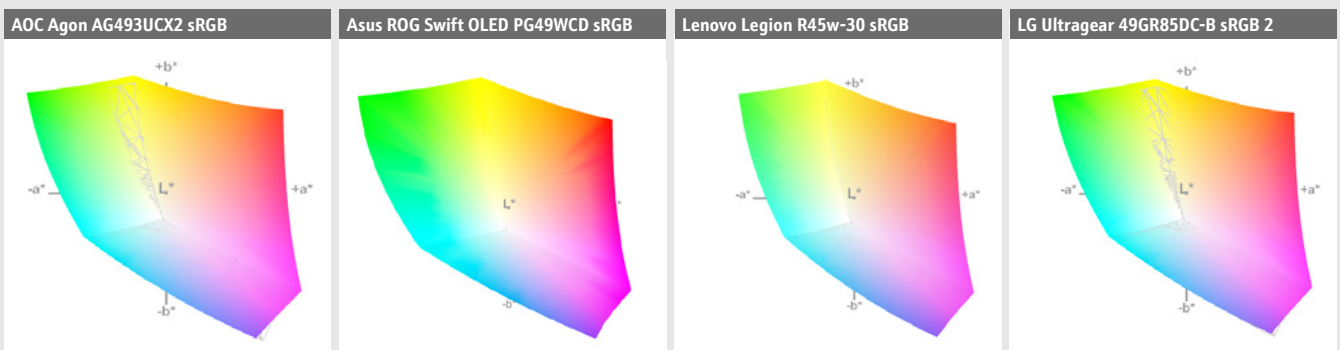
Alternative zu den üblicherweise dominierenden 49-Zoll-Geräten bietet. Wem also die 49er zu groß sind, kann hier von der etwas besseren Pixeldichte profitieren, da die Auflösung an sich gleich ist. Der Monitor erreicht eine maximale Helligkeit von 418,2 cd/m², was eine helle Darstellung unter verschiedenen Lichtbedingungen ermöglicht. Die HDR-Peak-Helligkeit von 394,8 cd/m² zeigt, dass auch hier HDR keinen Mehrwert an Bildqualität bieten kann, auch weil ihm neben einem höheren Peak das Local Dimming fehlt. Ein VA-typischer Schwarzwert von 0,141 cd/m² sorgt aber auch in SDR-Darstellung für tiefe und differenzierte Schwarztöne. Die minimale Helligkeit von 79,4 cd/m² zeigt, dass der Monitor auch in abgedunkelten Umgebungen gut nutzbar ist, ohne dass die Augen übermäßig belastet werden. Die Farbgenauigkeit des Monitors, mit einem Delta E 2000-Wert von 2,3, deutet auf eine hohe Farbtreue hin, was aber nur im Grafikdesign wichtig ist. Eine Helligkeitsabweichung von maximal acht Prozent spricht für eine gleichmäßige Ausleuchtung des Panels über die gesamte Bildfläche. Hinsichtlich der Reaktionsgeschwindigkeit bietet der Monitor eine durchschnittliche Reaktionszeit von 7,59 ms, was zwar an sich noch akzeptabel ist, aber aufgrund des VA-Panels dennoch Schlieren in Bewegungen zieht auf dunklem Hintergrund. Eine Besonderheit in der Ausstattung ist hier, neben dem KVM-Switch, der Ethernet-LAN-Anschluss, der per USB-C an einen Rechner oder Notebook weitergegeben werden kann. Damit eignet er sich auch gut als Notebook-Dock für leistungsfähige Gaming-Notebooks.

Schlierenvergleich mit dem Test-UFO

Mithilfe der Website testufo.com/ghosting vergleichen wir Bewegungsschlieren. Die Reaktionszeiten sind nur die halbe Miete für ein schlierenfreies Bild, eine hohe Bildwiederholrate gehört auch dazu. Statt sich dort in Zahlen zu verlieren, bieten Fotos des UFOs einen praktischeren Vergleich, was am Display tatsächlich zu sehen ist. Die Bilder zeigen, dass die Schlieren sich bei den OLED- und IPS-Panels in Grenzen halten bzw. kaum vorhanden sind. Bei VA-Panels sind sie besonders in dunklen Farbwechseln vorhanden, weswegen das UFO auf dunklem Grund stärker schliert als auf hellem.

Farbraumabdeckung

Fast alles spielt sich im sRGB-Farbraum ab, wenn nicht gerade HDR oder Bildbearbeitung ansteht. Das hier dargestellte Gittervolumen ist der gemessene Farbraum des jeweiligen Modells, welcher fast immer einen Großteil von sRGB beinhaltet. Alle Panels zeigen hier einen sehr guten, großen Farbraum. Mittlerweile füllt fast jeder (gute) Monitor den sRGB-Farbraum vollständig aus. Aber: Mehr ist immer besser, gerade für HDR-Darstellung. Ein größeres Gitter-Volumen ist grundsätzlich besser und ein Indiz für eine gute Farbqualität.



LG Ultragear 49GR85DC-B: Top-Produkt mit 240 Hz und gutem 1000er HDR. Das LG-Modell ist zwar vielleicht nicht ganz so gut ausgestattet wie andere, vergleichbare LCD-Monitore, aber Features wie Lautsprecher tauscht man gerne ein für 240 Hz und 1.000er HDR mit dimmbaren Zonen. Beides bietet einen sichtbaren Mehrwert in der Bildqualität. Und genau das hat er den direkten Konkurrenten voraus. 240 Hz sind zukunftssicher und ein Traum in der Bewegtbildschärfe. Aber richtig gut kommt hier HDR zur Geltung mit einer beeindruckenden Spitzenhelligkeit über 1.100 cd/m². Die minimale Helligkeit von 12,7 cd/m² zeigt, dass der Monitor auch in dunkleren Räumen ohne Überanstrengung der Augen genutzt werden kann. Ein durchschnittlicher Delta-E-2000-Wert von 2,7 beweist eine hohe Farbgenauigkeit und eignet sich damit auch für Anwendungen, bei denen es auf präzise Farbdarstellung ankommt. Eine maximale Helligkeitsabweichung von elf Prozent deutet auf eine relativ gleichmäßige Beleuchtung des Bildschirms hin. Die Reaktionszeit von durchschnittlich 6,74 ms ist für ein VA-Panel gut, aber trotzdem ist auch dieses VA-Panel nicht vor Schlieren gefeit, die unweigerlich in dunklen Farbwechseln von niedrigen Kontrasten auftreten. Hervorstechen kann der Monitor aber mit seinem niedrigen Input Lag. Nun ist der Unterschied von ca. 10 ms gegenüber anderen Gaming-Monitoren nicht spürbar, spricht aber für die gute Qualität des LG-Modells. Insgesamt bietet der LG Ultragear 49GR85DC-B eine überzeugende Kombination aus Bildqualität, Reaktionsfähigkeit und Spieleperformance, die ihn zu einem herausragenden Gerät in seinem Segment macht, welches wir gerne besonders hervorheben wollen. *(mc)*

Fazit PCGH

32:9 entwickelt sich weiter

Abgesehen davon, dass Monitore mit dieser Größe relativ teuer sind, gibt es hier mehrere Alternativen an Panels. Aus dem 49-Zoll-Einheitsbrei brechen manche Modelle aus und bieten kleinere oder größere Bildflächen. Wenn schon viel Geld ausgeben, dann geht das auch für ein OLED-Monitor oder einem VA-LCD mit bis zu 240 Hz. Gerade LG bietet hier einen disruptiven Preis mit hervorstechendem Preis-Leistungs-Verhältnis

Dual-QHD-Monitore

Auszug aus Testtabelle mit 22 Wertungskriterien

	49 Zoll	48,8 Zoll	44,5 Zoll	49 Zoll
Produktname	**ROG Swift OLED PG49WCD**	**Agon AG493UCX2**	**Legion R45w-30**	**Ultragear 49GR85DC-B**
Hersteller	Asus	AOC	Lenovo	LG
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 1.500,-/ausreichend	Ca. € 1.100,-/befriedigend	Ca. € 940,-/befriedigend	Ca. € 880,-/gut
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/3051846	www.pcgh.de/preis/2572727	www.pcgh.de/preis/3005677	www.pcgh.de/preis/2915033
Ausstattung (20 %)	**2,4**	**1,98**	**2,28**	**2,35**
Anschlüsse	1 × HDMI 1.4, 1 × HDMI 2.1, 1 × USB-C, 1 x USB-B, 2 x USB-2.0, 2 x USB-3.2, 1 x USB-C	3 × HDMI 2.0, 1 × DP 1.2, 1 × DP 1.4, 1 × USB-C, 3 x USB-A 3.0, 1 x USB-B 3.0, 1 x USB-C 3.0	2 × HDMI 2.1, 1 × DP 1.4, 1 × USB-C, 3 x USB-A 3.0, 1 x USB-B 3.0, 1 x 2.5GBase-T (RJ-45)	2 × HDMI 2.1, 1 × DP 1.4, 2 × USB-A 3.0, 1 × Line-Out
Max. Auflösung/Pixeldichte	5.120 × 1.440/119,9 ppi	5.120 × 1.440/120,4 ppi	5.120 × 1.440/132 ppi	5.120 × 1.440/119,9 ppi
Panel-Typ/Diagonale	OLED/124,5 cm	VA/124 cm	VA/113 cm	VA/124,5 cm
Netzteil/VESA-Halterung	Intern/100 × 100	Intern/100 × 100	Intern/200 × 200	Intern/100 × 100
Gewicht/Maße (inkl. Standfuß)	11,7 kg/119,6 cm x 42,7 cm x 28,3 cm	14,4 kg/119,4 cm x 46,7 cm x 30,8 cm	12,1 kg/108,9 cm x 39,3 cm x 34,1 cm	15,1 kg/117 cm × 47,3 cm × 39,3 cm
Pivot 90 Grad/neigbar/höhenverst.	Nein/-5°, +20 °/10	Nein/-13.5°, +3.5°/10	Nein/-5°, +22°/13,5	Nein/-5°, +15°/11
Garantie	3 Jahre	3 Jahre	3 Jahre	1 Jahr
Zubehör	HDMI-Kabel, Stromkabel, DP-Kabel	HDMI-Kabel, Stromkabel, DP-Kabel	Stromkabel, Werkskalibrierung, DP-Kabel	HDMI-Kabel, Stromkabel, DP-Kabel
Eigenschaften (20 %)	**1,1**	**1,55**	**1,6**	**1,85**
Bildwiederholrate/VRR	1–144 Hz/Freesync (G-Sync Compatible)	1–165 Hz/Freesync (G-Sync Compatible)	1–165 Hz/Freesync (G-Sync Compatible)	1000R–240 Hz/Freesync (G-Sync Compatible)
Farbtiefe/Farben	10 Bit/1,07 Mrd. Farben	8 Bit/16,7 Mio. Farben	8 Bit/16,7 Mio. Farben	10 Bit/1,07 Mrd. Farben
Kontrastverhältnis/Schwarzwert	∞/0,0 cd/m²	2.109:1/0,2 cd/m²	2.966:1/0,1 cd/m²	1.986:1/0,2 cd/m²
Max. Leistungsaufnahme/Stand-by	48 Watt/0,1 Watt	83 Watt/0,1 Watt	45 Watt/0,1 Watt	89 Watt/0,1 Watt
Farbraumvolumen	188 %/129 %	119 %/82 %	127 %/87 %	123 %/84 %
Besonderheiten	Software-OSD, Fadenkreuz, Hz-Einblendung, KVM, PiP, PbP, Schwarzaufhellung	Lautsprecher, Fernbedienung, Pixel-Overdrive, Software-OSD, Fadenkreuz, Hz-Einblendung, KVM, PiP, PbP, Schwarzaufhellung	Lautsprecher, Pixel-Overdrive, Hz-Einblendung, KVM, PiP, PbP, Schwarzaufhellung	Pixel-Overdrive, Software-OSD, Fadenkreuz, Hz-Einblendung, PiP, PbP, Schwarzaufhellung
Leistung (60 %)	**1,35**	**1,8**	**1,71**	**1,71**
Input Lag (Leo Bodnar/Nvidia LDAT)	16,7 ms/6,8 ms	17,6 ms/3,9 ms	17,9 ms/4,1 ms	2,3 ms/3,2 ms
Farbtreue (ø Delta E 2000)	4,8	2,6	2,3	2,7
ø Reaktionszeit (Min.-Max.)	0,1 ms (0,1–0,1 ms)	8,9 ms (0,1–36,5 ms)	7,6 ms (2,4–30,6 ms)	6,7 ms (1,5–18,4 ms)
Min.-max. Helligkeit, Abweichungen	19,7–415,7 cd/m², bis 8 %	106,3–457,6 cd/m², bis 14 %	79,4–418,2 cd/m², bis 8 %	12,7–446,9 cd/m², bis 11 %
VRR-Funktionalität	Voller Bereich	Voller Bereich	Voller Bereich	Eingeschränkt
Schlieren-/Korona-Bildung	Nicht sichtbar	Sichtbar	Sichtbar	Sichtbar
FAZIT	⊕ Top-Bildqualität; Gute Ausstattung ⊖ Sehr teuer	⊕ Top-Bildqualität; Gute Ausstattung ⊖ Teuer, kein HDR	⊕ Gute Farbtreue; Hoher Kontrast ⊖ VA-Schlieren, kein HDR	⊕ Gutes 1000er HDR; 240 Hz ⊖ VA-Schlieren
	Wertung: **1,51**	Wertung: **1,79**	Wertung: **1,80**	Wertung: **1,87**

Grafikkarten: So genießen Sie DQHD flüssig

Sie haben sich für einen ultrabreiten Bildschirm entschieden? Das ist eine gute Idee, um effektiver zu arbeiten und immersiver zu spielen. Allerdings ist es mit dem Monitor allein nicht getan, Ihr übriger Computer sollte der neuen Herausforderung ebenfalls gewachsen sein. Beim Superbreitbildformat 32:9 gilt es prinzipiell die gleichen Dinge zu beachten wie schon bei 21:9 – nur eine Spur härter. Auf den folgenden Seiten geben wir daher Tipps, wie Sie Ihr neues Dual-QHD-Display optimal befeuern.

Nicht an der GPU sparen ...

Der Pixelbeschleuniger ist hauptverantwortlich dafür, wenn nach dem Wechsel auf einen neuen Monitor die Leistung zu wünschen übrig lässt. Das ist logisch, denn normalerweise rüstet man auf ein Display mit höherer Auflösung und somit mehr Arbeit für die Grafikkarte auf. Ein Modell, das bereits mit Wide-QHD (16:9) zu kämpfen hat, wird für Ultrawide-QHD (21:9) nicht mehr genügen – und bei Dual-QHD (32:9) fraglos kapitulieren. Die Grafikkarte muss schon bei 21:9-Auflösungen ein Drittel mehr Pixel berechnen als bei 16:9, bei 32:9 sogar das Doppelte.

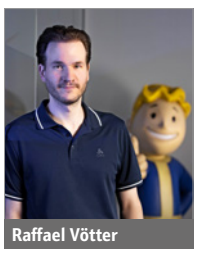
Dabei wichtig zu wissen: Erweitert man das Seitenverhältnis, steigert man damit die Anzahl der „schweren" Pixel. Mitte, links, rechts: Hier spielt die Musik in den allermeisten Spielen, mit vielen Objekten. Der virtuelle Himmel zählt hingegen zu den einfachen Pixeln, hier gibt es für Grafikkarte und Prozessor wenig zu tun. Bei (Super-)Ultrawide-Auflösungen liegt die Gewichtung in der Breite, sodass die rechnenden Komponenten schwer schuften müssen. So kommt es, dass Dual-QHD mit seinen 7,4 Millionen Pixeln pro Frame beinahe genauso anspruchsvoll ist wie Ultra HD mit seinen 8,3 Millionen Bildpunkten. Das belegen zahlreiche Grafikkarten-Benchmarks, welche wir angefertigt haben. Hin und wieder führt die erläuterte Betonung der „schweren" Pixel auch dazu, dass DQHD teurer ist als UHD – etwa im prächtigen Avatar: Frontiers of Pandora.

Neben der Grafikkartenleistung an sich ist auch der Speicher (VRAM) wichtig. Denn hohe Auflösungen bedeuten große Frames im Speicher. Diese lassen sich nicht mal eben hereinstreamen – wie etwa Texturen –, sondern müssen immer griffbereit liegen. Wir raten daher mindestens zu einer 12-, besser 16-GiByte-Grafikkarte. Falls Sie aufrüsten möchten, haben wir im Folgenden vier Produktempfehlungen platziert.

... und auch die CPU beachten

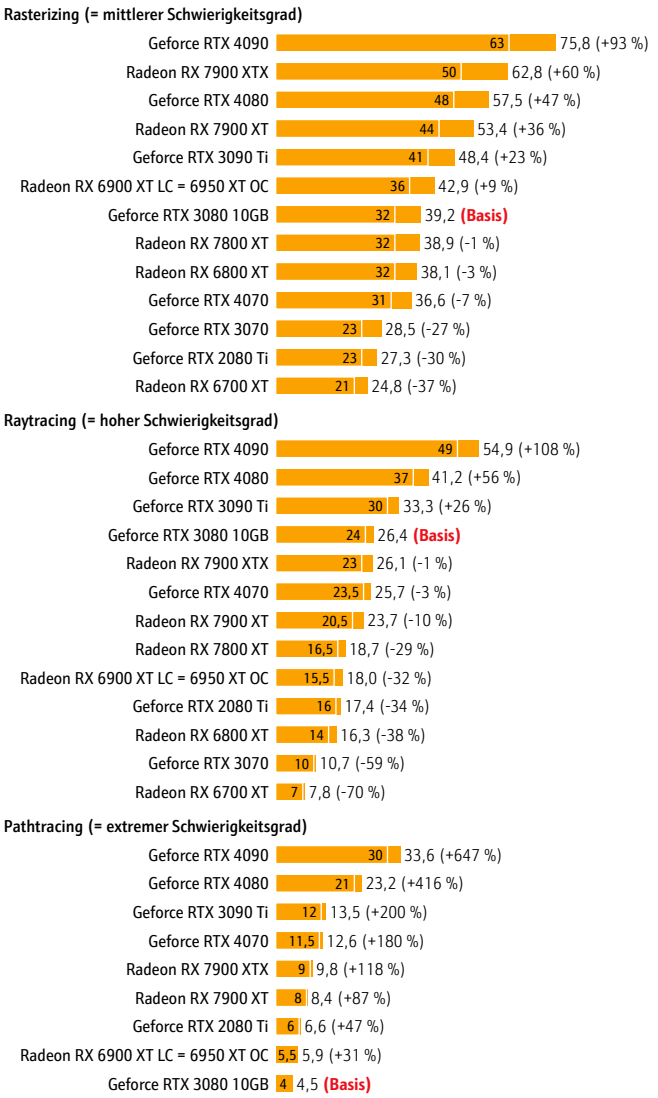
Wie bereits erläutert, ist die Grafikkarte nicht die einzige Komponente, welche bei einer Breitbildauflö-

Man sieht direkt, dass 32:9 eine (breite) Nische ist


Raffael Vötter

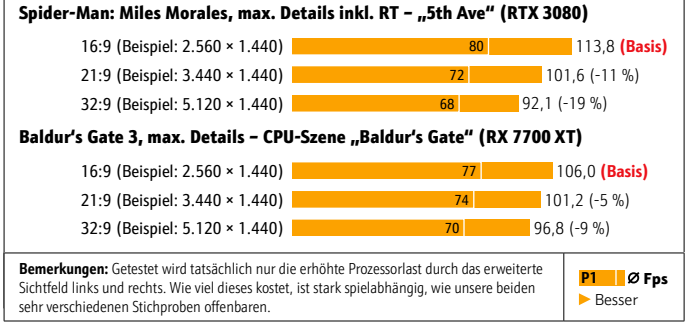
Peripheres Sehen ist wichtig, um in freier Wildbahn den Überblick zu behalten. Das können wir Menschen wegen des aufrechten Gangs besonders gut. Und wo wir schon tief in der Evolutionsbiologie stecken, sei noch angemerkt, dass Gefahr nicht nur von links und rechts, sondern auch aus der Luft und erst recht von unten lauert. Welche ökologische Nische bedient also 32:9? Irgendwie ist es schon geil und beeindruckend, vor einem gekrümmten 49-Zöller mit DQHD zu sitzen. Aber wie schon bei den 34-Zöllern mit UWQHD frage ich mich dauerhaft, was diese Ich-gucke-durch-den-Rollladenspalt-Optik soll. Da fehlt einfach zu viel oben und unten. Isoliert bei Rennspielen, Flugsimulatoren und natürlich beim Videoschnitt liegen die Vorteile hingegen klar auf ... dem Auge.

Alan Wake 2: Drei Spiele in einem



System: Core i9-13900KS (8 P-Cores, 16 Threads) @ 5,7 GHz (Cache @ 5,1 GHz), Z790, 32 GiB DDR5-7600; Windows 11 x64 **Bemerkungen:** Mit Pathtracing sind 10 GiByte VRAM nicht genug, daher schlägt die RTX 2080 Ti (11 GiB) die RTX 3080 (10 GiB).

Peripheres Sichtfeld: CPU-Kosten



Bemerkungen: Getestet wird tatsächlich nur die erhöhte Prozessorlast durch das erweiterte Sichtfeld links und rechts. Wie viel dieses kostet, ist stark spielabhängig, wie unsere beiden sehr verschiedenen Stichproben offenbaren.

sung stärker gefordert wird. Denn die Spielwelt muss vorbereitet und am Laufen gehalten werden. Diese Aufgabe übernimmt der Hauptprozessor. Besonders, wenn der Blick über eine große Spielwelt mit zahlreichen dynamischen Objekten schweifen kann, ist es plausibel, dass die CPU mit dem 21:9- oder gar 32:9-Format einen höheren Arbeitsaufwand als bei einem 16:9-Verhältnis zu stemmen hat.

Was am Ende stärker limitiert – CPU oder GPU –, hängt vom Spiel ab. Grafiklimitierte Titel wie Alan Wake 2 und Cyberpunk 2077 skalieren beispielsweise relativ linear mit den zusätzlichen Pixeln und somit Grafikkarten-Leistung. Auf der anderen Seite stehen Titel wie Spider-Man Miles Morales, der Microsoft Flight Simulator sowie viele Strategiespiele, bei denen ein breiteres Sichtfeld vor allem zusätzliche Objekte und somit Stress für den Prozessor bedeuten.

Spiele-Kompatibilität

Obwohl Ultrawide-Monitore bereits einige Jahre am Markt sind und sich wachsender Beliebtheit erfreuen – nicht umsonst testet PCGH Grafikkarten standardmäßig auch in 3.440 × 1.440 Pixel –, ist beim Gaming 16:9 die Macht. Was darüber hinaus geht, erfordert zusätz-

Gaming-Leistung in Dual-QHD (5.120 × 1.440 Pixel)

Call of Duty: Modern Warfare 3, max. Details, TAA + CAS 50 % – „Dam"

	P1	Ø Fps
Geforce RTX 4090	98	116,2 (+157 %)
Radeon RX 7900 XTX	94	108,1 (+139 %)
Radeon RX 7900 XT	75	89,9 (+98 %)
Geforce RTX 4080	71	83,3 (+84 %)
Radeon RX 7800 XT	59	70,8 (+56 %)
Geforce RTX 3090 Ti	57	67,1 (+48 %)
Radeon RX 6800 XT	55	66,0 (+46 %)
Geforce RTX 4070	47	56,6 (+25 %)
Geforce RTX 3080 10GB	44	53,0 (+17 %)
Radeon RX 6700 XT	33	45,3 **(Basis)**

WRC (2023), maximale Details inkl. Quality-Upsampling – „Japan"

	P1	Ø Fps
Geforce RTX 4090	80	95,3 (+284 %)
Geforce RTX 4080	64	74,5 (+200 %)
Radeon RX 7900 XTX	59	70,0 (+182 %)
Radeon RX 7900 XT	51	60,9 (+146 %)
Geforce RTX 3080 10GB	40	48,3 (+95 %)
Geforce RTX 4070	40	47,9 (+93 %)
Radeon RX 6800 XT	38	46,7 (+88 %)
Radeon RX 7800 XT	36	44,0 (+77 %)
Geforce RTX 3070	30,5	38,9 (+57 %)
Radeon RX 6700 XT	25	32,4 (+31 %)
Geforce RTX 4060	23	29,5 (+19 %)
Geforce RTX 2070 Super	22	29,0 (+17 %)
Radeon RX 7600	21,5	26,8 (+8 %)
Geforce GTX 1080 Ti	20	25,3 (+2 %)
Radeon RX 5700 XT	20	24,8 **(Basis)**

Lords of the Fallen (2023), maximale Details – „Prelude"

Benchmarks mit Quality-Upsampling

	P1	Ø Fps
Geforce RTX 4090	69	79,7 (+223 %)
Geforce RTX 4080	54	62,7 (+154 %)
Radeon RX 7900 XTX	51	58,1 (+135 %)
Geforce RTX 3090 Ti	45	52,8 (+114 %)
Geforce RTX 3080 10GB	36	42,8 (+73 %)
Geforce RTX 4070	33	39,7 (+61 %)
Radeon RX 7800 XT	31	36,8 (+49 %)
Radeon RX 6800 XT	29	35,2 (+43 %)
Geforce RTX 3060 Ti	22	26,9 (+9 %)
Radeon RX 6700 XT	21	24,7 **(Basis)**

Benchmarks mit nativer Auflösung und TAA

	P1	Ø Fps
Geforce RTX 4090	41	48,9 (+262 %)
Geforce RTX 4080	30	37,1 (+175 %)
Radeon RX 7900 XTX	29	34,9 (+159 %)
Geforce RTX 3090 Ti	26	30,7 (+127 %)
Geforce RTX 3080 10GB	21	24,2 (+79 %)
Geforce RTX 4070	18	22,0 (+63 %)
Radeon RX 7800 XT	17	20,7 (+53 %)
Radeon RX 6800 XT	17	19,8 (+47 %)
Geforce RTX 3060 Ti	12	13,8 (+2 %)
Radeon RX 6700 XT	11	13,5 **(Basis)**

Ratchet & Clank: Rift Apart, max. Details inkl. Raytracing, TAA – „Rooftops"

	P1	Ø Fps
Geforce RTX 4090	59	83,3 (+1472 %)
Geforce RTX 4080	50	68,1 (+1185 %)
Radeon RX 7900 XTX	39	53,2 (+904 %)
Radeon RX 7900 GRE	26	38,4 (+625 %)
Geforce RTX 4070	26	36,3 (+585 %)
Geforce RTX 4060 Ti 16GB	26	36,1 (+581 %)
Radeon RX 6800 XT	25	35,9 (+577 %)
Geforce RTX 3080 10GB	22	32,5 (+513 %)
Geforce RTX 4060 Ti 8GB	13,5	20,4 (+285 %)
Geforce RTX 3060 12GB	13	20,3 (+283 %)
Geforce RTX 2060 12GB	9	15,5 (+192 %)
Radeon RX 6700	7,5	12,9 (+143 %)
Geforce RTX 2070 Super	7,5	9,9 (+87 %)
Radeon RX 6650 XT	5	6,5 (+23 %)
Geforce RTX 2060 6GB		5,3 **(Basis)**

The Talos Principle 2, maximale Details – „North 2"

Benchmarks mit nativer Auflösung und TAA

	P1	Ø Fps
Geforce RTX 4090	55	67,0 (+262 %)
Radeon RX 7900 XTX	41	51,6 (+179 %)
Geforce RTX 4080	40	49,7 (+169 %)
Radeon RX 7900 XT	34	44,4 (+140 %)
Radeon RX 7800 XT	25,5	30,5 (+65 %)
Geforce RTX 4070	25	29,5 (+59 %)
Radeon RX 6800 XT	24	28,3 (+53 %)
Geforce RTX 3080 10GB	24	28,1 (+52 %)
Geforce RTX 3070	17,5	20,1 (+9 %)
Radeon RX 6700 XT	16,5	18,5 **(Basis)**

Benchmarks mit reduzierten Details und Q-Upsampling

	P1	Ø Fps
Radeon RX 7800 XT	49	59,9 (+131 %)
Geforce RTX 4070	47	56,2 (+117 %)
Radeon RX 6800 XT	46	55,9 (+116 %)
Geforce RTX 3080 10GB	44	53,3 (+106 %)
Geforce RTX 3070	32,5	39,6 (+53 %)
Radeon RX 6700 XT	31	38,3 (+48 %)
Geforce RTX 4060	26,5	31,2 (+20 %)
Geforce RTX 2070 Super	24	28,3 (+9 %)
Radeon RX 7600	22	27,6 (+7 %)
Geforce RTX 3060 12GB	22,5	25,9 **(Basis)**

Cities: Skylines 2, maßvoll reduzierte Details, TAA + FSR 90 % – „Stuttercity"

	P1	Ø Fps
Geforce RTX 4090	33	41,1 (+207 %)
Radeon RX 7900 XTX	27	37,8 (+182 %)
Radeon RX 7900 XT	28	33,6 (+151 %)
Geforce RTX 4080	28	32,7 (+144 %)
Geforce RTX 3080 10GB	22	24,9 (+86 %)
Geforce RTX 4070	21	24,3 (+81 %)
Radeon RX 6800 XT	21	24,2 (+81 %)
Geforce RTX 3070	15	18,1 (+35 %)
Radeon RX 6700 XT	12,5	15,3 (+14 %)
Geforce RTX 2070 Super	11	13,4 **(Basis)**

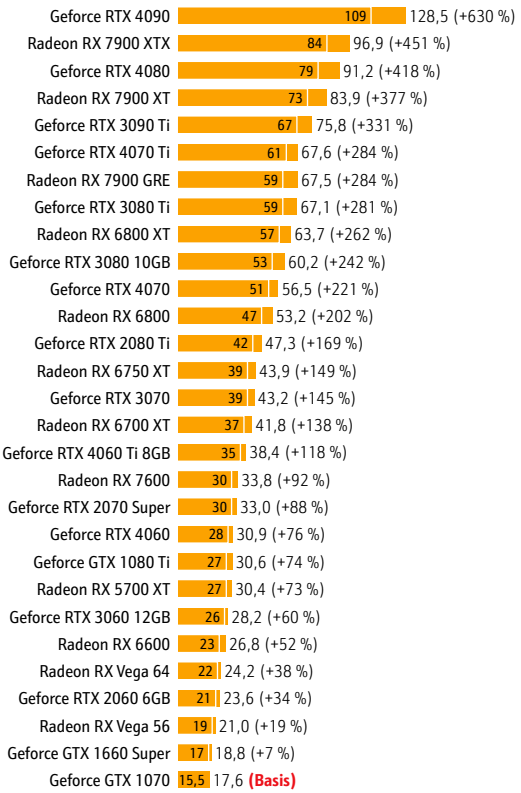
System: Intel Core i9-13900KS (8 P-Cores, 16 Threads, keine E-Cores) @ 5,7 GHz (Cache @ 5,1 GHz), MSI Z790 Carbon Wifi, 32 GiB Patriot DDR5-7600 (32-44-44-28, 2T); Windows 11 x64
Bemerkungen: Dual-QHD zeichnet knapp 7,4 Megapixel pro Frame und ist damit vergleichbar anspruchsvoll wie Ultra HD – mal etwas mehr, mal etwas weniger, je nach Spiel. Grundsätzlich ist eine starke Grafikkarte notwendig. Upsampling hilft enorm, die Last für die Grafikkarte einzudämmen. Das hilft aber nur im GPU-Limit, denn der Prozessor muss mit Upsampling unverändert schwer schuften.

P1 | **Ø Fps**
▶ Besser

lichen Programmieraufwand und dieser wird nicht von allen Entwicklern betrieben. Neben den bereits genannten Ultrawide-Paradespielen gibt es viele halbherzige Implementierungen, welche zwar 21:9 oder 32:9 im Spiel korrekt darstellen, Zwischensequenzen aber in 16:9 mit schwarzen Balken zeigen. Darauf sollten Sie als Breitbildspieler gefasst sein. Abhilfe oder zumindest Linderung der Symptome schafft in vielen Fällen ein Besuch des Widescreengamingforum (wsgf.org). Bei alten Spielen bleibt noch die Option, eine 16:9-Auflösung (etwa WQHD) zentriert darstellen zu lassen. *(rv)*

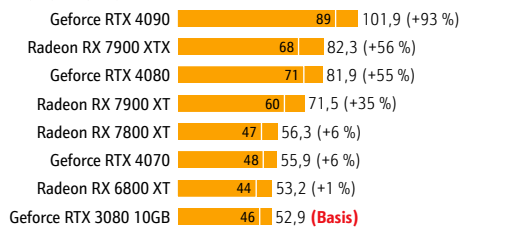
Gaming-Leistung in DQHD – Fortsetzung

Baldur's Gate 3, max. Details, TAA + CAS – „Putrid Bog"

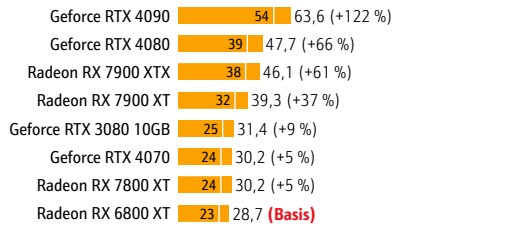


Robocop: Rogue City, max. Details – „Downtown"

Benchmarks mit Quality-Upsampling



Benchmarks mit nativer Auflösung und TAA



System: Core i9-13900KS (8 P-Cores, 16 Threads) @ 5,7 GHz, Z790, 32 GiB DDR5-7600; Windows 11 x64 **Bemerkungen:** Baldur's Gate 3 zeigt, dass DQHD auch mit älteren und kleinen GPUs nutzbar ist, denn Larians Meisterwerk ist auch mit 30 Fps ordentlich spielbar.

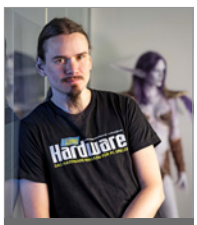
P1 **Ø Fps**
▶ Besser

Mein Tor zur Welt: Ultrawide-QHD

Santana Raus

Ich genieße die „volle Breitseite" seit 2019. Das augenscheinlich verkaufsfördernde Modewort „Immersion" hat sich für mich bewahrheitet. Nach fünf Jahren kann ich freilich behaupten, dass Rennspiele wie Forza Horizon, Forza Motorsport oder auch RPGs wie Baldur's Gate 3 sich als wahrer Augenschmaus im Superbreitbildformat entpuppen und man wirklich alles um sich herum vergisst. Ob es das wirklich braucht, ist natürlich Geschmackssache, aber ich mag nicht mehr darauf verzichten. Allerdings ärgert es mich dafür immer wieder, dass nicht viele Spiele auf Ultrawide-QHD ausgelegt sind. Fun Fact: Gothic 2 ist auf UWQHD mit Mod spielbar! Als Video-Redakteurin freut es mich außerdem immer, das Schnittfenster bei Adobe Premiere voll auskosten zu können.

Toll zum Arbeiten, für Spiele vielleicht etwas zu breit


Torsten Vogel

Immer, wenn ich vom Real- ins Home-Office und so von WUXGA+FHD auf QHD + Pivot-UXGA wechsle, liebe ich den größeren Hauptmonitor und hadere mit dem kleineren Zweitbildschirm. QHD + QHD wäre die Lösung und eine Vereinigung in einem Monitor brächte weitere Vorteile. Spiele zähle ich aber nicht dazu. Selbst für Racer ist 32:9 einfach zu breit respektive zu flach. Spielen auch der Boden vor und der Himmel über einem eine Rolle oder blickt man gar auf eine sich in zwei Dimensionen erstreckende Welt, wird das Format praktisch unbrauchbar. Entweder der vertikale Blickwinkel wird zu eng oder der horizontale so groß, dass viel GPU-Leistung in weit entferne, unwichtige Inhalte fließt. 7,4 Millionen Pixel wären in 3.840 × 1.920 besser (und Schreibtisch-freundlicher) investiert.

21:9 reicht mir fürs Gaming und fürs Arbeiten

Manuel Christa

Keine Frage, das Zwei-in-einem-Format von 32:9 (und 32:10) ist eine Nische, die aber ihre Anhänger gefunden haben mag. Ich selbst aber habe noch nicht so richtig den Mehrwert entdeckt und finde das altbewährte 21:9 (ebenso wie 24:10) viel praktischer zum Arbeiten oder Spielen. Dadurch kann ich etwa drei Office- oder Browserfenster breit genug nebeneinander darstellen – mehr brauche ich nicht gleichzeitig im Sichtfeld. Nun ist das 32:9-Format eher für Rennspiele geeignet, ich finde die aber nicht wirklich besser als auf einem 21:9-Schirm. Außerdem kosten die extra Pixel im Augenwinkel viel zu viel Grafikleistung, sodass mir mehr Fps direkt vor der Nase lieber sind. Daher bin ich vielmehr ein Fan der 38er im 24:10-Format, nur leider gibts hier relativ wenig Modelle.

Einstiegsticket für Dual-QHD: Radeon RX 7800 XT

Machen wir uns nichts vor: 32:9 ist Luxus, Dual-QHD ist Luxus. Daher beginnen wir unsere GPU-Empfehlungen im gehobenen Segment. Die 500-Euro-Marke ist ein guter Einstiegspunkt, denn ab hier tummeln sich sowohl Abverkaufsmodelle auf RDNA-2-Basis (RX 6800 XT, 6900 XT, 6950 XT) als auch die RDNA-3-befeuerte RX 7800 XT. Letztere ist unsere Empfehlung basierend auf den neuesten Leistungsindizes, welche Sie auf den Seiten 27 und 28 betrachten können. Mit einem UHD-Index von 49,1 Prozentpunkten (Rasterizing) stellt eine 7800 XT ein gutes „Einsteigermodell" für Superbreitbild-Gaming dar.

Beim Raytracing müssen größere Kompromisse eingegangen werden, hier ist bereits eine Geforce RTX 4070 um ein knappes Drittel schneller. Das Nvidia-Modell weist jedoch nur 12 GiByte Speicher auf, die in DQHD bereits heute eng werden können. Da alle Angebote um 600 Euro auf Upsampling angewiesen sind, stehen Sie vor der Qual der Wahl.

ab € 550,–

Flüssiges Rasterizing in Dual-QHD: Radeon RX 7900 XT

Wenn es nicht bloß ordentlich, sondern flüssig sein soll, dann führt kaum ein Weg an einer Radeon RX 7900 XT vorbei. Das AMD-Modell kann sich in modernen Spielen, abgebildet von den neuen PCGH-Leistungsindizes, noch etwas besser in Szene setzen als früher. Mit einem Rasterizing-UHD-Index von 62,7 Prozentpunkten ist eine 7900 XT um rund 28 Prozent schneller als eine 7800 XT. Diese Kraft schlägt zwar mit einem um rund 50 Prozent höheren Preis zu Buche, allerdings versprüht eine 7900 XT dank 20 GiByte Speicher und fühlbar höherer Raytracing-Leistung einen Hauch von Zukunftssicherheit. Die Alternative ab 800 Euro, eine Geforce RTX 4070 Ti, ist bei der Strahlenverfolgung zwar um 27 Prozent schneller, aufgrund des grenzwertigen Speichers (12 GiByte, wie bei der RTX 4070) können wir dieses Modell jedoch nur eingeschränkt empfehlen. Wer kann, greift zur nächsten Kategorie – oder wartet auf die Geforce RTX 4070 Ti Super mit 16 GiB, welche noch im Januar starten soll.

ab € 850,–

Bild: Asrock

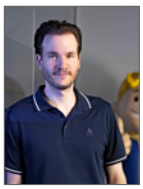
Flüssiges Raytracing in Dual-QHD: Geforce RTX 4080

Wer doppeltes WQHD in jeder Lage flüssig erleben möchte, benötigt eine sehr schnelle Grafikkarte. Die große Herausforderung ist das Raytracing, denn moderne Spiele stellen enorme Anforderungen an Grafikchip und -speicher. Unsere dritte Empfehlung lautet daher Geforce RTX 4080. Die zweitschnellste Nvidia-Grafikkarte bringt alles mit, um Spaß zu haben, und weist keinen ernsthaften Kritikpunkt auf – sieht man vom Preis ab, welcher zwar weit unter dem UVP liegt, aber mit 1.200 Euro für potente Modelle weit vierstellig ausfällt. Läuft ein Spiel nicht so gut wie erwartet, rettet Upsampling den Tag. Bereits das hübsche DLSS Quality kann circa 30 Prozent freischaufeln und die optionale Frame Generation, welche in immer mehr Spielen Einzug hält, erledigt den Rest. Wer kann, wartet noch etwas, denn noch im Januar soll die RTX 4080 Super erscheinen. Gerüchte sprechen von rund fünf Prozent mehr Leistung zum geringeren Preis. Ob es so kommt, erfahren wir in wenigen Wochen.

Kompromissloser Spaß in Dual-QHD: Geforce RTX 4090

Es tut uns leid, dass wir keine Alternative zu diesem sündhaft teuren Modell anbieten können – es gibt schlicht und ergreifend keine. Nvidias Geforce RTX 4090 dominiert seit Ihrem Erscheinen im Herbst 2022 die Benchmark-Charts, in den frischen Leistungsindizes sogar noch etwas souveräner als zuvor. Treiberpflege und neue, anspruchsvolle Spiele führen dazu, dass sich das Ada-Lovelace-Topmodell bestmöglich in Szene setzen kann. Wer in eine RTX 4090 investiert, erhält die schnellste Grafikkarte für hohe Auflösungen mit oder ohne Raytracing, ohne jeden Zweifel. Aufgrund der China-Exportbeschänkungen ist die RTX 4090 am Weltmarkt gefragter denn je, was die zwischenzeitlich auf (mindestens) 2.000 Euro gestiegenen Preise erklärt. Ein Nachfolger ist derzeit nicht in Sicht, aber technisch ohne Weiteres möglich. Doch selbst wenn in einigen Monaten eine „RTX 4090 Ti" erscheint, besitzen Jetzt-Käufer immer noch eine pfeilschnelle Grafikkarte, die selbst Pathtracing-Ausflüge ermöglicht.

Grafikkarten



Raffael Vötter
Fachbereich Grafikkarten
E-Mail: post@pcgh.de

Kommentar

Wir sollten öfter über das Wetter reden. Und Benchmarks – gehört zusammen!

Haben Sie meine Visage an dieser Stelle vermisst? Ich auch nicht. Balken statt Zinken! Aber da das Standard-Layout der Grafikkarten-Startseite nun zurückgekehrt ist und ein neues Jahr ansteht, möchte ich die Gelegenheit für ein paar Gedanken nutzen. Sie ahnen es, ich möchte mit Ihnen über das Wetter sprechen. Späßle. Das muss Galgenhumor angesichts der vielen Krankheitsfälle sein, welche zum Zeitpunkt des Schreibens um mich herum wüten, kombiniert mit den Nachwirkungen meines eigenen Seuchen-Intermezzos. Viren verstehen einfach nicht, dass ein GPU-Fachredakteur keine Zeit für einen solchen Quatsch hat. Der Tag hat nur 24 Stunden, etwas Schlaf lässt sich nicht wegdiskutieren und der Rest muss für ausufernde Nerdigkeit herhalten.

Aufgrund der Seuche habe ich meine straffe Roadmap bis Ende 2023 verfehlt, aber immerhin haben es 17 Grafikkarten durch die neuen Leistungsindizes geschafft. Das sind zum jetzigen Zeitpunkt mehr als 7.000 „nackte" Messungen, also Benchmark-Runs, allein für die Werte, welche Sie auf den folgenden Seiten sehen. Die aufwendige Evaluierung der Spiele und Szenen ist dabei gar nicht enthalten. Aber ich mach's ja gern, wirklich. Damit Sie anhand unserer Daten die richtigen Produkte kaufen. Da sind wir wieder beim Wetter: Nieder mit lieblosen Schönwetter-Benchmarks, die sorgenfreie Performance suggerieren! Ja, ich bin der festen Überzeugung, dass wir das Zeug zur Benchmark-Referenz haben – und Sie? So und so, 2024 wird mit Grafikkarten anfangen und mit Grafikkarten aufhören. In diesem Sinne: Auf weitere 13.337 Messungen, schicken Sie gerne Benchmark-Feedback und bleiben Sie uns gewogen! =)

PCGH

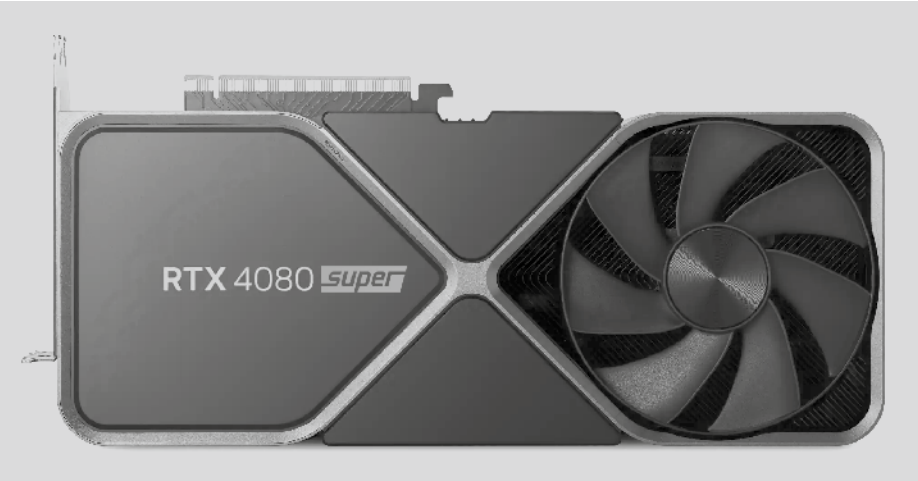


Bild: Sven Bauduin

RTX-4000-Refresh im Anmarsch

Jeder Hobby-Ornithologe weiß: Pfeifen Spatzen besonders motiviert und häufig von den Dächern, nähert sich die Markteinführung neuer Produkte.

Das Jahr 2023 begann mit der Geforce RTX 4070 Ti – und das Jahr 2024 wird unter anderem von ihrer Nachfolgerin eingeläutet. Zwar schweigt Nvidia noch wie ein Grab, bei Redaktionsschluss galt die anstehende Produkt-Offensive der Kalifornier jedoch als offenes Geheimnis. Behalten die gefiederten Freunde Recht, erwarten uns im Januar gleich drei neue Geforce-Grafikkarten: die RTX 4080 Super, die RTX 4070 Ti Super und die RTX 4070 Super. Keine davon wird das Rad neu erfinden, jedes einzelne Modell basiert auf bereits erhältlicher Hardware. Dennoch wird Nvidias „Kicker", wie man die ersten und bislang letzten Super-Neuauflagen (RTX 2000) nannte, mit Spannung erwartet, denn neben einer höheren Leistung wird auch ein besseres Preis-Leistungs-Verhältnis erwartet. Oder sagen wir besser: Man hofft, denn Hoffnung gibt uns Kraft. Die Chancen, dass das Super-Trio mehr Fps pro Euro liefert als die bisherigen Karten, stehen allein deswegen gut, weil Nvidia keine Preissenkungen betreibt. Klammern wir die Preise einmal aus, versprechen die Super-Versionen milde bis deutliche Leistungssteigerungen, welche auch dazu dienen werden, sich vor den (beim Rasterizing) überlegenen Radeon-GPUs zu platzieren. Die größten Hoffnungen liegen auf der krude benannten RTX 4070 Ti Super, denn hier wartet potenziell die „eierlegende Wollmilchsau" für Geforce-Anhänger, mit 16 GiB Speicher und starker Leistung unterhalb von 1.000 Euro – wir drücken alle Daumen, dass die Karte so kommt.

Auf unserem Youtube-Kanal (www.youtube.com/@pcgh) finden Sie die optimale Vorbereitung auf den Launch. Unsere beiden Videos zu Grafikkarten zwischen 1.000 und 2.000 Euro sowie zwischen 500 und 900 Euro decken die Bereiche ab, in denen Nvidia die Neuheiten platzieren wird – schauen Sie doch mal rein! *(rv)*

Unbestätigte (!) Spezifikationen: Geforce RTX 4000 Super

Nvidia Geforce ...	RTX 4080 Super	RTX 4080	RTX 4070 Ti Super	RTX 4070 Ti	RTX 4070 Super	RTX 4070
Grafikchip	AD103-400*	AD103-300	AD103-275	AD104-400*	AD104-350	AD104-250
FP32-ALUs	10.240	9.728	8.448	7.680	7.168	5.888
RAM-Interface	256 Bit	256 Bit	256 Bit	192 Bit	192 Bit	192 Bit
RAM-Kapazität	16 GiByte	16 GiByte	16 GiByte	12 GiByte	12 GiByte	12 GiByte
RAM-Geschw.	24 GT/s G6X	22,4 GT/s G6X	21 GT/s G6X	21 GT/s G6X	21 GT/s G6X	21 GT/s G6X
Board Power	320 Watt	320 Watt	285 Watt	285 Watt	225 Watt	200 Watt

*Vollausbau

Grafikkarten-Leistungsindex 2024 – Rasterizing

■ Gesamt ■ FHD: 1.920 × 1.080 ■ WQHD: 2.560 × 1.440 ■ UWQHD: 3.440 × 1.440 ■ UHD: 3.840 × 2.160

BESSER ▶ | **Normierte Leistung** Preis-Leistungs-Index (PLV): Mehr ist besser

Geforce RTX 4090
Takt: ~2,74 GHz, 21 GT/s
RAM: 24 GiB GDDR6X
Preis: Ca. 2.000 €
PLV: 43,1 %

100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 %

	Tale	Alan	Mirage	Atlas	BG3	MW3	CS2	2077	Dead	F1 23	Spoken	FH5	Aveum	JA3	R&C	Resi 4	Sons	Jedi	Star	TLOU
FHD	205	94	194	183	221	209	314	131	204	374	108	207	114	227	171	227	163	180	107	149
WQHD	148	73	153	174	204	161	262	83	148	312	88	169	88	161	151	187	143	122	91	120
UWQHD	116	64	133	166	173	143	219	65	120	269	73	157	76	133	119	161	126	102	81	99
UHD	78	45	94	119	123	105	145	40	78	192	57	127	55	83	107	110	101	66	67	73

Radeon RX 7900 XTX
Takt: ~2,61 GHz, 20 GT/s
RAM: 24 GiB GDDR6
Preis: Ca. 970 €
PLV: 71,4 %

80,4 % | 85,2 % | 80,9 % | 79,5 % | 76,0 %

	Tale	Alan	Mirage	Atlas	BG3	MW3	CS2	2077	Dead	F1 23	Spoken	FH5	Aveum	JA3	R&C	Resi 4	Sons	Jedi	Star	TLOU
FHD	170	72	186	165	193	213	233	114	154	331	92	181	109	137	134	210	155	141	89	128
WQHD	118	54	138	133	151	157	170	76	110	269	73	143	78	92	114	160	125	97	75	103
UWQHD	92	48	111	124	127	136	133	60	90	225	61	135	65	73	89	136	107	78	66	85
UHD	61	31	76	87	93	94	90	34	58	158	44	102	42	43	75	92	79	50	52	58

Geforce RTX 4080
Takt: ~2,78 GHz, 22,4 GT/s
RAM: 16 GiB GDDR6X
Preis: Ca. 1.170 €
PLV: 56,5 %

76,7 % | 81,8 % | 76,9 % | 75,0 % | 73,0 %

	Tale	Alan	Mirage	Atlas	BG3	MW3	CS2	2077	Dead	F1 23	Spoken	FH5	Aveum	JA3	R&C	Resi 4	Sons	Jedi	Star	TLOU
FHD	159	72	166	175	194	162	268	108	154	303	89	167	93	167	147	191	142	136	81	123
WQHD	107	55	127	140	149	120	197	68	104	234	70	136	69	114	126	140	114	92	69	93
UWQHD	82	48	101	127	123	105	157	53	83	197	58	127	58	92	97	116	99	73	61	75
UHD	53	33	74	95	86	74	102	32	52	138	43	98	40	55	85	76	77	46	48	54

Radeon RX 7900 XT
Takt: ~2,56 GHz, 20 GT/s
RAM: 20 GiB GDDR6
Preis: Ca. 800 €
PLV: 74,5 %

69,1 % | 75,7 % | 70,0 % | 68,1 % | 62,7 %

	Tale	Alan	Mirage	Atlas	BG3	MW3	CS2	2077	Dead	F1 23	Spoken	FH5	Aveum	JA3	R&C	Resi 4	Sons	Jedi	Star	TLOU
FHD	148	64	160	145	173	190	215	103	136	290	81	160	96	116	125	185	137	122	81	120
WQHD	100	48	117	112	133	133	152	65	95	232	62	124	66	78	104	138	109	82	68	90
UWQHD	77	41	95	107	110	115	117	51	77	193	52	118	55	61	80	114	91	66	59	73
UHD	47	27	61	70	76	77	76	28	48	130	36	86	34	35	65	75	65	41	45	48

Geforce RTX 3090 Ti
Takt: ~1,98 GHz, 21 GT/s
RAM: 24 GiB GDDR6X
Preis: Ca. 1.800 €
PLV: 29,9 %

62,5 % | 65,9 % | 62,2 % | 61,2 % | 60,6 %

	Tale	Alan	Mirage	Atlas	BG3	MW3	CS2	2077	Dead	F1 23	Spoken	FH5	Aveum	JA3	R&C	Resi 4	Sons	Jedi	Star	TLOU
FHD	130	59	122	140	158	128	236	91	127	259	70	128	74	130	118	155	114	111	64	98
WQHD	90	46	94	109	119	95	175	57	88	202	55	104	54	88	99	113	96	76	55	76
UWQHD	70	40	77	100	101	85	144	46	71	167	46	98	45	71	76	95	82	61	48	63
UHD	47	28	58	70	73	60	95	28	47	118	35	77	32	43	67	63	63	40	39	45

Geforce RTX 4070 Ti
Takt: ~2,74 GHz, 21 GT/s
RAM: 12 GiB GDDR6X
Preis: Ca. 830 €
PLV: 64,0 %

61,6 % | 67,8 % | 61,9 % | 59,7 % | 57,0 %

	Tale	Alan	Mirage	Atlas	BG3	MW3	CS2	2077	Dead	F1 23	Spoken	FH5	Aveum	JA3	R&C	Resi 4	Sons	Jedi	Star	TLOU
FHD	126	57	142	147	166	144	225	88	125	246	71	142	81	128	126	157	119	109	68	102
WQHD	85	43	104	113	124	101	154	52	83	188	55	113	58	88	105	110	95	71	56	76
UWQHD	64	37	82	101	102	88	124	40	64	156	46	104	47	71	80	90	81	57	49	61
UHD	41	26	58	75	70	60	78	23	40	107	32	79	32	43	67	58	62	36	38	41

Radeon RX 7900 GRE
Takt: ~2,23 GHz, 18 GT/s
RAM: 16 GiB GDDR6
Preis: Ca. 600 € (OEM)
PLV: 82,6 %

57,5 % | 63,2 % | 58,4 % | 56,6 % | 51,8 %

	Tale	Alan	Mirage	Atlas	BG3	MW3	CS2	2077	Dead	F1 23	Spoken	FH5	Aveum	JA3	R&C	Resi 4	Sons	Jedi	Star	TLOU
FHD	122	51	135	123	142	166	172	84	114	247	67	136	81	98	105	156	116	105	65	98
WQHD	83	38	99	96	110	115	116	53	79	198	51	107	57	64	86	118	91	71	55	73
UWQHD	65	33	80	90	91	99	91	41	64	164	42	100	46	51	66	97	77	57	48	59
UHD	39	21	52	60	63	65	60	22	39	111	29	73	29	28	53	63	55	34	36	39

Radeon RX 7800 XT
Takt: ~2,30 GHz, 19,5 GT/s
RAM: 16 GiB GDDR6
Preis: Ca. 530 €
PLV: 86,1 %

52,9 % | 58,6 % | 53,1 % | 51,0 % | 49,1 %

	Tale	Alan	Mirage	Atlas	BG3	MW3	CS2	2077	Dead	F1 23	Spoken	FH5	Aveum	JA3	R&C	Resi 4	Sons	Jedi	Star	TLOU
FHD	113	45	130	110	125	158	163	79	108	229	61	125	77	85	99	146	107	94	61	96
WQHD	75	33	93	87	96	107	112	49	73	180	46	96	52	55	80	106	82	61	49	70
UWQHD	58	29	75	77	79	91	88	37	58	147	37	89	42	44	61	86	68	48	43	56
UHD	38	20	51	55	58	63	59	22	37	104	29	68	28	26	52	59	49	31	34	38

Geforce RTX 4070
Takt: ~2,76 GHz, 21 GT/s
RAM: 12 GiB GDDR6X
Preis: Ca. 590 €
PLV: 72,5 %

49,7 % | 55,4 % | 50,1 % | 47,8 % | 45,3 %

	Tale	Alan	Mirage	Atlas	BG3	MW3	CS2	2077	Dead	F1 23	Spoken	FH5	Aveum	JA3	R&C	Resi 4	Sons	Jedi	Star	TLOU
FHD	103	45	119	119	128	120	192	70	102	200	56	119	67	99	107	130	99	87	56	86
WQHD	67	34	85	92	97	83	128	42	66	155	42	93	47	68	87	89	80	57	46	62
UWQHD	51	30	68	79	81	72	101	27	52	129	34	85	38	56	66	72	67	45	40	50
UHD	33	20	47	57	56	49	64	16	32	86	25	64	25	34	56	46	49	28	30	34

Geforce RTX 4060 Ti 16GB
Takt: ~2,72 GHz, 18 GT/s
RAM: 16 GiB GDDR6
Preis: Ca. 460 €
PLV: 69,4 %

37,0 % | 42,0 % | 37,3 % | 35,5 % | 33,3 %

	Tale	Alan	Mirage	Atlas	BG3	MW3	CS2	2077	Dead	F1 23	Spoken	FH5	Aveum	JA3	R&C	Resi 4	Sons	Jedi	Star	TLOU
FHD	76	34	96	91	98	92	143	53	77	154	42	94	49	73	84	97	78	66	37	66
WQHD	49	26	67	69	72	63	92	31	48	117	32	72	34	50	68	64	61	42	31	46
UWQHD	37	22	53	61	58	54	73	23	37	94	26	66	27	40	51	53	50	33	27	36
UHD	24	15	36	44	40	36	47	13	23	63	18	48	18	24	42	33	36	21	21	24

Geforce RTX 4060 Ti 8GB
Takt: ~2,73 GHz, 18 GT/s
RAM: 8 GiB GDDR6
Preis: Ca. 390 €
PLV: 79,5 %

36,0 % | 41,0 % | 36,3 % | 34,4 % | 32,2 %

	Tale	Alan	Mirage	Atlas	BG3	MW3	CS2	2077	Dead	F1 23	Spoken	FH5	Aveum	JA3	R&C	Resi 4	Sons	Jedi	Star	TLOU
FHD	76	34	96	90	97	92	142	53	77	155	45	94	49	74	54	96	78	66	37	57
WQHD	49	25	68	69	71	62	92	31	48	119	36	69	34	50	47	62	60	42	31	39
UWQHD	38	20	54	60	58	54	73	23	37	95	29	58	27	41	37	51	50	33	27	29
UHD	24	14	37	43	40	36	47	13	23	64	20	44	18	24	32	29	36	20	21	20

Arc A770 16GB
Takt: ~2,33 GHz, 17,5 GT/s
RAM: 16 GiB GDDR6
Preis: Ca. 320 €
PLV: 78,5 %

29,1 % | 31,3 % | 29,2 % | 28,4 % | 27,7 %

	Tale	Alan	Mirage	Atlas	BG3	MW3	CS2	2077	Dead	F1 23	Spoken	FH5	Aveum	JA3	R&C	Resi 4	Sons	Jedi	Star	TLOU
FHD	63	25	64	72	74	62	84	51	56	109	36	70	30	94	59	74	39	51	32	39
WQHD	41	20	49	56	54	45	60	34	42	86	29	55	21	65	48	54	26	35	27	31
UWQHD	32	17	40	48	44	39	49	26	34	75	23	50	17	52	37	45	22	28	24	26
UHD	21	12	28	34	31	26	35	16	23	55	18	37	11	35	30	30	14	18	19	19

Geforce RTX 4060
Takt: ~2,68 GHz, 17 GT/s
RAM: 8 GiB GDDR6
Preis: Ca. 300 €
PLV: 81,6 %

28,4 % | 32,5 % | 28,6 % | 27,2 % | 25,3 %

	Tale	Alan	Mirage	Atlas	BG3	MW3	CS2	2077	Dead	F1 23	Spoken	FH5	Aveum	JA3	R&C	Resi 4	Sons	Jedi	Star	TLOU
FHD	58	26	82	69	74	72	117	41	58	120	34	78	40	58	48	74	65	53	29	45
WQHD	37	20	57	53	53	48	78	24	36	88	26	54	27	38	41	49	48	33	24	33
UWQHD	28	16	46	47	42	41	62	18	28	72	22	49	21	31	32	39	39	26	21	26
UHD	18	11	31	34	29	27	40	10	18	47	15	36	14	18	27	24	28	16	16	17

Radeon RX 7600
Takt: ~2,62 GHz, 18 GT/s
RAM: 8 GiB GDDR6
Preis: Ca. 280 €
PLV: 85,3 %

27,7 % | 32,8 % | 28,5 | 26,8 | 22,7 %

	Tale	Alan	Mirage	Atlas	BG3	MW3	CS2	2077	Dead	F1 23	Spoken	FH5	Aveum	JA3	R&C	Resi 4	Sons	Jedi	Star	TLOU
FHD	61	28	81	64	77	89	86	48	51	116	39	67	42	52	46	77	64	54	35	46
WQHD	38	19	55	49	57	58	57	30	34	93	28	48	27	34	35	45	48	34	29	31
UWQHD	29	14	44	46	46	48	43	22	28	70	22	39	21	27	26	38	40	26	25	26
UHD	18	11	27	30	30	30	29	11	12	39	9	27	12	15	19	25	27	14	19	14

Arc A580
Takt: ~2,33 GHz, 16 GT/s
RAM: 8 GiB GDDR6
Preis: Ca. 200 €
PLV: 100,0 %

23,2 % | 25,7 | 23,7 | 22,5 | 20,9 %

	Tale	Alan	Mirage	Atlas	BG3	MW3	CS2	2077	Dead	F1 23	Spoken	FH5	Aveum	JA3	R&C	Resi 4	Sons	Jedi	Star	TLOU
FHD	50	21	55	59	62	54	72	41	41	95	32	55	26	75	41	59	34	41	28	34
WQHD	33	16	41	45	44	38	51	27	29	74	27	42	18	50	34	42	24	28	23	25
UWQHD	26	13	34	38	34	32	41	20	22	60	22	37	14	41	24	32	19	22	20	21
UHD	16	8	23	27	25	15	30	13	13	38	13	27	9	27	20	20	12	14	15	15

Radeon RX 6600
Takt: ~2,55 GHz, 14 GT/s
RAM: 8 GiB GDDR6
Preis: Ca. 210 €
PLV: 92,0 %

21,9 % | 25,9 | 22,3 | 20,7 | 18,6 %

	Tale	Alan	Mirage	Atlas	BG3	MW3	CS2	2077	Dead	F1 23	Spoken	FH5	Aveum	JA3	R&C	Resi 4	Sons	Jedi	Star	TLOU
FHD	46	20	65	47	61	70	72	36	45	102	30	58	30	39	41	52	55	42	26	39
WQHD	29	14	43	37	45	45	48	21	28	75	21	39	19	25	32	43	37	26	21	27
UWQHD	22	12	34	32	37	37	38	15	18	58	17	35	15	19	24	33	30	20	18	21
UHD	14	9	20	22	25	24	25	8	9	43	12	23	9	11	18	22	20	13	13	12

Geforce RTX 3050
Takt: ~1,88 GHz, 14 GT/s
RAM: 8 GiB GDDR6
Preis: Ca. 230 €
PLV: 65,1 %

17,4 % | 19,8 | 17,4 % | 16,6 % | 15,7 %

	Tale	Alan	Mirage	Atlas	BG3	MW3	CS2	2077	Dead	F1 23	Spoken	FH5	Aveum	JA3	R&C	Resi 4	Sons	Jedi	Star	TLOU
FHD	36	16	48	43	45	44	72	28	36	75	21	44	22	34	32	44	39	32	17	31
WQHD	24	12	34	33	32	29	49	16	23	55	15	32	15	22	26	29	29	20	14	21
UWQHD	18	10	27	28	27	25	38	12	18	46	13	29	12	18	19	23	24	16	12	16
UHD	12	7	19	20	19	17	25	7	11	30	10	21	8	11	17	15	18	10	10	10

Ofenfrische Werte aus 20 Spielen

Nach Wochen des Benchmarkings ist es so weit: Wir präsentieren stolz den Rasterizing-Leistungsindex 2024. 17 GPUs haben die neuen Benchmarks mit aktuellen Treibern im November und Dezember absolviert.

Zwar ist die Top-20-Liste noch nicht voll (Corona schlägt zurück), spätestens mit dem Release der RTX-40-Super-Modelle wird sie es aber sein. Damit Sie bis dahin bestens informiert sind, haben wir alle für das Gaming relevanten Preisbereiche abgedeckt. Die Modelle zwischen 200 und 250 Euro – Arc A580 & 750, Radeon RX 6600 und Geforce RTX 3050 – markieren die Startlinie, tiefer sollten Sie bei ernsthaften Gaming-Ambitionen nicht einsteigen. Finger weg von Grafikkarten mit 6 oder gar 4 GiByte Speicher! Je mehr Geld Sie investieren, desto besser laufen moderne PC-Spiele. Welches Modell optimal ist, hängt von Ihrem Budget ab – und ob Sie auch flüssiges Raytracing (nächste Seite) erleben möchten.

Spielenamen: Tale: A Plague Tale Requiem, Alan: Alan Wake 2, Mirage: Assassin's Creed Mirage, Atlas: Atlas Fallen, BG3: Baldur's Gate 3, MW3: Call of Duty Modern Warfare 3 (2023), CS2: Counter-Strike 2, 2077: Cyberpunk 2077, Dead: Dead Space (2023), F1 23: F1 23 (Überraschung!), Spoken: Forspoken, FH5: Forza Horizon 5, Aveum: Immortals of Aveum, JA3: Jagged Alliance 3, R&C: Ratchet & Clank Rift Apart, Resi 4: Resident Evil 4 (2023), Sons: Sons of the Forest, Jedi: Star Wars Jedi Survivor, Star: Starfield, TLOU: The Last of Us Part I. Angabe auf die nächste Ganzzahl gerundeter Fps.

System: Intel Core i9-13900KS (8 P-Cores + SMT, keine E-Cores) @ 5,7 GHz (Cache @ 5,1 GHz), MSI Z790 Carbon Wifi, 32 GiB Patriot DDR5-7600 (32-44-44-28-2T inklusive Tertiär-Timing-Tuning); alle Benchmarks mit Temporal-AA ohne Upsampling, anisotroper Filter auf Standardqualität; Vsync aus.

Grafikkarten-Leistungsindex 2024 – Raytracing

■ Gesamt ■ FHD: 1.920 × 1.080 ■ WQHD: 2.560 × 1.440 ■ UWQHD: 3.440 × 1.440 ■ UHD: 3.840 × 2.160

BESSER ▶ | **Normierte Leistung** Preis-Leistungs-Index (PLV): Mehr ist besser

Geforce RTX 4090
Takt: ~2,74 GHz, 21 GT/s
RAM: 24 GiB GDDR6X
Preis: Ca. 2.000 €
PLV: 47,9 %

100 % | 100 % | 100 % | 100 %

	Alan	2077	Ordre	Dying	F1 23	Forza	Hog	Metro	R&C	Witch
FHD	91	128	163	120	233	114	104	205	145	128
WQHD	74	107	133	107	204	107	99	151	129	102
UWQHD	66	90	116	88	172	100	94	123	106	88
UHD	48	62	87	67	119	89	79	85	97	66

Geforce RTX 4080
Takt: ~2,78 GHz, 22,4 GT/s
RAM: 16 GiB GDDR6X
Preis: Ca. 1.170 €
PLV: 64,7 %

79,0 % | 85,6 % | 79,6 % | 77,2 % | 73,6 %

	Alan	2077	Ordre	Dying	F1 23	Forza	Hog	Metro	R&C	Witch
FHD	69	117	138	107	210	95	101	155	127	102
WQHD	55	85	109	82	155	87	91	110	108	80
UWQHD	48	69	92	66	125	80	79	88	88	68
UHD	34	46	65	49	84	69	59	55	77	50

Geforce RTX 3090 Ti
Takt: ~1,99 GHz, 21 GT/s
RAM: 24 GiB GDDR6X
Preis: Ca. 1.800 €
PLV: 34,0 %

63,9 % | 69,4 % | 64,8 % | 61,6 % | 59,9 %

	Alan	2077	Ordre	Dying	F1 23	Forza	Hog	Metro	R&C	Witch
FHD	53	92	110	87	175	77	94	120	100	80
WQHD	42	76	85	67	130	71	78	85	87	62
UWQHD	37	54	72	55	102	66	66	69	69	53
UHD	27	36	53	40	69	58	50	47	62	40

Geforce RTX 4070 Ti
Takt: ~2,73 GHz, 21 GT/s
RAM: 12 GiB GDDR6X
Preis: Ca. 830 €
PLV: 73,7 %

63,9 % | 72,3 % | 65,8 % | 60,8 % | 56,7 %

	Alan	2077	Ordre	Dying	F1 23	Forza	Hog	Metro	R&C	Witch
FHD	56	101	120	85	176	80	94	123	109	85
WQHD	44	77	91	64	124	72	77	86	91	66
UWQHD	38	55	76	52	98	66	63	69	61	53
UHD	27	36	52	38	65	57	47	46	46	38

Radeon RX 7900 XTX
Takt: ~2,53 GHz, 20 GT/s
RAM: 24 GiB GDDR6
Preis: Ca. 970 €
PLV: 58,4 %

59,2 % | 66,0 % | 59,4 % | 57,4 % | 53,8 %

	Alan	2077	Ordre	Dying	F1 23	Forza	Hog	Metro	R&C	Witch
FHD	43	70	93	92	159	79	84	132	100	91
WQHD	36	52	69	69	112	71	64	90	86	70
UWQHD	32	42	57	56	89	66	54	71	69	61
UHD	23	29	40	39	60	58	38	46	59	42

Radeon RX 7900 XT
Takt: ~2,53 GHz, 20 GT/s
RAM: 20 GiB GDDR6
Preis: Ca. 800 €
PLV: 61,6 %

51,4 % | 59,1 % | 52,1 % | 49,7 % | 44,7 %

	Alan	2077	Ordre	Dying	F1 23	Forza	Hog	Metro	R&C	Witch
FHD	40	65	89	77	142	71	75	115	93	80
WQHD	32	46	65	56	99	62	55	76	78	62
UWQHD	28	37	54	44	77	57	47	61	62	51
UHD	19	24	36	31	50	48	29	37	50	34

Geforce RTX 4070
Takt: ~2,76 GHz, 21 GT/s
RAM: 12 GiB GDDR6X
Preis: Ca. 590 €
PLV: 82,6 %

50,9 % | 59,2 % | 51,9 % | 48,1 % | 44,4 %

	Alan	2077	Ordre	Dying	F1 23	Forza	Hog	Metro	R&C	Witch
FHD	44	83	97	67	142	67	83	97	94	66
WQHD	34	56	70	50	99	60	65	68	77	47
UWQHD	30	44	58	40	77	55	52	54	52	39
UHD	20	28	39	29	51	48	38	34	41	28

Radeon RX 7900 GRE
Takt: ~2,19 GHz, 18 GT/s
RAM: 16 GiB GDDR6
Preis: Ca. 600 € (OEM)
PLV: 67,6 %

42,3 % | 48,8 % | 42,9 % | 40,9 % | 36,6 %

	Alan	2077	Ordre	Dying	F1 23	Forza	Hog	Metro	R&C	Witch
FHD	32	54	70	63	120	62	59	95	79	65
WQHD	26	39	51	46	83	54	44	64	65	50
UWQHD	23	32	42	36	65	50	36	51	51	42
UHD	16	20	27	25	42	42	25	31	40	27

Geforce RTX 4060 Ti 16GB
Takt: ~2,71 GHz, 18 GT/s
RAM: 16 GiB GDDR6
Preis: Ca. 460 €
PLV: 81,8 %

39,3 % | 45,9 % | 39,5 % | 37,2 % | 34,5 %

	Alan	2077	Ordre	Dying	F1 23	Forza	Hog	Metro	R&C	Witch
FHD	33	66	78	52	109	50	66	73	75	51
WQHD	25	42	57	38	74	45	48	50	60	38
UWQHD	22	33	46	30	58	41	41	40	47	30
UHD	15	21	31	22	38	35	30	25	38	23

Radeon RX 7800 XT
Takt: ~2,30 GHz, 19,5 GT/s
RAM: 16 GiB GDDR6
Preis: Ca. 530 €
PLV: 70,4 %

39,0 % | 45,2 % | 39,1 % | 37,1 % | 34,5 %

	Alan	2077	Ordre	Dying	F1 23	Forza	Hog	Metro	R&C	Witch
FHD	32	50	60	59	110	55	57	86	80	56
WQHD	25	35	42	43	73	49	42	57	64	43
UWQHD	22	28	34	34	57	45	34	45	51	36
UHD	15	19	23	24	38	39	24	29	40	26

Geforce RTX 4060 Ti 8GB
Takt: ~2,75 GHz, 18 GT/s
RAM: 8 GiB GDDR6
Preis: Ca. 390 €
PLV: 84,2 %

34,3 % | 43,3 % | 36,4 % | 30,5 % | 26,9 %

	Alan	2077	Ordre	Dying	F1 23	Forza	Hog	Metro	R&C	Witch
FHD	33	62	78	52	109	45	65	73	48	50
WQHD	24	35	57	38	74	36	47	50	42	37
UWQHD	11	25	46	30	58	21	40	40	25	30
UHD	8	16	31	22	36	16	29	25	19	17

Arc A770 16GB
Takt: ~2,30 GHz, 17,5 GT/s
RAM: 16 GiB GDDR6
Preis: Ca. 320 €
PLV: 89,1 %

29,8 % | 33,6 % | 30,1 % | 28,6 % | 26,8 %

	Alan	2077	Ordre	Dying	F1 23	Forza	Hog	Metro	R&C	Witch
FHD	22	39	45	47	76	38	47	68	51	46
WQHD	18	27	34	34	56	33	37	47	42	35
UWQHD	16	21	28	27	44	30	31	37	33	30
UHD	12	14	20	19	31	25	23	24	27	20

Geforce RTX 4060
Takt: ~2,70 GHz, 17 GT/s
RAM: 8 GiB GDDR6
Preis: Ca. 300 €
PLV: 86,5 %

27,1 % | 34,4 % | 28,9 | 23,9 | 21,1 %

	Alan	2077	Ordre	Dying	F1 23	Forza	Hog	Metro	R&C	Witch
FHD	27	49	61	41	82	40	52	53	43	37
WQHD	20	32	44	30	55	35	37	35	37	24
UWQHD	10	22	35	23	43	18	31	27	24	20
UHD	7	14	24	17	25	15	24	15	17	12

Arc A580
Takt: ~2,33 GHz, 16 GT/s
RAM: 8 GiB GDDR6
Preis: Ca. 200 €
PLV: 100,0 %

20,9 % | 26,7 | 22,2 | 19,0 | 15,6 %

	Alan	2077	Ordre	Dying	F1 23	Forza	Hog	Metro	R&C	Witch
FHD	16	32	39	38	64	31	35	57	36	37
WQHD	12	21	28	25	45	27	23	36	28	27
UWQHD	9	16	24	18	35	20	18	27	18	18
UHD	5	10	14	12	23	16	11	16	12	8

Radeon RX 7600
Takt: ~2,63 GHz, 18 GT/s
RAM: 8 GiB GDDR6
Preis: Ca. 280 €
PLV: 58,8 %

17,2 % | 23,2 | 17,5 % | 15,3 % | 12,7 %

	Alan	2077	Ordre	Dying	F1 23	Forza	Hog	Metro	R&C	Witch
FHD	15	27	36	30	60	27	34	47	26	32
WQHD	8	18	25	21	37	22	12	30	20	23
UWQHD	6	12	20	16	28	19	8	24	12	19
UHD	4	6	13	12	21	15	7	12	7	10

Geforce RTX 3050
Takt: ~1,89 GHz, 14 GT/s
RAM: 8 GiB GDDR6
Preis: Ca. 230 €
PLV: 67,2 %

16,1 % | 20,5 | 16,7 % | 14,9 % | 12,4 %

	Alan	2077	Ordre	Dying	F1 23	Forza	Hog	Metro	R&C	Witch
FHD	16	29	36	23	50	23	32	31	29	23
WQHD	8	18	25	16	34	20	24	21	22	16
UWQHD	6	10	20	13	26	18	19	16	15	14
UHD	4	6	14	9	17	10	13	9	11	8

Radeon RX 6600
Takt: ~2,53 GHz, 14 GT/s
RAM: 8 GiB GDDR6
Preis: Ca. 210 €
PLV: 64,1 %

13,7 % | 18,6 % | 14,0 % | 12,2 % | 10,1 %

	Alan	2077	Ordre	Dying	F1 23	Forza	Hog	Metro	R&C	Witch
FHD	12	22	28	26	45	25	29	31	23	23
WQHD	7	14	19	18	28	20	10	20	18	17
UWQHD	5	8	15	14	21	17	7	16	11	14
UHD	3	4	10	10	13	13	6	9	6	7

Brandneue Werte aus 10 Spielen

Im strahlenden neuen Leistungsindex vereinen wir das „Who's who" der modernen Raytracing-Implementierungen. Jedes enthaltene Spiel profitiert sichtbar von der Strahlenverfolgung – doch welche GPUs packen das?

Der neue Raytracing-Leistungsindex ergänzt die Rasterizing-Benchmarks optimal. In jedem Fall setzen wir auf überdurchschnittlich GPU-lastige Szenen in den getesteten Spielen. Erreicht eine Grafikkarte hier flüssige Bildraten, ist im übrigen Spiel nichts zu befürchten. Während der Rasterizing-Index die „normalen" Recheneinheiten maximal fordert, arbeitet der Raytracing-Index die Eignung zu komplexer Strahlenverfolgung heraus. Bemerkenswert ist vor allem das starke Abschneiden Intels. Mit anderen Worten: Raytracing setzt allen GPUs zu, Radeon-Chips brechen jedoch am stärksten ein. Wir sind daher besonders gespannt auf RDNA 4, das im Laufe von 2024 debütieren soll und hier deutlich auftrumpfen könnte.

System: Intel Core i9-13900KS (8 P-Cores + SMT, keine E-Cores) @ 5,7 GHz (Cache @ 5,1 GHz), MSI Z790 Carbon Wifi, 32 GiB Patriot DDR5-7600 (32-44-44-28-2T inklusive Tertiär-Timing-Tuning); 8 von 10 Benchmarks mit Quality-Upsampling (TAA nur bei Forza Motorsport und Metro Exodus Enhanced Edition), anisotroper Filter auf Standardqualität; Vsync aus.

Spielenamen: Alan: Alan Wake 2, 2077: Cyberpunk 2077, Ordre: Desordre, Dying: Dying Light 2, F1 23: F1 23 (Überraschung!), Forza: Forza Motorsport, Hog: Hogwarts Legacy, Metro: Metro Exodus Enhanced Edition, R&C: Ratchet & Clank Rift Apart, Witch: The Witcher 3 „Next-Gen". Angabe auf die nächste Ganzzahl gerundeter Fps.

Nur für kurze Zeit!

Magazin-Kombi-Abo +Spiele-prämie

Ein Jahr PCGH lesen mit Spieleprämie

Sie erhalten 12 Ausgaben PCGH (Print + Digital) und bekommen das Steam-Spiel Pioneers of Pagonia als exklusive Aboprämie.

12 x PCGH

GAMESPLANET

+ Pioneers of Pagonia

Spiel made in Germany

www.pcgh.de/pioneers

*1-Jahres-Abo: 77,00 Euro

Weitere Vorteile

- Werbefreier Zugang auf PCGH.de
- PCGH-Jahresarchive ab 2001 (PDF)
- Printartikel direkt kostenfrei im Webseitenlayout lesen – auf Desktop und Mobile!

PCGH +

www.pcgh.de/pioneers

DLSS-Detailing für den feinsten Glanz

Mit dem KI-unterstützten DLSS hat Nvidia Upsampling unter PC-Spielern populär gemacht. Doch qualitativ geht es oft noch etwas besser – wir zeigen, wie.

Das Thema Upsampling beschäftigt PC-Spieler schon seit vielen Jahren. Wurde bei den Konsolen anfangs noch die krümelige Grafik belächelt, die oft genug nicht einmal dem 720p-„HD-Ready"-Standard entsprach, darauf bei Xbox One und PS4 Upsampling als „4K-Cheat" verunglimpft, ist das Bildhochrechnen mittlerweile auch auf dem PC kaum mehr wegzudenken. Dies ist sicherlich auch auf die Güte der PC-Upsampling-Verfahren und insbesondere Nvidias DLSS zurückzuführen, dem aktuell wohl besten Upsampling-Verfahren – zumindest für Besitzer aktueller Nvidia-Grafikkarten. Denn bekannterweise bleibt Nvidias DLSS den Geforce-Karten der RTX-Reihe vorbehalten.

Doch gleich wie gut, sind mit einem Temporal-Upsampling auch eher unschöne qualitative Nebeneffekte respektive Artefakte zu erwarten – KI hin oder her. Und selbstredend ist auch eine „Künstliche Intelligenz" nicht frei von Fehlern. Tatsächlich ist der Lernprozess einer KI voll von Fehlern, denn sie trainiert durch Trial-and-Error. Doch ist DLSS natürlich nicht nur KI und hat obendrein bereits eine lange Entwicklungsgeschichte hinter sich. Die gravierendsten Unterschiede gibt es natürlich bei großen Versionssprüngen. So ist der Umstieg auf ein spatio-temporales Verfahren mit DLSS 2 geschehen, mit DLSS 3.0 die Frame Generation eingezogen und DLSS 3.5 brachte die Ray Reconstruction.

Doch es gibt zwischen diesen großen Feature-Updates viele kleinere Tweaks, Anpassungen und Optimierungen, die in das sich stetig weiterentwickelnde Nvidia-Upsam-

Avatar Frontiers of Pandora nutzt mit DLSS 3.5.10.0 die aktuell jüngste Version des Nvidia-Upsamplings. Dennoch gibt es einige Schwachstellen, die reproduzierbar auftreten. Wie hier bei der Idle-Animation des NPCs, die kräftiges Smearing verursacht.

Uncharted 4 nutzt die weitverbreitete DLSS-Version 2.4.(12). Diese kommt in vielen Spielen zum Einsatz, darunter Sons of the Forest (2.4.0) und Baldur's Gate 3 (2.4.2). Können wir die typischen Problemstellen entschärfen? Wir werden es versuchen.

pling fließen. Kein Wunder, schließlich gehört das feine KI-Upsampling neben Ray- und Pathtracing sicherlich zu den populärsten Argumenten aktueller Nvidia-GPUs. Es liegt Nvidia offenkundig viel daran gelegen, dass DLSS weiterhin diese Popularität genießt und Innovationen vorangetrieben werden.

Aktuell, beim Schreiben dieser Zeilen, hat Nvidias Upsampling Versionsnummer 3.5.10 erreicht. Nvidias DLSS wird in Form einer DLL-Datei ausgeliefert. Dabei ist allerdings zu beachten, dass diese Bibliothek, trotz 3.5er-Versionsnummer, nicht die Frame Generation („DLSS 3.0") oder die Ray Reconstruction („DLSS 3.5") inkludiert. Für die Frame Generation ist eine separate DLL-Datei zuständig und beide Technologien benötigen eine dedizierte Implementierung durch den Spieleentwickler. Doch für das temporale Upsampling ergibt sich an dieser Stelle ein interessanter und verhältnismäßig simpler Ansatzpunkt für manuelle Verbesserungen: Wäre es nicht möglich, eine ältere DLL-Datei für das Nvidia-Upsampling durch eine neuere auszutauschen und so von den Optimierungen der aktuelleren DLSS-Versionen zu profitieren?

DLSS-Hochglanz-Tuning

Wie Sie eventuell bereits wissen, ist dies tatsächlich möglich. Und es gibt darüber hinaus noch weitere Möglichkeiten, DLSS händisch zu optimieren und die Darstellung des Upsampling zu verbessern. Genau darum soll es in den folgenden Zeilen gehen: In diesem Artikel wollen wir spezifisch das Nvidia-Upsampling DLSS betrachten. Das KI-Upsampling gehört nicht nur zu den beliebtesten Verfahren auf dem PC, sondern bietet außerdem eine ganze Reihe Abstimmungsmöglichkeiten dank einer Vielzahl bereits veröffentlichter DLSS-Versionen sowie praktischen Community-Tools, welche verschiedene Eingriffe zwecks Individualisierung ermöglichen. Zu diesen Werkzeugen zählt etwa der DLSS-Swapper, mit dem Sie einfach und bequem DLSS-Versionen austauschen können. Je nach verwendeter Version und Spiel kann das Bild durch diese Eingriffe im Stand stabiler, schärfer oder in Bewegung und Details sauberer ausfallen.

Zwischen scharf und weich

Bei spatio-temporalen Upsampling-Verfahren gleich jeder Art ist die Abstimmung zwischen Qualität im Stand, der Bildstabilität bei Bewegung und der Bewahrung von feinen Details eine diffizile Angelegenheit. Dies gilt auch für Nvidias DLSS. Denn wird das eine priorisiert, büßen tendenziell die anderen ein: Je niedriger die Renderauflösung beziehungsweise je aggressiver das Upsampling, desto mehr Informationen müssen theoretisch über die Zeit gewonnen werden, um die Bildqualität zu bewahren. Gleiches gilt für ein Standbild in maximaler Qualität. Je mehr Informationen über die Zeit, also je mehr Frames für das temporale Upsampling verrechnet werden, desto hochauflösender und feiner kann das Endergebnis ausfallen. Bei schneller Bewegung bringt das Verrechnen vieler Frames allerdings einen gravierenden Nachteil: Unschärfe. Und je feiner ein Detail, desto stärker muss es beim Upsampling separat betont, hervorgehoben werden, um trotz (stark) verringerter Auflösung sichtbar zu bleiben. Aus diesem Umstand ergibt sich ein weiteres Problem, dessen Lösung stets eine Form von Kompromiss bedeutet: Ist die Betonung eines Details zu stark, neigt das betreffende feine Element zum Flimmern, Krümeln. Ist die Betonung zu schwach, verschwindet die feine Struktur durch die temporale Verrechnung. Werden zu viele Bilder verrechnet und das besagte Element betont, neigt das Detail zu mehr oder minder starkem Verwischen respektive Smearing.

Es ist demnach knifflig, alle Qualitätsaspekte bei einem zugleich Temporal-Upsampling zu berücksichtigen. Eine perfekte Lösung gibt es nicht. Dies ist einer der Gründe, weshalb sich die Upsampling-Erfahrung von Spiel zu Spiel und je nach Bildinhalt unterscheiden kann und weshalb weiterhin Verbesserungen und Updates in Verfahren wie DLSS, TSR und weitere einfließen. Genau von diesen stetig einfließenden Verbesserungsansätzen können Sie als DLSS-User allerdings auch profitieren, indem Sie die DLSS-Version eines betreffenden Spiels durch eine neue ersetzen, zumindest in gewissem Rahmen.

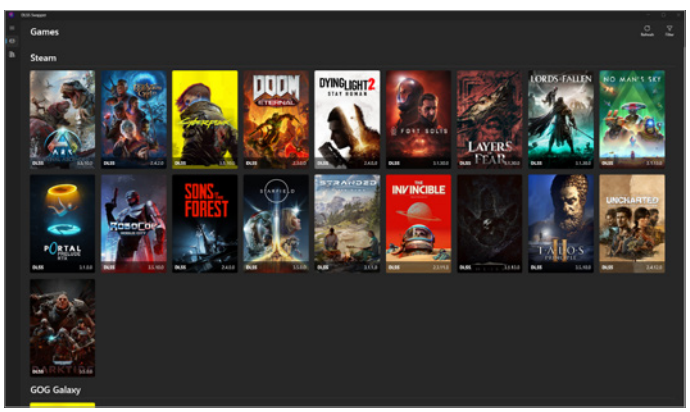
Der DLSS-Swapper

Dies ist die erste DLSS-Tuning-Methodik, die wir uns genauer ansehen möchten. Erstaunlich viele Titel, darunter auch aktuelle wie etwa Baldur's Gate 3, setzen auf verhältnismäßig alte DLSS-Versionen. Weit verbreitet ist beispielsweise Version 2.4.x, die nicht nur in dem erwähnten Vorzeige-Rollenspiel aus dem Hause Larian Verwendung findet, sondern etwa auch in Uncharted 4, oder dem Microsoft Flight Sim. Diese Version erblickte bereits Anfang 2022 das Licht der Welt. Einige andere Spiele, vor allem natürlich jene, die schon früher erschienen, setzen auf nochmals ältere Versionen des Nvidia-Upsamplings. Da DLSS im Großen und Ganzen abwärtskompatibel ist, können wir diese gegenüber neueren Versionen veralteten DLL-Dateien im Prinzip einfach austauschen und von den Optimierungen, welche in die neueren Versionen einflossen, profitieren. Neben grafischen Verbesserungen und einer potenziellen Reduktion bei störenden Artefakten kann Ihnen solch ein DLSS-Upgrade obendrein ein wenig zusätzliche Performance bringen.

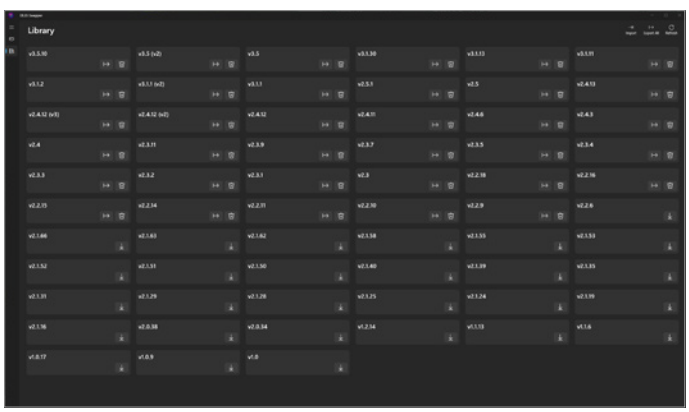
Um diesen Vorgang möglichst einfach zu halten, können Sie auf ein praktisches Community-Tool zurückgreifen: Der von dem Australier Brad Moore entwickelte DLSS-Swapper erlaubt es, mithilfe einer simpel zu bedienenden Nutzeroberfläche die DLSS-Dateien bequem auszutauschen und zu verwalten. Sie können den DLSS-Swapper auf Github respektive folgender Adresse herunterladen: https://github.com/beeradmoore/dlss-swapper

Vorsicht bei Multiplayer!

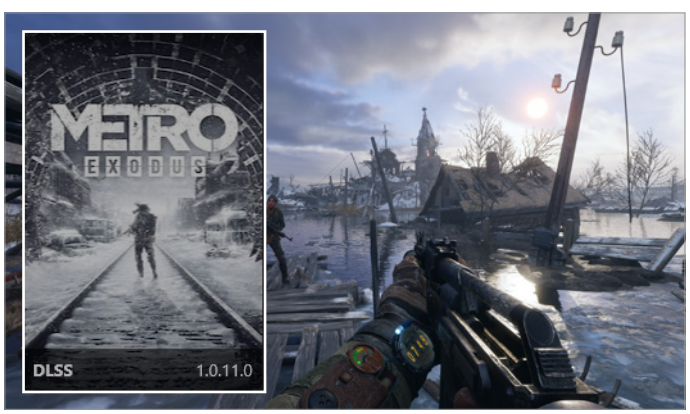
Bevor wir loslegen, müssen wir eine explizite Warnung aussprechen: Auch wenn der DLSS-Swapper lediglich die für das Upsampling ge-



Die praktische Oberfläche des DLSS Swappers nimmt Ihnen bequem den manuellen Austausch von DLL-Dateien ab. Der Dark Mode und die Sortierung sind optional.



Bevor Sie loslegen, benötigen Sie die entsprechenden DLSS-Dateien. Auch diese können Sie bequem mit dem DLSS-Swapper herunterladen.



Unter den Spielen wird die genutzte DLSS-Version gelistet. Ein einfacher Klick und Sie können etwa Metro Exodus mit aktuellem DLSS genießen.

Nicht immer ist die jüngste DLSS-Version vorzuziehen, in Doom bringt DLSS 3.5.10 etwa Unschärfe (rechts). Bei Problemen können Sie Eingriffe rückgängig machen.

nutzten DLL-Dateien austauscht, kann es vorkommen, dass scharfe Anti-Cheat-Maßnahmen diesen Eingriff als eine unzulässige Veränderung der Spieldateien respektive eine Verletzung des Endbenutzer-Lizenzabkommen (EULA) auffassen. Es kann also sein, dass Sie bei kompetitiven Mehrspieler-Titeln durch diesen Eingriff einen Bann riskieren!

Wie schon der Ersteller des Tools raten wir aus diesem Grund ausdrücklich vor Eingriffen dieserart ab, zumindest was Mehrspieler-Titel wie Call of Duty, Valorant, Fortnite oder andere Spiele mit Esport-Ambitionen betrifft. Wir raten dazu, den DLSS-Swapper und generell Eingriffe in die Spieldateien ausschließlich bei Einzelspielertiteln oder Games zu nutzen, die zwar einen Multiplayer-Modus bieten, diesen aber nicht kompetitiv gestalten und nicht auf scharfe Anti-Cheat-Maßnahmen setzen. Bei den letztgenannten Titeln droht unseres Ermessens kaum Gefahr. Wir weisen allerdings darauf hin, dass die folgenden Eingriffe auf eigene Gefahr geschehen.

Der DLL-Dateien-Tausch

Den Download finden Sie nach dem Folgen des zuvor genannten Github-Links unter „Releases“. Es stehen eine Stand-Alone- sowie eine Installer-Version zur Verfügung. Zum Redaktionsschluss gibt es als aktuelle Version 1.0.2.0. Wir empfehlen der Einfachheit halber die Installer-Variante, grundlegend unterscheiden tun sich aber beide Versionen nicht.

Haben Sie das Tool installiert oder in ein Verzeichnis Ihrer Wahl entpackt und gestartet, durchsucht der DLSS-Swapper Ihr System nach installierten DLSS-Spielen und listet diese darauf sortiert nach Plattformen wie Steam, Epic Games Store, GOG Galaxy oder Ubisoft Connect auf. Unter den jeweiligen Spielen wird obendrein die genutzte DLSS-Version gelistet (siehe Bilder mit Einblendung). Falls ein Titel nicht in der Liste aufzufinden ist, wie in unserem Fall etwa Red Dead Redemption 2, so liegt dies eventuell an der Version respektive dem Launcher. Die von uns extra für diesen Test heruntergeladene Version läuft über den Rockstar Launcher. Der von dem DLSS Swapper bislang nicht unterstützt wird. Die Steam-/Epic-Store-Versionen funktionieren. In diesem Fall müssen Sie den Austausch der DLL-Dateien manuell vornehmen.

Bevor es nun zum munteren Austausch kommt, benötigen Sie die entsprechenden DLSS-Versionen respektive DLL-Dateien, um die älteren mit diesen zu ersetzten. Praktischerweise werden diese direkt von Nvidia zur Verfügung gestellt und können obendrein einfach und bequem über den DLSS-Swapper heruntergeladen werden. Klicken Sie dazu links in der Nutzeroberfläche auf das Bücher- beziehungsweise Bibliotheks-Icon und laden Sie die gewünschten Versionen herunter. Wir empfehlen neben der aktuellen Version (zur Zeit DLSS Version 3.5.10) obendrein einige weitere. Neben zusätzlichen aktuellen legen wir Ihnen außerdem die Versionen 2.4.x und 2.5.x ans Herz.

Nun können Sie zurück in den Spiele-Tab wechseln und mit einem Klick auf das betreffende Spiel bequem die DLSS-Version austauschen. Im Regelfall können Sie die neueste Version nutzen und mit leicht verbesserter Bildqualität, etwas mehr Performance oder tendenziell höherer Stabilität rechnen. Allerdings ist nicht garantiert, dass neuere DLSS-Versionen stets Verbesserungen mit sich bringen. Dies betrifft in erster Linie Titel, welche auf das integrierte DLSS-Sharpening setzen und Versionen vor 2.5.1, denn ab dieser Iteration entfällt der Schärfefilter. Spiele, die dieses Feature nutzen, werden beim Wechsel auf eine neuere DLSS-Fassung daher unter Umständen unscharf – so wie Doom

Baldur's Gate 3 mit DLSS 2.4.2 (Standard) und korrekter Texturdarstellung

Baldur's Gate 3 mit DLSS 3.5.10.0 – Die Texturdarstellung ist kompromittiert, die Alpha-Tests (Spinnweben) leiden besonders.

Nicht immer sind Modifikationen von Erfolg gekrönt. Zwar können wir in Baldur's Gate 3 nach dem Wechsel von DLSS 2.4.2 auf 3.5.10 eine Verbesserung der Kantenglättung verzeichnen, allerdings leiden die Texturen und Alpha-Tests (Spinnweben).

Eternal (DLSS 2.3.0) auf Seite 32. Es können obendrein auch andere Fehler auftreten, wie während unserer Tests von Baldur's Gate 3. Beim Ersetzen der DLSS-Version 2.4.12 durch 3.5.10.0 leidet die Texturdarstellung des Vorzeige-RPGs (achten Sie auf die Kacheln und das goldene Muster an der Wand), und die Alpha-Tests für die Spinnenweben werden in Mitleidenschaft gezogen.

Vermutlich nutzt die geswappte DLSS-Version ein anderes respektive unpassendes MIP-Bias, weshalb die gesamte Texturdarstellung leidet. Es gibt obendrein einige weitere Auffälligkeiten. Auf der Habenseite werden einige Kanten besser geglättet, sichtbar etwa bei den Streben der Feuerschale. Auch werden mit DLSS 2.4.12 noch unterbrochene, feine Details wie eine Bogensehne mit DLSS 3.5.10.0 leicht sauberer dargestellt respektive besser rekonstruiert. In diesem Fall wiegt der kleine Zugewinn bei der Kantenglättung die unschönen Nebeneffekte bei Texturen und Effekte nicht auf, dies kann sich allerdings von Spiel zu Spiel und je nach genutzten DLSS-Versionen unterscheiden.

Kein Allheilmittel

Der DLSS-Swapper setzt daher ein wenig Herumprobieren voraus, eine allgemeingültige Verbesserung ist beim Austausch der DLSS-Dateien nicht gewährleistet. Mal gibt es leichte optische Verbesserungen, mal ist die Performance leicht höher. Gelegentlich halten sich die Unterschiede auch ungefähr die Waage, etwa in Assassin's Creed Mirage, das trotz jüngerem Erscheinungsdatum auf die bereits im Oktober des Jahres 2021 erschienene DLSS-Version 2.3.1 setzt. Hier verbessert DLSS 3.5.10 die Bildqualität leicht, sorgt für etwas reduzierte Artefakte und ein minimal knackigeres Bild – auf Kosten der Normal Maps, die offenbar in einer niedrigeren MIP-Stufe geladen werden und somit den Tiefeneindruck der Pixeltapeten minimal reduzieren. Da der Wechsel mithilfe des DLSS-Swappers allerdings sehr komfortabel vonstattengeht und sich obendrein einfach wieder rückgängig machen lässt, sollten unerwünschte Nebeneffekte auftreten, legen wir ein Ausprobieren nahe – bei Singleplayer-Titeln wohlgemerkt.

DLSS-Presets und das ABC

Die DLSS-Version ist indes nicht die einzige Variable, die Sie bei DLSS beeinflussen können, um die Darstellung des Nvidia-Upsamplings zu tunen. Denn jede (jüngere) DLSS-Version kommt nochmals mit bis zu 7 internen Presets von A bis G (von denen allerdings einige aktuell ungenutzt sind), die dafür angedacht sind, die KI-Kantenglättung für unterschiedlichen Content sowie Skalierungsfaktoren zu optimieren. Genaueres können Sie dem Nvidia-Developer-Guide entnehmen. Die aktuell jüngste Version vom 13. Oktober 2023 finden Sie unter folgendem Link:

https://www.github.com/NVIDIA/DLSS/blob/main/doc/DLSS_Programming_Guide_Release.pdf

Wie Nvidia in dem Guide anmerkt, können sich diese Presets von Release zu Release unterscheiden. Ein weiterer beachtenswerter Punkt ist indes, dass Preset D, das laut Nvidia explizit die generelle Bildstabilität betont, als Standard zum Einsatz kommt. Da eine solche Bevorzugung aber immer auch einen gewissen Kompromiss bedeutet respektive andere Faktoren zurückstehen müssen, ist das Standard-Preset nicht für alle Einsatzgebiete optimal. Für tendenziell schnelle Spiele, hohe Bildraten und viel Bewegung würde sich etwa Preset C anbieten, das den aktuellen Frame und damit die Bewegtschärfe akzentuiert, was wiederum tendenziell auf Kosten der Bildstabilität geht. Ebenfalls interessant ist Preset F, welches für sowohl DLAA als auch die maximale Upsamplingstufe Ultra Performance angedacht ist und die Klarheit/Sauberkeit der Polygonkanten betont.

DLSSTweaks und DLAA

Diese Presets sind eigentlich für Developer gedacht, doch auch

A Plague Tale Requiem nutzt DLSS Version 2.4.12 – wie Uncharted 4, allerdings mit Preset C. Hier ist ein weiteres DLSS-Artefakt sichbar: blinkende Specular-Flecken.

Sons of the Forest setzt nicht nur auf eine ältere DLSS-Version, sondern außerdem Preset D. Konsequenz sind Smearing-Artefakte und bröselige Details wie Vegetation.

Zu den wenigen Titeln, die Preset C nutzen, gehört Stranded Alien Dawn. Offenbar haben die Entwickler mehr Wert auf feine Details denn Bildstabilität gelegt.

Dying Light 2 nutzt die ältere DLSS-Version 2.4.0.0, Preset D und obendrein (optional) die integrierte DLSS-Nachschärfung, die ebenfall zu Artefakten führen kann.

für den technisch versierten User bietet sich dank einer Mod des Github-Users emoose die Gelegenheit, selbst Hand anzulegen. Mit der Mod DLSSTweaks lässt sich obendrein DLAA in Spiele mit DLSS-Support integrieren, also die Darstellung mit nativer Auflösung und temporalem Supersampling. Die Modifikation finden Sie unter folgendem Link: https://github.com/emoose/DLSSTweaks

Beachten Sie, dass Sie obendrein einen Account auf Nexusmods.com benötigen, dort hat der Modder die DLL-Dateinen geparkt. Wenn Sie das Archiv heruntergeladen und entpackt haben, kopieren Sie den Inhalt in das Spielverzeichnis des betreffenden Titels (respektive dorthin, wo sich die Ausführungsdateien befinden). Die Mod benötigt außerdem einen kleinen Eingriff in die Registry Ihres Systems, um die Prüfung der digitalen Signatur der modifizierten DLL-Datei zu unterbinden. Führen Sie dazu die Datei EnableNvidiaSigOverride.reg aus.

Diese Datei ändert lediglich zwei bereits in der Registry hinterlegte Variablen. Einen allzu heiklen Eingriff in die potenziell empfindliche Registry stellt der Einsatz der Modifikation also nicht dar. Es liegt obendrein eine weitere .reg bei, mit der Sie den Eingriff rückgängig machen können. Abermals raten wir dringend von einem Einsatz in (kompetitiven) Multiplayer-Titeln ab! Die Bann-Wahrscheinlichkeit ist bei dieser Mod tendenziell nochmals höher als bei dem DLSS-Swapper, da nun außerdem nicht signierte DLL-Dateien geladen werden. Abseits scharfer Cheat-Wachhunde und einem unfreiwilligen Multiplayer-Exil besteht unseres Ermessens wenig Risiko. Wir weisen dennoch darauf hin, dass Eingriffe auf eigene Gefahr geschehen.

Assassin's Creed Mirage nutzt noch DLSS-Version 2.3.1.0 samt integrierter Nachschärfung. Wir konnten einige Fehler – darunter abermals Schmieren bei Idle-Animationen, siehe Basims Kopf – mit dem Wechsel auf 3.5.10 und Preset C vermeiden.

So nutzen Sie die Mod

Wenn Sie die Modifikation heruntergeladen, in einen Spieleordner eines DLSS-Titels Ihrer Wahl entpackt und mittels EnableNvidiaSigOverride.reg die Signaturprüfung der .DLL deaktiviert haben, können Sie die Ausführungsdatei DLSSTweaksConfig.exe starten. Beim erstmaligen Ausführen (im jeweiligen Spieleordner) müssen Sie dem Windows Defender Erlaubnis erteilen, klicken Sie dazu in dem aufploppenden Fenster auf „Weitere Informationen" und darauf auf die unten erscheinende Schaltfläche „Trotzdem ausführen".

Nun öffnet sich das Konfigurationsfenster der Modifikation, die Schaltzentrale von DLSSTweaks (siehe Bilder folgende Seite). Hier können Sie eine Menge einstellen und Ihren Wünschen gemäß anpassen. Wir konzentrieren uns auf die wichtigsten Punkte. Einer davon: Die erste Option „ForceDLAA" lässt sich dazu nutzen, das Nvidia-Temporal-Supersampling respektive DLSS in nativer Auflösung auch in Spielen zu nutzen, die kein DLAA unterstützen. Allerdings überschreibt diese Option die DLSS-Stufen im Spiel. Gleich welche DLSS-Einstellung Sie darauf im Grafikmenü wählen, es wird stets DLAA in nativer Auflösung appliziert. In diesem Fall wird DLAA also tatsächlich forciert. Allerdings nur, wenn im Abschnitt darunter, den Settings für „DLSSQualityLevels" der Schalter auf „False" steht. Mit diesem können Sie die DLSS-Auflösungen respektive -Faktoren feintunen. Oder prüfen, ob der Entwickler etwa bei DLSS Quality wirklich die üblichen 67 Prozent der Renderauflösung liefert. Steht in diesem Abschnitt „Enable = True", überschreibt dies den Eintrag für ForceDLAA.

Darunter finden Sie außerdem unter dem Menüpunkt „Compatability" einige Schalter, mit denen Sie Probleme angehen können, falls Sie beim Nutzen von DLSSTweaks und etwa dem Forcieren von DLAA auf solche stoßen. Überdies lassen sich einige Optionen der Mod auch global nutzen, allerdings könnte es dabei zu einigen Komplikationen kommen. Wir raten dazu, die Tweaks manuell und separat einzusetzen. Dies soll uns an dieser Stelle aber nicht weiter interessieren, wir sind schließlich dazu ausgezogen, DLSS zu optimieren. Dieser Eingriff ist nicht allzu kompliziert. Auf folgende Art und Weise haben wir die besten Ergebnisse erzielt:

Schmier-o-Fix für streifenfreien Glanz

Nachdem wir uns das betreffende Spiel ausgesucht und DLSSTweaks wie zuvor beschrieben installiert und startfertig gemacht haben, ist unser erster Anlaufpunkt der Eintrag „OverrideDllssHud" ganz oben im Menü „DLSS". Diesen setzen wir auf „Enable" und starten daraufhin das Spiel. Ist im Grafikmenü DLSS aktiviert, sollte unten links auf Ihrem Bildschirm eine kleine Einblendung erscheinen. Hier wird neben der DLSS-Version auch das genutzte Preset gelistet. Im Falle von älteren DLSS-Versionen, in denen das Sharpening noch integriert war (DLSS-Versionen vor 2.5.1), wird zudem angezeigt, ob die DLSS-Nachschärfung aktiv ist.

Sehr viele Spiele, in denen uns DLSS-Artefakte und insbesondere Smearing aufgefallen sind, nutzen

Die Developer-Informationen bezüglich Preset-Wahl (Quelle: Nvidia)

Customize DLSS for your game

While the default DLSS network settings provide state-of-the-art image quality, you can choose from a variety of other presets. These presets (listed below) adjust how DLSS handles different scaling ratios and game content.

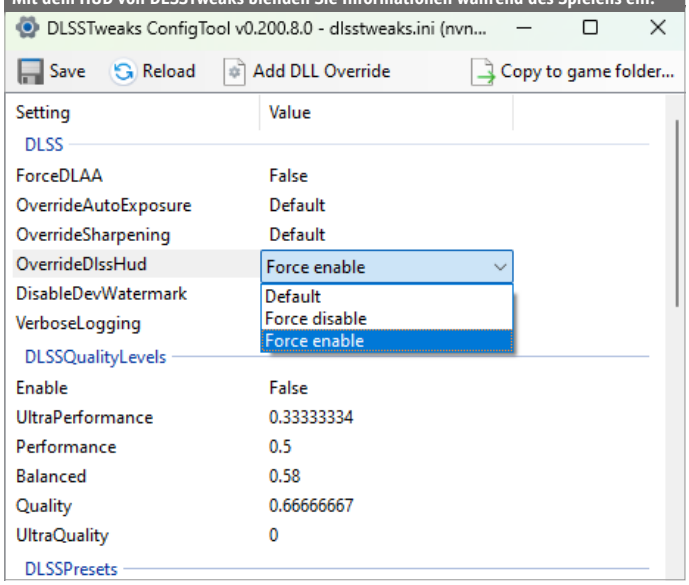
- **Preset A:** Intended for Performance/Balanced/Quality modes. An older variant best suited to combat ghosting for elements with missing inputs, such as motion vectors.
- **Preset B:** Intended for Ultra Performance mode. Similar to Preset A but for Ultra Performance mode.
- **Preset C:** Intended for Performance/Balanced/Quality modes. Generally favors current frame information; well suited for fast-paced game content.
- **Preset D:** Default preset for Performance/Balanced/Quality modes; generally favors image stability.
- **Preset E:** A development model that is not currently used.
- **Preset F:** Default preset for Ultra Performance and DLAA modes.

Presets offer the ability to fine-tune different input resolutions, and will remain as OTA updates occur. DLSS defaults to Preset D for Performance, Balanced, and Quality modes, and Preset F for Ultra Performance and DLAA modes. You can override the default settings on a per-resolution basis.

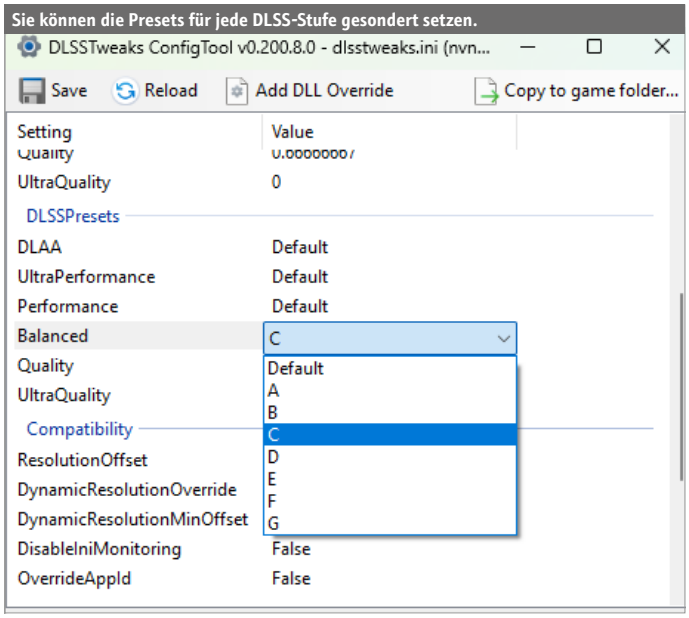
To learn more about all the new DLSS features and advancements, visit NVIDIA/DLSS on GitHub.

Register for NVIDIA GTC 2023 for free and join us March 20-23 for Accelerating Ray Tracing and AI in Unreal Engine and many more Game Development sessions. You can also join NVIDIA at GDC 2023, March 20-24, to discover the latest RTX and neural rendering technologies and see how they are accelerating game development.

Mit dem HUD von DLSSTweaks blenden Sie Informationen während des Spielens ein.



Sie können die Presets für jede DLSS-Stufe gesondert setzen.



Aktuelle DLSS-Versionen bieten mehrere Presets. Mit diesen können Developer das Upsampling an den Content ihrer Spiele anpassen. Standard ist dabei Preset D, das nach unserer Erfahrung ein der mehrzahl der DLSS-Titel bei jedweder Stufe zum Einsatz kommt. Preset D zeigt einige hässliche Smearing-Artefakte. Der Wechsel auf Preset C kann Aushilfe leisten, das praktische Werkzeug DLSSTweaks lässt Sie die DLSS-Voreinstellungen Ihren Wünschen gemäß anpassen.

Preset „D". Dieses Preset ist unserer Erfahrung nach häufig für Schlierenbildung verantwortlich, insbesondere was Charakteranimationen und/oder feine Details vor großen, einfarbigen Flächen betrifft. Auf diese Artefakte prüfen lässt sich am einfachsten bei Idle-Animationen von NPCs sowie feinen Details, Blattwerk oder Partikeln vor großflächigen, möglichst uniformen Hintergründen, wie etwa Vögel, die über den Himmel ziehen.

Generell scheint der Großteil aktueller Spiele mit DLSS-Support Preset D zu nutzen. Diese laut Nvidias Developer-Informationen (siehe links) als Default zum Einsatz kommende Voreinstellung nutzt etwa nicht nur Avatar, dessen schlierenhafte DLSS-Pracht sie schon neben unserem Aufmacher bewundern durften, sondern auch eine Vielzahl weiterer Titel. Unter befinden sich auch Uncharted 4, Sons of the Forest oder Dying Light 2. In all diesen Spielen ist uns starke Schlierenbildung aufgefallen, sowohl bei Charakteranimationen als auch feinen Details. Preset C kommt ebenfalls zum Einsatz, wird unseren Beobachtungen nach allerdings deutlich seltener genutzt. Die Space-Survival-Strategie Stranded Alien Dawn ist etwa darunter.

Ist die DLSS-Version des Spiels aktuell genug (bestenfalls 3.1.11 und höher), können Sie das genutzte Preset einfach wechseln. Verlassen Sie dazu das betreffende Spiel – ein Eingriff on-the-fly ist leider nicht möglich – öffnen Sie den DLSS-Tweaker und scrollen Sie bis zu dem Menü-Eintrag „DLSSPresets" herunter. Hier können Sie das Preset für jede DLSS-Stufe separat festlegen. Im Grunde genügt es aber, Änderungen für die von Ihnen gewünschte Stufe festzulegen, also beispielsweise bei „Balanced" den Eintrag „Default" auf „C" setzen (siehe Bild links). Klicken Sie im Abschluss auf die Schaltfläche „Save" oben links. Für etwa Avatar, das bereits DLSS-Version 3.5.10 nutzt, reicht dieser Eingriff. Wenn Sie nun das Spiel starten und die korrekte DLSS-Stufe nutzen, kommt nun das Preset „C" zum Einsatz. Dies können Sie abermals mit dem Overlay überprüfen.

Für ältere Spiele, die unter Umständen außerdem das integrierte DLSS-Sharpening nutzen (bis DLSS 2.5.1), lohnt es sich unserer Erfahrung, die beiden in diesem Artikel abgehandelten Mods zu kombinieren. In Uncharted 4 haben wir etwa zuerst den DLSS-Swapper genutzt, um das in dem Sony-Abenteuer genutzte DLSS 2.4.12 durch Version 3.5.10 zu ersetzen. Darauf haben wir DLSSTweaks gestartet, um das Preset von „D" auf „C" zu setzen. Und voilà, die schmierig-schlierigen Problemstellen, die wir mit Version 2.4.12 und Preset D beobachteten, sind verschwunden.

Ähnliche Erfolge konnten wir in anderen Spielen verzeichnen, darunter Dying Light 2, das mit dem ausgelieferten Standard-DLSS ebenfalls einige hässliche Artefakte und Verwischen zeigt. Ersetzen wir allerdings eine ältere gegen eine aktuelle DLSS-Version, also beispielsweise Version DLSS 2.4.x gegen 3.5.10, so kann es sein, dass das Bild an Schärfe einbüßt. Wie bei unserem Versuch mit Doom Eternal und dem DLSS-Swapper. Da ab DLSS-Version 2.5.1 keine Nachschärfung mehr in dem Nvidia-Upsampling integriert ist, müssen Sie die Bildschärfe eventuell an anderer Stelle anpassen. Nutzen Sie dazu etwa den Schärferegler im Spiel, falls vorhanden oder wählen Sie in Ihrem Nvidia-Treiber den gewünschten Schärfegrad via NIS. Sie können natürlich auch Nvidias Freestyle nutzen, sofern kompatibel oder mithilfe von Reshade und Co. die Bildschärfe aufpolieren.

Tunen kann sich lohnen!

Wir konnten bei allen von uns getesteten Spielen durch unsere Eingriffe eine zumindest kleine Verbesserung erzielen. Mit dem Wechsel auf Preset C konnten wir obendrein die in vielen Spielen teils sehr auffälligen Schmier-Artefakte reduzieren, was erfreulich ist. Im Verlaufe unserer Tests haben wir uns tatsächlich mehr und mehr gewundert, weshalb Preset D als Default respektive Standard und offenbar von so vielen Entwicklern genutzt wird, obwohl es zu solch deutlicher Artefaktbildung neigt. Es ist uns zudem etwas schleierhaft, weshalb es Nvidia bislang nicht gelungen ist, dieses Problem zumindest deutlich zu entschärfen. Gleich ob DLSS-Version 2.4.x oder 3.5.x, Preset D neigt hier wie dort zu starkem Verwischen und

Avatar Frontiers of Pandora – DLSS 3.5.10.0 und Preset D (Smearing bei Animationen)

Avatar Frontiers of Pandora – Schlierenfrei mit DLSS 3.5.10.0 und Preset C.

Avatar nutzt bereits die aktuell jüngste DLSS-Version. Preset D neigt zum Schmieren, ein einfacher Wechsel auf Preset C mittels DLSSTweaks behebt den Umstand.

Uncharted 4 mit DLSS 2.4.12 und Preset D starkes Smearing (Schmetterlinge, Haare).

Uncharted 4 mit DLSS 3.5.10 und Preset C – saubere und schlierenarme Darstellung.

Bei Uncharted 4 haben wir zuerst den DLSS-Swapper genutzt, um DLSS 3.5.10 zu integrieren, darauf DLSSTweaks, um von Preset D auf C zu wechseln. Ein Erfolg!

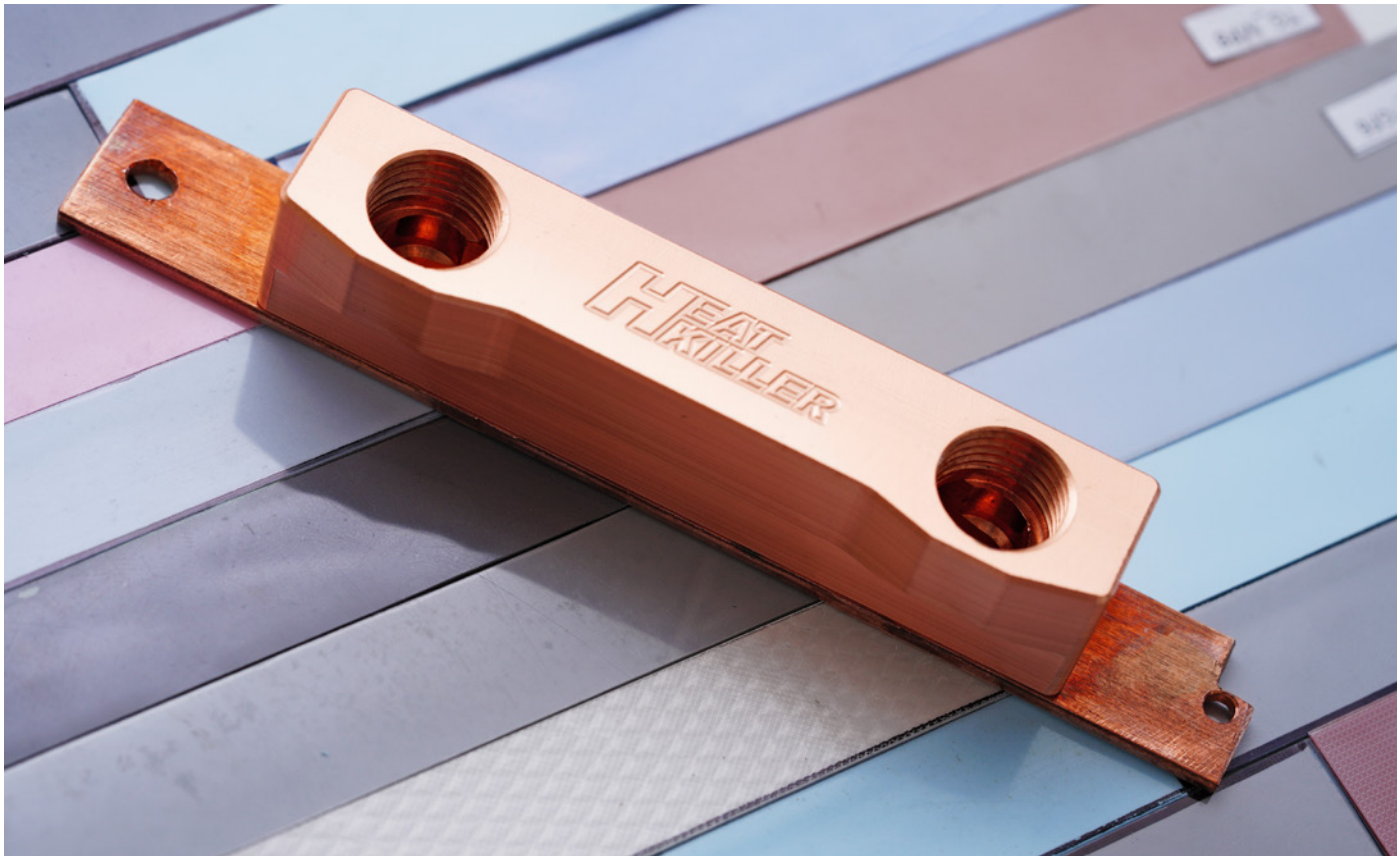
Verschmieren. Zwar weist Preset D gegenüber anderen Presets eine tendenziell höhere Bildstabilität, eine etwas grieselärmere, weniger flimmernde Präsentation und damit die etwas „weichere", effektivere Kantenglättung auf, doch erkauft Preset D dies mit dem verstärkten Smearing bei feinen Details und sich wiederholenden Animationen. Ist das Absicht oder ein hartnäckiger Bug? Eventuell ein wenig von beidem. Preset C hingegen zeichnet ein beinahe ebenso sauber geglättetes Bild, neigt allerdings bei einigen Kanten und feinen Specular-Reflexionen zu etwas mehr Flimmern. Das Bild ist insbesondere bei niedrigen Auflösungen respektive aggressiveren Upsampling-Stufen etwas unruhiger, im Gegenzug zeigt es deutlich weniger Smearing-Artefakte.

Was also bleibt, ist ein Kompromiss. Eine einfache Rundum-Glücklich-Lösung gibt es nicht. Mit der Kombination der beiden Tools DLSS-Swapper sowie den DLSSTweaks ist es uns jedoch im Test gelungen, die Darstellung in praktisch allen Fällen zu verbessern. Vor allem dem lästigen DLSS-Schmieren lässt sich so bis zu gewissem Grad beikommen, wobei wir betonen müssen, dass auch Preset C nicht artefaktfrei arbeitet. Es zeigt deutlich weniger Smearing, doch auch hier kann es zum Verwischen einiger Details und Animationen kommen. Ganz vermeiden lassen sich Artefakte also nicht, wohl aber reduzieren. Wenn Sie sich also in Ihrem Lieblingsspiel von schmierigen NPC-Pantomimen belästigt fühlen oder virtuelle Schmetterlinge ölig schleierhaft über Ihren Bildschirm gleiten, laden wir Sie zum Handanlegen und Experimentieren ein. Unserer Erfahrung nach lohnt der Eingriff. Die Frame Generation bleibt – sofern unterstützt – nach den beschriebenen Eingriffen im Übrigen funktionstüchtig. Sie können also sowohl DLSS-Version (vorausgesetzt diese ist nicht zu alt) als auch Preset wechseln, ohne die Frame Generation zu beeinflussen. *(pr)*

Fazit PCGH

Freiwillige Selbstkontrolle

Es kann sich lohnen, beim Nutzen von DLSS noch einmal selbst Details anzupassen. Die Vorteile einer neueren DLSS-Version halten sich unseren Ermessens in Grenzen, ein Wechsel schadet allerdings auch nur selten. Obendrein können Sie mittels DLSSTweaks einsehen, welches Preset die Entwickler gewählt haben und bei Bedarf wechseln. Nach unseren Erfahrungen bietet Preset C das sauberste und zugleich stabilste Upsampling, doch probieren Sie selbst!



(Wärme-)Leitfrage

Zwischen Wärmeleitpads und Wärmeleitpaste platziert sich mit sogenanntem Thermal Putty eine neue Option am Markt. Das rechtfertigt, zusammen mit neuen Pad-Angeboten, einen umfassenden Vergleichstest.

Folgende Produkte finden Sie im Test

- **Alphacool Apex Soft 11 W/mK (13019)**
- **Alphacool Apex Soft 14 W/mK (13020)**
- **Alphacool Apex Soft 16 W/mK (13492)**
- **Alphacool Apex Soft 18 W/mK (13483)**
- **Alphacool Core Soft 6 W/mK (13403)**
- **Alphacool Core Soft 9 W/mK (13416)**
- **Alphacool Rise Ultra Soft 7 W/mK (13012)**
- **Arctic TP-2 (APT2560)**
- **Arctic TP-3**
- **Deepcool EK720**
- **EK Water Blocks Wärmeleitpad G**
- **Gelid GP-Extreme**
- **Gelid GP-Ultimate**
- **Hala Contec TGF-WSS1000-SI**
- **Hala Contec TGF-Z1000-SI**
- **Halnziye HY234**
- **Hardwareliebe Extreme64**
- **Thermal Grizzly Minus Pad 8**
- **Thermal Grizzly Minus Pad Extreme**

Für niedrige Prozessortemperaturen ist neben einem leistungsfähigen Kühlkörper auch eine hochwertige Wärmeleitpaste entscheidend. Die Paste füllt die kleinen Spalten zwischen Prozessor und Kühlkörper und verringert so den thermischen Widerstand, um einen effizienten Wärmeübergang zu ermöglichen. Größere Abstände zwischen Bauteil und Kühlkörper aufgrund von Bauteil- oder Toleranzunterschieden können in der Regel jedoch nicht durch Wärmeleitpaste überbrückt werden, da sie aufgrund ihrer niedrigen Viskosität aus der Kavität fließen kann.

Alternative Lösung

Hier kommen stattdessen formstabile Wärmeleitpads zum Einsatz. Dank einer weiterhin gegebenen Anpassungsfähigkeit können diese auch größere Bauteiltoleranzen ausgleichen, wodurch sie insbesondere für Speicherchips, Spannungswandler oder Spulen eine effektive Lösung darstellen. Zunehmende Leistungsdichten, beispielsweise bei GDDR6X-Speichermodulen auf Nvidias RTX-3000- und 4000-Serie oder immer leistungsfähigere Spannungswandler, erhöhen die Anforderungen an diese thermische Schnittstelle zwischen Bauteilen und Kühlkörpern. Daraus ergibt sich auch ein Markt für Nachrüstlösungen, denn nicht jede Karte ist ab Werk bestmöglich bestückt.

Drei Anforderungen

Gerade im Bereich von Spannungswandlern ist elektrische Nichtleitfähigkeit eine weitere essenzielle

Anforderung an Kontaktmaterialien, andernfalls könnte es leicht zu einem Kurzschluss zwischen spannungsführenden Bauteilen oder Flächen kommen. Umgekehrt soll die Leitfähigkeit eines Pads für Wärme aber möglichst hoch und der thermische Übergangswiderstand durch eine großflächige Kontaktierung möglichst gering sein, um eine effiziente Wärmeabfuhr von den Bauteilen zu gewährleisten. Letzteres wird insbesondere durch Pads erreicht, die durch hohe Flexibilität großflächig an den Bauteilen anliegen und Zwischenräume ausfüllen können. Zusammenfassend sollte ein ideales Wärmeleitpad folgende Haupteigenschaften aufweisen:

- elektrisch isolierend
- hohe Wärmeleitfähigkeit
- flexibel und anpassungsfähig

Der Zielkonflikt

Wo Datenblätter verfügbar sind, geben die Hersteller unseres Testfelds in der Regel Silikon mit Metalloxid-Füllung an. In den seltenen Positivbeispielen, welche ihre genauen Bestandteile preisgeben, überwiegt Aluminiumoxid (Al2O3) als der hauptsächlich wärmeleitende Inhalt. Dieser kostengünstige, elektrisch isolierende Keramikwerkstoff weist solide Wärmeleitfähigkeiten von 20 bis 30 W/mK auf. Um trotz seiner großen Härte eine gute Flexibilität zu gewährleisten, wird der pulverisierte Werkstoff in ein weiches synthetisches Polymer (Silikon-Elastomer) eingebettet, das aber weitaus schlechter leitet. Hersteller müssen bei der Rezeptur also ein optimales Verhältnis respektive den besten Kompromiss zwischen widersprüchlichen Zielen finden.

Eine kritische Einordnung

Ohne Angabe der Prüfbedingungen sind die dabei angegebene Wärmeleitfähigkeiten nur bedingt miteinander vergleichbar und dienen lediglich als grober Anhaltspunkt, beziehungsweise dem Hersteller als Marketinginstrument. Dasselbe gilt für die Härte, bei der die Shore-Skala zwar eine gewisse Standardisierung suggeriert, aber dennoch individuelle Prüfbedingungen eine entscheidende Rolle spielen. Generell sollten beworbene Werte mit Vorsicht behandelt werden. Einige Hersteller wie Thermal Grizzly und Arctic verzichten mittlerweile ganz darauf, überhaupt Wärmeleitfähigkeiten anzugeben oder zu bewerben.

Paddicke und -härte

Hersteller bieten eine breite Auswahl an Pads mit unterschiedlichen Dicken zwischen 0,5 und 3,0 mm an. Es empfiehlt sich, vorhandene Pads durch solche mit gleicher Dicke zu ersetzen. Pads, die zu dünn sind, führen dazu, dass sich der Kühlkörper nicht ausreichend mit dem Bauteil verbindet. Zu dicke Pads hingegen können Platinenverzug verursachen und so den Kontakt zwischen dem GPU-Chip und dem Kühlkörper, insbesondere bei Fullcover-Wasserkühlern oder großen Luftkühlern, beeinträchtigen. Dabei ist die Härte eines Pads von großer Bedeutung: Füllt ein weiches 1,3 mm Pad einen Spalt von 1,0 mm effektiv aus und stellt so eine gute Verbindung zum Bauteil her, kann ein zu harter Ersatz gleicher Dicke Probleme mit sich bringen. Eine zu geringe Nachgiebigkeit kann bei hoher Kompression ähnlich wie bei einer Wahl eines zu großen Pads zu Durchbiegungen der Platine und einer Verschlechterung des GPU-Kontakts führen.

Die Härte von Wärmeleitpads wird in der Regel in der Härteskala Shore OO für Gele und Weichgummi angegeben. Um die Werte in einen alltäglichen Bezug zu setzen: Ein Shore-Wert von 10 entspricht dabei in etwa einem weichen Gummibärchen oder einem Marshmallow, während zum Beispiel ein Radiergummi einen Wert von 75 hat. Diese Angabe kann bei der Beurteilung helfen, mit wie viel Gegendruck ein Pad auf Kompression reagiert. Da der Härtewert der Original-Pads in der Regel unbekannt ist, empfiehlt sich ein direkter Abgleich am Objekt selbst durch Abtasten oder Eindrücken mit dem Fingernagel.

Neu: Wärmeleitknete

Als Gegenentwurf zu Pads ist Thermal Putty eine nicht austrocknende, hochviskose Wärmeleitpaste. Durch seine Formbarkeit kann es im Gegensatz zu vorgefertigten Pads frei in Form gebracht werden, erfordert aber mehr Aufwand: Während beim Wärmeleitpad eine Schere oder ein Skalpell zum Zuschneiden ausreicht und die Applikation nach dem Entfernen der beiden Schutzfolien eine Sache von Sekunden ist, muss die Formmasse auf den Bauteilen verteilt und geformt werden. Das gelingt am besten, indem das Material mit einem Spatel aus dem Vorratsbehälter entnommen und anschließend mit Einweghandschuhen an den entsprechenden Stellen des Kühlers oder der Platine in Form gebracht wird. Es ist ratsam, etwas mehr Material zu verwenden, um eine optimale Kontaktierung zu gewährleisten. Ein großer Vorteil des Thermal Putties ist dabei, dass überschüssiges Material ohne Gegendruck seitlich aus dem Kontaktspalt austreten kann.

Alphacool überschwemmt den Markt regelrecht mit zahlreichen Pad-Varianten. Gleich sieben Modelle stellen sich unserem Test.

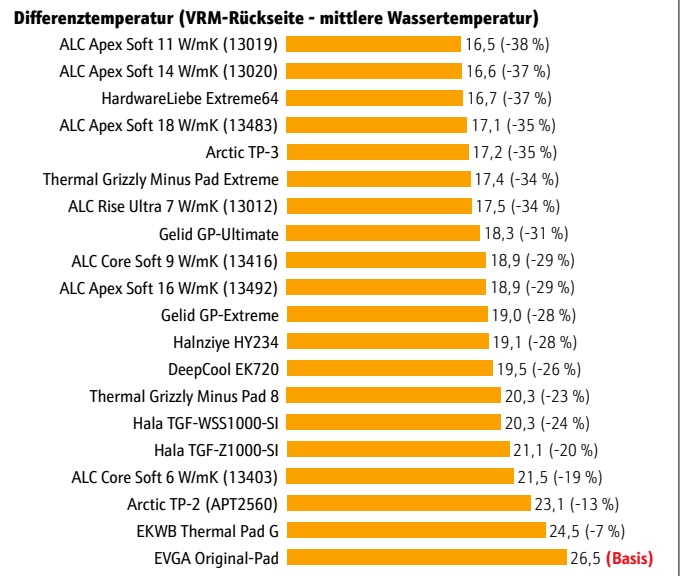
Zwischen der niedrigviskosen Paste und den Pads liegt das Thermal Putty. Es überbrückt größere Distanzen ohne zu verlaufen, bietet aber im Vergleich zu den festen Pads eine hohe Nachgiebigkeit.

Das Ultimate Pad von Gelid zeigt im Randbereich Knicke in der Schutzfolie und leichte aber unschöne Verunreinigungen.

Testszenario

Als Wärmequelle nutzen wir eine EVGA Geforce GTX 780 Ti Classified. Ihre großzügigen Spannungswandler ermöglichen uns den Betrieb mit 320 Watt Board-Power, stellen aber entsprechende Anforderungen an ihre Kühlung. Wir verzichten dabei auf den Einsatz eines Fullcover-Wasserblocks und installieren stattdessen einen GPU-only-Kühler (Heatkiller GPU-X³ Core LT) sowie einen separaten VRM-Kühler (Watercool Heatkiller SW-X 80 DIY, siehe Aufmacher). Diese Trennung, welche auch Grund für

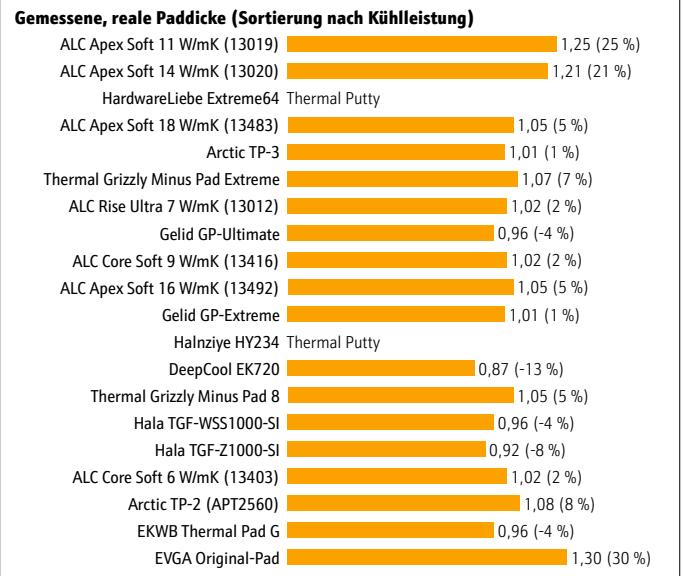
Leistung auf getunter GTX 780 Ti (320 Watt)



System: Geforce GTX 780 Ti (~1.075/1.375 MHz, 320 Watt), Heatkiller GPU-X³ Core & SW-X 80 DIY, Furmark 1.36 Full HD Burn-In-Test. **Bemerkungen:** Unsere Tests fächern das Testfeld deutlich auf. Alle Pads kühlen dabei besser als das 10 Jahre gealterte EVGA-Pad.

Kelvin ◄ Besser

Reale Paddicke (Nenndicke 1,0 mm)

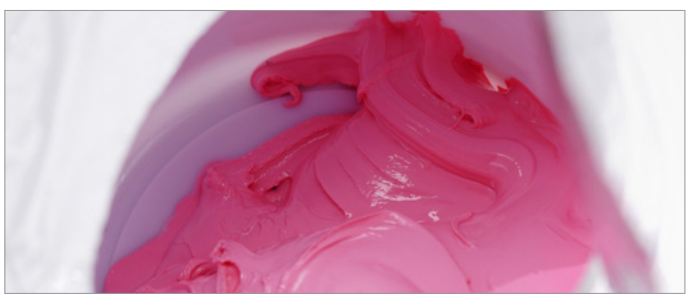


Bemerkungen: Mittels Messschieber ermittelte reale Paddicke ohne Kompression. Prozentuale Abweichung gegenüber dem Sollwert von 1,0 mm. Ein Großteil der Testkandidaten hält die Nenndicke ein, es gibt aber auch deutliche Abweichungen nach oben und unten.

mm; relativ zu Nenndicke 1,0 mm

die Wahl des betagten Testobjektes ist, ermöglicht uns konstante Testbedingungen, da die Abwärme der GPU keinen Einfluss auf die Spannungswandlerkühlung mehr hat. Letzteren Kühlkörper verschrauben wir zudem mit Distanzhülsen, um auch den Abstand für jedes Wärmeleitpad reproduzierbar einzustellen. Rein rechnerisch komprimieren wir die 1,0 mm Pads auf den Wandler-Bauteilen dabei um 0,15 mm auf 0,85 mm und bilden so ein Szenario mit eher wenig Kontaktdruck ab.

Den gesamten Wasserkreislauf regeln wir mittels einer Aquaero-5-LT-Steuerung auf einen Durchfluss von 100 Liter pro Stunde und 35 °C Wassertemperatur im Zulauf zum VRM-Kühler. Unser Messwert ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Mittelwert der Wassertemperaturen am Ein- und Auslass des VRM-Wasserkühlers sowie dem Mittelwert von drei Temperaturmesspunkten auf der Platinen-Rückseite im Bereich der Spannungswandler. Die rückseitigen Temperaturen ermitteln wir mittels optischer Messtechnik in Form eines Lepton-Mikrobolometers. Vor der eigentlichen fünfminütigen Messung heizen wir den Wasserkreislauf für mindestens 20 Minuten beziehungsweise solange auf, bis der Differenzwert im Mittel der letzten 5 Minuten gegenüber dem Mittel der letzten 15 Minuten konstant bleibt. Es ist zu beachten, dass die Rangfolge unter anderen Bedingungen als in unserem Testszenario variieren kann. Insbesondere das Zusammenspiel aus Druck, Pad-Höhe und -Verformbarkeit spielt eine wichtige Rolle. Außerdem bilden unsere Momentaufnahmen nach der Neuinstallation nicht das Alterungsverhalten der Pads ab.



Sieht lecker aus, ist aber alles andere als bekömmlich: Thermal Putty liegt mit pastöser Konsistenz in Dosenform vor. Deshalb unbedingt von Kindern fernhalten.

Die Packungsgrößen im Testfeld reichen von handlichen 120 × 20 mm bis zu großverbrauchertauglichen 290 × 290 mm

Eigenschaftsbeurteilung

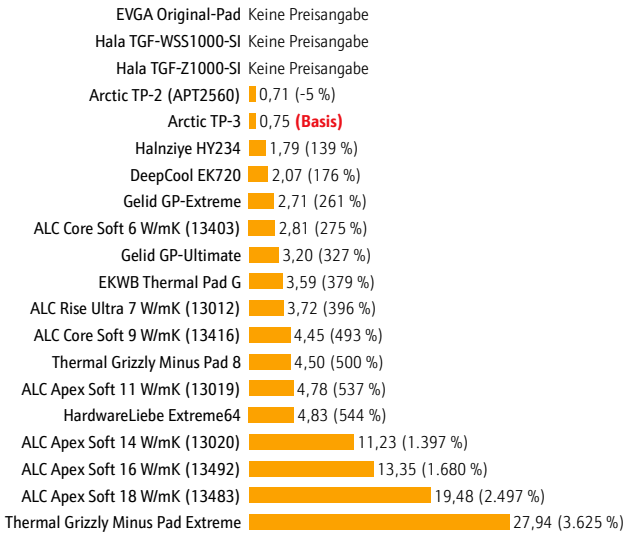
Neben der Analyse der Kühlleistung untersuchen wir auch die Haftung der Pads auf einem eloxierten Aluminiumprüfkörper sowie die Flexibilität bei sehr hohen Verformungen. Hierzu knicken wir Materialproben um 180 Grad und prüfen, ob dabei Risse oder Brüche entstehen. Schließlich beurteilen wir auch die Tendenz zum Verlust von Silikonöl, indem wir die Pads für 24 Stunden auf herkömmliches Papier aufbringen. Die Menge des durch die Saugwirkung in das Papier entzogenen Öls bewerten wir anschließend in einer vergleichenden Durchsicht.

Alphacool Apex Soft 11 W/mK (13019): Enger Geschwisterkampf an der Spitze. Beim Testsieger gibt es mit 1,25 mm anstatt 1,0 mm eine deutliche Dickenabweichung, die jedoch dank der Weichheit des Pads kein Problem darstellt – die hohe angegebene Härte von 72 Shore OO können wir nur bedingt bestätigen. Das überdimensionierte Pad profitiert in unserem Szenario von einem sehr guten Kontakt mit der Auflagefläche und liefert dank seiner hohen Wärmeleitfähigkeit eine erstklassige Performance. Die beachtliche Reduktion von 10 Kelvin im Vergleich zum originalen EVGA-Pad ist für 4,78 Euro beeindruckend. Es ist bedauerlich, dass das Pad dabei nur in einer Dicke erhältlich ist.

Alphacool Apex Soft 14 W/mK (13020): Im direkten Vergleich zu teuer. Dem Testsieger dicht auf den Fersen ist ein fast baugleiches Schwestermodell mit noch höherer Wärmeleitfähigkeit. Die Temperaturdifferenz

Normierter Preisvergleich VRM

Preis für 100 × 15 mm Wärmeleitpad (1 mm)

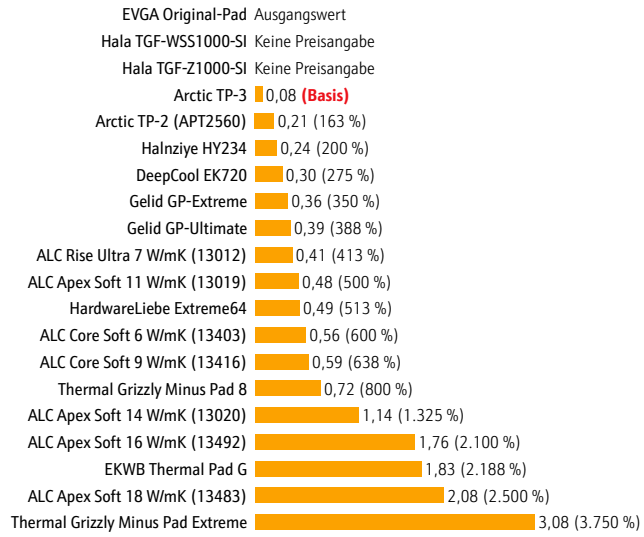


Bemerkungen: Anwendungsbezogener Kostenvergleich am Beispiel VRM EVGA Geforce GTX 780 Ti Classified. Arctics Wärmeleitpads sind der unangefochtene Preistipp. Bei Alphacool und Thermal Grizzly wird es mit den Hochleistungspads gar 14 - 36 mal so teuer.

Euro
◀ Besser

Was kostet 1 Kelvin weniger Temperatur?

Euro-Preis je Kelvin Leistungsvorteil



Bemerkungen: Kosten pro Kelvin besserer Kühlleistung gegenüber EVGA-Standardpad am Beispiel VRM EVGA Geforce GTX 780 Ti Classified. Ein Kelvin niedrigere Temperaturen kosten zwischen günstigen 8 Cent und hochpreisigen 3 Euro.

Euro/Kelvin Temperaturvorteil
◀ Besser

zwischen Hardware und Wasser beträgt sehr gute 16,6 Kelvin. Das 14-W/mK-Pad weicht mit 1,21 mm minimal geringer von der nominellen Dicke ab. Dies könnte das um 0,1 Kelvin schlechtere Abschneiden bei ansonsten vergleichbaren Eigenschaften und nominell höherer Wärmeleitfähigkeit erklären. Leider ist auch hier die Verfügbarkeit auf die 1,0-mm-Variante beschränkt. Es liegt folglich nahe, zum preisgünstigeren, kleineren Bruder zu greifen.

Hardwareliebe Extreme64: Liebliches Konzept zwischen Paste und Pad. Zusammen mit einem Spatel und einem Paar Einmalhandschuhen wird die blaue Knetmasse vom deutschen PC-Verleiher und -Händler Zedup in einem 50-Gramm-Döschen geliefert. Für unsere VRM-Anwendung benötigen wir knapp 7 Gramm, wobei das Prinzip „viel hilft viel" Anwendung finden sollte. Die Applikationskosten liegen damit in vergleichbar attraktiven Bereich wie beim gefälligen Apex Soft 11 W/mK. Obwohl die Wärmeleitfähigkeit laut Spezifikation schlechter ist, entspricht die Kühlleistung dem Spitzenniveau der beiden Apex-Soft-Pads. Dies ist auf den positiven Effekt zurückzuführen, dass die Formmasse auch bei geringstem Applikationsdruck in enge Zwischenräume eindringt und so die Kontaktfläche maximiert.

Alphacool Apex Soft 18 W/mK (13483): Höchste (angegebene) Wärmeleitfähigkeit bietet nicht nur Vorteile. Im subjektiven Drucktest bestätigt sich die Vermutung, dass das nominell leistungsfähigste Pad einen besonders hohen Anteil an Metalloxiden enthält, was zu seiner großen Härte führt. Eine präzise Abstimmung von Paddicke und Kavität ist also entscheidend, da das Pad nur wenig nachgibt. Immerhin liegt die Dicke von 1,06 mm im erwarteten Bereich, alternativ bietet Alphacool die 18 W/mK-Variante in 0,5 mm, 1,0 mm und 1,5 mm an. Im Vergleich zu Modellen mit 11 und 14 W/mK ist die Leistung um 0,5 Kelvin schlechter, mutmaßlich aufgrund geringerer Flexibilität und nomineller Dicke. Die höhere Wärmeleitfähigkeit bietet je nach Anwendung also nicht nur Vorteile und ist zudem preislich unattraktiv (19,48 Euro je VRM-Anwendung).

Arctic TP-3: Hier stimmen nicht nur Preis und Leistung. Arctic verzichtet auf die Angabe von Wärmeleitfähigkeitswerten, positioniert das TP-3 jedoch als leistungsstarkes High-End-Pad. Eine Differenztemperatur von 17,2 Kelvin bestätigt das Versprechen und liegt in Schlagdistanz zu den beiden Spitzenreitern der Apex-Soft-Serie. Das Arctic-Pad ist auch in Bezug auf seine Härte vergleichbar weich, übersteht aber unseren Knicktest ohne einzureißen. Mit nur 75 Cent für die VRM-Anwendung kürt sich das TP-3 zum unangefochtenen Preis-Leistungs-Tipp im Testfeld und ist in drei gängigen Dicken verfügbar (0,5/1,0/1,5 mm).

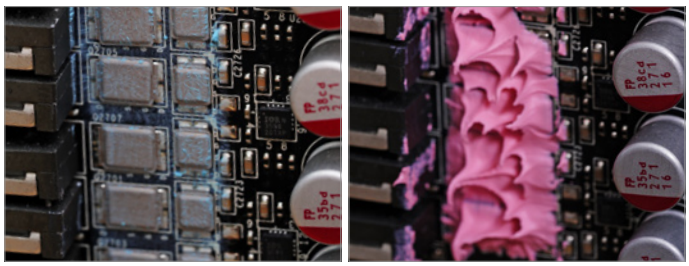
Thermal Grizzly Minus Pad Extreme: Außergewöhnliche Eigenschaften mit extremem Preis. 45 Euro sind keine extrem abschreckende Summe, allerdings befindet sich in der eleganten Thermal-Grizzly-Retail-Verpackung mit Echtheitszertifikat nur ein 120 × 20 mm kleiner Streifen. Rekordverdächtig bleibt der mm²-Preis auch bei der alternativen Verpackungsgröße von 100 × 100 mm zu 150 Euro. Das bräunliche Pad ähnelt eher einer Formmasse und kann durch das Ausüben von Druck in beliebige Formen gebracht werden, wobei im Vergleich zu den weichsten Pads ein größerer Widerstand überwunden werden muss. Den Knicktest besteht das Pad aber ohne Risse, eine Wiederverwendung ist aufgrund des plastischen, bei Demontage brüchigen Verhaltens nicht zu empfehlen. Trotzdem zeigt es gute Verformungseigenschaften und die Kühlleistung ist vergleichbar mit Arctics TP-3.

Alphacool Rise Ultra Soft 7 W/mK (13012): Langlebigkeit im Fokus. Das Rise Ultra enthält laut Hersteller Optimierungen, um Silikonöl-Ausbluten zu minimieren und die Dauerfestigkeit zu verbessern. In unserem Test hinterlässt das Pad tatsächlich kaum Öl auf dem Papier, zeigt jedoch im Vergleich zu anderen Pads auch eine geringfügige Verschlechterung des Haftverhaltens. Dennoch bleibt ein sicherer Halt gewährleistet und das Pad kann ohne Risse verformt werden, was eine Wiederverwendung ermöglicht. Das Rise Ultra Soft ist etwas härter als die erstklassigen Apex-Soft-Pads oder Core-Soft-Varianten. In Bezug auf die Kühlleistung liegt es im vorderen Drittel, ist minimal günstiger als der Testsieger und ist in weiteren Abmessungen (50 × 50 mm) sowie in vier Paddicken bis zu 3,0 mm erhältlich.

Gelid GP-Ultimate: Zeigt zu viel Härte. Mit 15 W/mK hat Gelids Ultimate-Pad die dritthöchste Wärmeleitfähigkeitsangabe im Test. Etwas überraschend reicht es bei der Kühlleistung mit 18,3 Kelvin Temperaturdifferenz nur für einen Platz im Mittelfeld. Zumindest mitverantwortlich dafür dürfte die sehr hohe Härte sein, sowie die Tatsache, dass das Pad mit 0,96 mm etwas unter der nominellen Dicke bleibt. Der Datenblattwert von 15 W/mK erscheint aber letztlich etwas überhöht. Lobenswert ist die große Auswahl an Abmessungen und Di-

cken, wobei das Pad in der großen Kartonverpackung (zu) viel Bewegungsspielraum hat und sich an den Ecken abstoßen kann.

Alphacool Core Soft 9 W/mK (13416): Wird seinem Namen gerecht. Die Core-Soft-Modelle bieten im Drucktest den geringsten Widerstand und sind somit die weichsten Exemplare im Testfeld. Jedoch gehen damit auch Nachteile einher: Im Silikonöltest tritt deutlich Öl aus und die Kühlleistung liegt mit 18,9 Kelvin aufgrund reduzierter Wärmeleitfähigkeit im Mittelfeld. Trotzdem können die Pads eine ideale Lösung sein, wenn man unsicher bezüglich der Dicke ist: Die Weichheit minimiert das Risiko von Platinenverzug. Das besonders weiche Verhalten kostet bei Alphacool allerdings 4,45 Euro für eine VRM-Anwendung, was dem Niveau leistungsstärkerer Modelle entspricht.

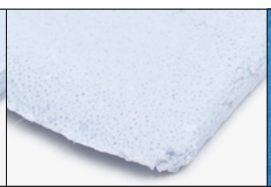


Thermal Putties hinterlassen Rückstände: Hardwareliebe (links) haftet nur leicht auf der Grafikkarte, während die Reinigung von Halnziye HY234 (rechts) ein Graus ist.

Alphacool Apex Soft 16 W/mK (13492): Anderer Eigenschaftsmix reicht nur fürs Mittelfeld. Dass die angegebene Wärmeleitfähigkeit auch innerhalb einer Modellfamilie nicht zwingend Rückschlüsse auf die absolute Leistungsfähigkeit zulässt, zeigt das fünfte Alphacool-Testmuster. Im Gegensatz zu seinen drei Apex-Soft-Geschwistern weist es kaum Silikonöl-Ausbluten auf, was eher dem Verhalten des Rise-Ultra-Soft-Modells entspricht. Die Verbindung aus sehr hohem Härtegrad in Verbindung mit der nahezu exakt eingehaltenen nominellen Paddicke (real 1,05 mm) führt in der Gesamtbetrachtung nur zu einem Ergebnis im Mittelfeld. Der Preis von 13,35 Euro für unsere Wandler-Anwendung fällt hierfür zu hoch aus.

Gelid GP-Extreme: Verblasst im Geschwisterduell. Angegebene 12 W/mK liegen im vorderen Drittel der Testauswahl, aber auch das GP-Extreme wird den hohen Erwartungen mit mittelfeldtauglichen 19,0 Kelvin Differenztemperatur nicht ganz gerecht. Es wirkt wie eine minimal reduzierte Variante des Ultimate-Pads und teilt sich die meisten Eigenschaften. Der einzige signifikante Unterschied ist ein stärkeres Ausbluten von Silikonöl. Die nur minimal geringere, immer noch

Wärmeleitpads



Produkt	Apex Soft 13019	Apex Soft 13020	Thermal Putty Extreme64	Apex Soft 13483
Hersteller	Alphacool	Alphacool	Zed Up / Hardwareliebe	Alphacool
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/2578288	www.pcgh.de/preis/2618012	Keine Listung	www.pcgh.de/preis/4071654488
Preis (getestete Variante)/Preis-Leistung	Ca. € 32,-/gut	Ca. € 75,-/befriedigend	Ca. € 35,-/gut	Ca. € 130,-/mangelhaft
Abmessungen (soll/ist)	100 × 100/100 × 100 mm	100 × 100/100 × 100 mm	Entfällt, da Formmasse (50 g)	100 × 100/100 × 100 mm
Alternative Abmessungen	120 × 20 mm	120 × 20 mm	Entfällt, da Formmasse	120 × 20 mm
Getestete Paddicke (soll/ist)	1,00/1,25 mm	1,00/1,21 mm	Entfällt, da Formmasse	1,00/1,06 mm
Verfügbare Paddicken	1,0 mm	1,0 mm	Entfällt, da Formmasse	0,5/1,0/1,5 mm
Farbton	Pastelblau	Pastelblau	Hellbau	Grauweiß
Betriebstemperatur*	-40 bis 150 °C	-40 bis 150 °C	-40 bis 200 °C	-50 bis ca. 150 °C
Wärmeleitfähigkeit*	11,0 W/mK	14,0 W/mK	6,4 W/mK	17,8 W/mK
Dichte*	3,4 g/cm³	3,2 g/cm³	3,5 g/cm³	3,5 g/cm³
Härte*	72 Shore OO	80 Shore OO	entfällt, da Formmasse	65 Shore OO
Inhaltsstoffe*	Keine Angabe	Keine Angabe	Keramikgefüllte Silikon-Formmasse	33-57% Aluminiumoxid, 22-48% Aluminiumnitrid, 3-11% Bornitrid, 2-5% Silikon
Elektrisch leitfähig	Nein	Nein	Nein	Nein
Gewicht Teststreifen ohne Folie	6,7 g	6,2 g	6,9 g	5,1 g
Folie Vorder-/Rückseite	Glatt/glatt	Glatt/glatt	Entfällt, da Formmasse	Leicht strukturiert/leicht strukturiert
Preis für Applikation VRM	€ 4,78	€ 11,23	€ 4,83	€ 19,48
Subjektive Drucksteifigkeit**	Weich	Weich	Sehr weich	Sehr hart
Anhaftung Vorder-/Rückseite***	Gut/gut	Gut/gut	Gut	Gut/gut
Silikonöl-Ausbluten	Mangelhaft	Ausreichend	Ungenügend	Befriedigend
Knicktest	Bricht durch	Bricht an Oberfläche	Entfällt, da Formmasse	Bricht durch
Wiederverwendbarkeit	Ja	Ja	Nein	Bedingt
Bemerkungen	–	–	Inklusive Spachtel zum Auftragen; leichte Rückstände nach Demontage	Sehr hohe Steifigkeit, wenig Elastizität bei Verformung, bei Demontage brüchig
Differenztemperatur VRM	16,5 K	16,6 K	16,7 K	17,1 K
FAZIT	⊕ Sehr gute Kühlleistung ⊖ Dicker als beworben	⊕ Sehr gute Kühlleistung ⊖ Dicker als beworben	⊕ Flexibilität, Zubehör ⊖ Reinigungsaufwand	⊕ Sehr gute Kühlleistung ⊖ Sehr teuer, hart
	★★★★★	★★★★★	★★★★½	★★★★½

* Hersteller-/Shopangabe ** Durch vergleichenden Druck mit Eindringstift *** Auf eloxiertem Aluminium, Rückseite = ggf. strukturiert

sehr hohe Härte fällt erneut auf, wobei beide Gelid-Pads im Knicktest durchbrechen. Den VRM-Teststreifen hätten wir dennoch ein zweites Mal nutzen können.

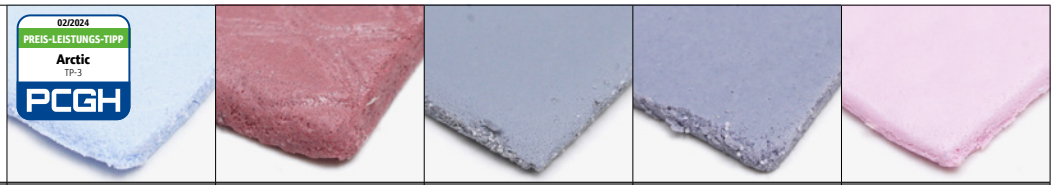
Halnziye HY234: Ein günstigeres Thermal Putty kommt aus Fernost. Das zweite nicht-Pad unseres Tests gibt es in 10- oder 100-Gramm-Dosen mit Auftragsspatel. Die 100-Gramm-Variante ist mit knapp 30 Euro die drittgünstigste Option unseres Tests (1,79 Euro pro Anwendung). Im Vergleich zur leistungsfähigeren Hardwareliebe hat die pinke Formmasse eine etwas niedrigviskosere Konsistenz, was nach Demontage zu starkem Anhaften führt und einen deutlich höheren Reinigungsaufwand verursacht. In puncto Leistung liegt es mit einer Differenztemperatur von 19,1 Kelvin solide im Mittelfeld. Außerdem ist eine Option mit höherer Wärmeleitfähigkeit (HY236) über den Direkthandel aus China verfügbar.

Deepcool EK720: Interessantes Eigenschaftsprofil, aber zu dünn. Das schlichte Pad von Deepcool ist minimal härter als die Apex-Soft-Pads mit 11 und 14 W/mK und gehört damit zu den weicheren Vertretern unter den härteren Pads. Überraschenderweise trat beim Papiertest das meiste Silikonöl aus. Mit einer Kühlleistung von 19,5 Kelvin liegt es im Mittelfeld. Da der Anpressdruck unter seiner geringen Dicke von nur 0,87 mm leidet, kann das Pad vermutlich keinen besseren Platz einnehmen. Von einer Wiederverwendung ist abzuraten, da sich das Pad beim Abziehen verformt und an den Rändern leicht bricht.

Das Thermal Putty lässt sich besonders gut mit einem Einweghandschuh in Form bringen. Dabei lieber zu viel als zu wenig Material mit dem Spatel auftragen.

Hala Contec TGF-WSS1000-SI: Kein Produkt von der Stange. Neben Endverbraucher-Pads stellen sich auch zwei Wärmeleitpads vom Experten für Wärmemanagement-Lösungen dem Test. Beeindruckend ist das umfangreiche Datenblatt, dessen Härte- und Leitfähigkeitsangaben wir in unserem Test bestätigt sehen. Von der Kühlleistung ordnet sich das kryptisch bezeichnete Pad den

Wärmeleitpads



Produkt	TP-3	Minus Pad Extreme	Rise Ultra Soft 13012	GP-Ultimate	Core Soft 13416
Hersteller	Arctic	Thermal Grizzly	Alphacool	Gelid	Alphacool
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/3613218845	www.pcgh.de/preis/2672769	www.pcgh.de/preis/2568282	www.pcgh.de/preis/2915548	www.pcgh.de/preis/2890593
Preis (getestete Variante)/Preis-Leistung	Ca. € 20,-/sehr gut	Ca. € 45,-/mangelhaft	Ca. € 25,-/gut	Ca. € 30,-/gut	Ca. € 30,-/gut
Abmessungen (soll/ist)	2× 200 × 100/2× 200 × 100 mm	120 × 20/120 × 20 mm	100 × 100/100 × 100 mm	120 × 120/120 × 120 mm	100 × 100/100 × 100 mm
Alternative Abmessungen	120 × 20/100 × 100 mm	100 × 100 mm	50 × 50 mm	90 × 50/120 × 20 mm	40 × 40/120 × 20 mm
Getestete Paddicke (soll/ist)	1,00/1,01 mm	1,00/1,07 mm	1,00/1,02 mm	1,00/0,96 mm	1,00/1,02 mm
Verfügbare Paddicken	0,5/1,0/1,5 mm	0,5/1,0/1,5/2,0/3,0 mm	0,5/1,0/2,0/3,0 mm	0,5/1,0/1,5/2,0/3,0 mm	0,5/1,0/1,5/2,0/3,0 mm
Farbton	Hellblau	Altrosa	Dunkelgrau	Dunkelgrau	Rosa
Betriebstemperatur*	-40 bis 150 °C	-100 bis 200 °C	-40 bis 160 °C	keine Angabe	-50 bis ca. 150 °C
Wärmeleitfähigkeit*	keine Angabe	keine Angabe	7,0 W/mK	15,0 W/mK	9,0 W/mK
Dichte*	3,4 g/cm³	3,4 g/cm³	3,3 g/cm³	3,2 g/cm³	3,2 g/cm³
Härte*	55 Shore OO	65 Shore OO	25 Shore OO	60-70 Shore OO	50 Shore OO
Inhaltsstoffe*	Silikonbasiert	Metalloxid gefülltes, modifiziertes Silikon	Keine Angabe	Keine Angabe	15-25 Prozent Silikon, 75-85 Prozent Aluminiumoxid
Elektrisch leitfähig	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Gewicht Teststreifen ohne Folie	5,2 g	5,2 g	5,2 g	5,3 g	4,9 g
Folie Vorder-/Rückseite	Glatt/leicht strukturiert	Glatt/leicht strukturiert	Glatt/glatt	Glatt/glatt	Glatt/leicht strukturiert
Preis für Applikation VRM	€ 0,75	€ 27,94	€ 3,72	€ 3,20	€ 4,45
Subjektive Drucksteifigkeit**	Weich	Hart	Hart	Sehr hart	Sehr weich
Anhaftung Vorder-/Rückseite***	Gut/gut	Sehr gut/sehr gut	Befriedigend/befriedigend	Gut/gut	Gut/gut
Silikonöl-Ausbluten	Ungenügend	Ungenügend	Gut	Befriedigend	Ungenügend
Knicktest	Bestanden	Bestanden	Bestanden	Bricht durch	Bestanden
Wiederverwendbarkeit	Ja	Nein	Ja	Ja	Bedingt
Bemerkungen	–	Gleicht einer Formmasse, keine Elastizität, brüchig bei Demontage	–	–	Längt sich nach Demontage/Abziehen
Differenztemperatur VRM	17,2 K	17,4 K	17,5 K	18,3 K	18,9 K
FAZIT	⊕ Preis pro Anwendung, gute Kühlleistung	⊕ Oberflächenhaftung ⊖ Sehr teuer, brüchig	⊕ Kaum Silikonölaustritt ⊖ Oberflächenhaftung	⊕ Auswahl Abmessungen, Padstärke ⊖ Brüchig	⊕ Auswahl Maße, sehr weich ⊖ Silikonölaustritt
	★★★★½	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆

* Hersteller-/Shopangabe ** Durch vergleichenden Druck mit Eindringstift *** Auf eloxiertem Aluminium, Rückseite = ggf. strukturiert

nominell benannten 5,5 W/mK entsprechend im hinteren Mittelfeld ein. Eine erfolgreiche Wiederverwendung setzt voraus, dass bei der Demontage durch vorsichtiges Vorgehen Brüche vermieden werden.

Thermal Grizzly Minus Pad 8: Vielfältige Mittelklasse. Das zweite Thermal-Grizzly-Pad ist mit 4,50 Euro für unsere Anwendung preislich deutlich attraktiver, schafft es bei den Temperaturen aber nur ins hintere Mittelfeld. Die Handhabung des sehr harten, brüchigen, aber grundsätzlich wiederverwendbaren Minus Pad 8 ist mit den härteren Apex Soft Vertretern vergleichbar. Klarer Pluspunkt ist aber die Verfügbarkeit von drei unterschiedlichen Abmessungen und fünf Dicken zwischen 0,5 und 3,0 mm.

Hala Contec TGF-Z1000-SI: Verkehrte Welt beim zweiten Industrie-Pad. Das zweite Industrie-Pad kann in unserem Testszenario die Wärmeleitfähigkeit von 11 W/mK nicht ausspielen, sondern landet mit 0,8 Kelvin Rückstand sogar deutlich hinter dem nominell leistungsschwächeren Produkt aus gleichem Hause. Dies liegt vermutlich an der vergleichsweise sehr hohen Härte in Verbindung mit einer Pad-Stärke von nur 0,92 mm, was eine schlechtere Anschmiegung im Kontaktbereich zur Folge hat. Für Endkunden ist außerdem der Bezug kleiner Mengen schwierig. Großverbraucher-taugliche 200 × 300 mm finden Sie auf Anfrage bei Hala Contec.

Teilweise weisen die Pads eine (einseitig) strukturierte Oberfläche auf. Hier stellen wir etwas schlechtere Hafteigenschaften als auf der glatten Padseite fest.

Alphacool Core Soft 6 W/mK (13403): Alphacools günstigstes Angebot. Super weich, mit starkem Silikonölaustritt – das Eigenschaftsprofil ist bis auf die graue Farbe identisch mit dem rosa Core Soft 9 W/mK. Allerdings kühlt das Pad aufgrund der herabgesetzten Wärmeleitfähigkeit um rund 2,5 Kelvin schlechter. Hier lohnt sich direkt der Griff zur leistungsstärkeren Variante. Auch wenn der kleine Bruder mit 2,81 Euro für die Spannungswandler das günstigste Angebot von Alphacool darstellt, kommt es preislich bei Weitem nicht in Schlagdistanz zum leistungsfähigeren Preis-Leistungs-Tipp von Arctic.

Wärmeleitpads

Produkt	Apex Soft 13492	GP-Extreme	HY234	EK720	TGF-WSS1000-SI
Hersteller	Alphacool	Gelid	Halnziye	Deepcool	Hala Contec
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/4071654487	www.pcgh.de/preis/3611650071	www.pcgh.de/preis/3927184204	www.pcgh.de/preis/2810075	Keine Listung
Preis (getestete Variante)/Preis-Leistung	Ca. € 89,-/ausreichend	Ca. € 26,-/gut	Ca. €30,-/gut	Ca. € 7,-/sehr gut	Derzeit nicht verfügbar/-
Abmessungen (soll/ist)	100 × 100/100 × 100 mm	120 × 120/120 × 120 mm	Entfällt, da Formmasse (100 g)	100 × 50/100 × 51 mm	100 × 100/100 × 102 mm
Alternative Abmessungen	120 × 20 mm	80 × 40/120 × 20 mm	Entfällt, da Formmasse	120 × 20/120 × 120 mm	100 × 460 mm
Getestete Paddicke (soll/ist)	1,00/1,05 mm	1,00/1,01 mm	Entfällt, da Formmasse	1,00/0,87 mm	1,00/0,96 mm
Verfügbare Paddicken	0,5/1,0/1,5 mm	0,5/1,0/1,5/2,0/2,5/3,0 mm	Entfällt, da Formmasse	1,0/1,5/2,0 mm	0,5/1,0/2,0 mm
Farbton	Dunkelgrau	Hellgrau	Rosa	Hellgrau	Hellgrau
Betriebstemperatur*	-50 bis ca. 150 °C	keine Angabe	-20 bis 150 °C	-40 bis 200 °C	-60 bis 180 °C
Wärmeleitfähigkeit*	16,6 W/mK	12,0 W/mK	>4,0 W/mK	6,0 W/mK	5,5 W/mK
Dichte*	3,6 g/cm³	2,8 g/cm³	3,1g/cm³	3,4 g/cm³	keine Angabe
Härte*	65 Shore OO	35 Shore OO	Entfällt, da Formmasse	Keine Angabe	55 Shore OO
Inhaltsstoffe*	91–96 Prozent Aluminiumoxid, 4-9 Prozent Silikon	Keine Angabe	Keine Angabe	Keine Angabe	Keramikgefülltes Silikon
Elektrisch leitfähig	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Gewicht Teststreifen ohne Folie	5,4 g	4,9 g	6,2 g	4,9 g	4,5 g
Folie Vorder-/Rückseite	Glatt/leicht strukturiert	Glatt/glatt	Entfällt da Formmasse	Glatt/leicht strukturiert	Glatt/glatt
Preis für Applikation VRM	€ 13,35	€ 2,71	€ 1,79	€ 2,07	–
Subjektive Drucksteifigkeit**	Sehr hart	Sehr hart	Sehr weich	Hart	Hart
Anhaftung Vorder-/Rückseite***	Gut/befriedigend	Gut/gut	Sehr gut	Gut/befriedigend	Gut/gut
Silikonöl-Ausbluten	Sehr gut	Mangelhaft	Ungenügend	Ungenügend	Ausreichend
Knicktest	Bricht an Oberfläche	Bricht durch	Entfällt, da Formmasse	Bricht an	Bricht durch
Wiederverwendbarkeit	Ja	Ja	Nein	Bedingt	Bedingt
Bemerkungen	–	–	Inklusive Spachtel zum Auftragen; starke Rückstände nach Demontage	Längt sich und bricht bei Demontage leicht	Geringe Elastizität, leicht brüchig bei Demontage
Differenztemperatur VRM	18,9 K	19,0 K	19,1 K	19,5 K	20,3 K
FAZIT	⊕ Kaum Silikonöl-Ausbluten ⊖ Sehr hart	⊕ Auswahl Abmessungen & Padstärke ⊖ Brüchig	⊕ Flexibilität ⊖ Reinigungsaufwand	⊕ Preislich attraktiv ⊖ Geringe Padstärke	⊕ Großverbrauchergröße ⊖ Brüchig, Bezug
	★★★★☆	★★★½☆	★★★½☆	★★★½☆	★★★☆☆

* Hersteller-/Shopangabe ** Durch vergleichenden Druck mit Eindringstift *** Auf eloxiertem Aluminium, Rückseite = ggf. strukturiert

Arctic TP-2 (APT2560): Interessant für großflächige, aber anspruchslose Anwendungen. Bei unserem zweiten Artctic-Testmuster in der einzigartigen Größe von 290 × 290 mm konnten wir praktisch keinen Silikonöleintrag im Papier feststellen. Damit einher geht eine minimale Verschlechterung der Hafteigenschaften am Bauteil oder Kühlkörper. Im Vergleich zum weichen TP-3 wirkt das Mittelklasse-Modell außerdem sehr hart – den Datenblattwert von 25 Shore OO dürfte unser Testexemplar deutlich überschreiten. Entsprechend fällt die Leistung mit 23,1 Kelvin ins hintere Drittel. Mit 71 Cent ist die Applikation zwar die günstigste im Testfeld, wir würden aber direkt zum leistungsstärkeren, kaum teureren TP-3 raten.

EKWB Wärmeleitpad G: Ehrliches Ersatz-Pad mit einem Alleinstellungsmerkmal. Das Thermal Pad G ist üblicherweise im Standardlieferumfang der Grafikkarten-Fullcover-Wasserkühler von EK Water Blocks zu finden. Das Pad ist angenehm weich und blutet durchschnittlich viel Silikonöl aus. Bei der Montage fällt eine Besonderheit auf: Das Pad ist einseitig nicht haftend. Achten Sie daher auf die richtige Orientierung und der Malus wird zum Vorteil: Gerade bei Passproben verbleiben die Pads sicher und ohne Verrutschen am Kühlkörper. Mit einer ehrlich angegebenen Wärmeleitfähigkeit von nur 3,5 W/mK erhebt das Pad keinen Anspruch auf Spitzenplätze und kühlt nur leicht besser als das alte OEM-Pad von EVGA.

Empfehlungen

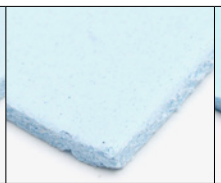
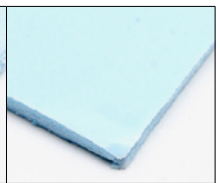
Das Ergebnis ist eindeutig: Wählen Sie möglichst weiche Pads in der passenden Stärke, die dabei auch gern zwei bis drei Zehntel zu groß ausfallen darf. Alphacools Apex-Soft-Pads mit 11 und 14 W/mK erfüllen diese Anforderungen in unserem Testszenario beinahe ideal, sind jedoch nur in einer Paddicke erhältlich. Eine vergleichbar leistungsstarke, in verschiedenen Dicken erhältliche und preislich attraktive Empfehlung stellt das TP-3 von Arctic dar. Noch weicher geht es nur mit Alphacools Core-Soft-Modellen, die allerdings keine Spitzenleistung mehr erreichen. Eine interessante Alternative ist das Hardwareliebe Thermal Putty. Es überzeugt durch seine Leistungsfähigkeit und ist besonders für größere und ungleiche Spalthöhen geeignet. Für erfahrene Bastler bietet sich diese Lösung mit unschlagbarem Vorteil an: Im Gegensatz zum Wärmeleitpad ist nur ein Produkt für nahezu jede Spalt-Situation passend. *(cb)*

Fazit PCGH

Ein breit gefächertes Angebot

Unser Testfeld bietet für jeden Leistungsbedarf eine Option, wobei alle Varianten besser kühlen als die Erstausrüstung. Die Präferenzen ergeben sich letztlich aus der auffallend guten Formflexibilität und dem Preis. Die Thermal-Putty-Materialien hinterlassen einen positiven Eindruck, sind aber anspruchsvoller in Anwendung und Reinigung nach Demontage.

Wärmeleitpads

Produkt	Minus Pad 8	TGF-Z1000-SI	Core Soft 13403	TP-2 (APT2560)	Wärmeleitpad G
Hersteller	Thermal Grizzly	Hala Contec	Alphacool	Arctic	EK Water Blocks
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1279325	Keine Listung	www.pcgh.de/preis/2890713	www.pcgh.de/preis/2264963	www.pcgh.de/preis/1347713
Preis (getestete Variante)/Preis-Leistung	Ca. € 14,-/befriedigend	Derzeit nicht verfügbar/-	Ca. € 19,-/befriedigend	Ca. € 40,-/befriedigend	Ca. € 7,-/ausreichend
Abmessungen (soll/ist)	2× 120 × 20/2× 120 × 20 mm	100 × 100/100 × 102 mm	100 × 100/100 × 100 mm	290 × 290/290 × 289 mm	120 × 24/120 × 24 mm
Alternative Abmessungen	30 × 30/100 × 100 mm	200 × 300 mm	40 × 40/120 × 20 mm	50 × 50/120 × 20/145 × 145 mm	–
Getestete Paddicke (soll/ist)	1,00/1,05 mm	1,00/0,92 mm	1,00/1,02 mm	1,00/1,08 mm	1,00/0,96 mm
Verfügbare Paddicken	0,5/1,0/1,5/2,0/3,0 mm	1,0/1,5/2,0 mm	0,5/1,0/1,5/2,0/3,0 mm	0,5/1,0/1,5 mm	0,5/1,0/1,5/2,0 mm
Farbton	Altrosa	Hellgrau	Eisblau	Eisblau	Eisblau
Betriebstemperatur*	-100 bis 250 °C	-50 bis 150 °C	-50 bis ca. 150 °C	-40 bis 200 °C	-55 bis 200 °C
Wärmeleitfähigkeit*	keine Angabe	11,0 W/mK	6,2 W/mK	6,0 W/mK	3,5 W/mK
Dichte*	3,2 g/cm³	Keine Angabe	3,1 g/cm³	3,2 g/cm³	2,6 g/cm³
Härte*	60 Shore OO	72 Shore OO	50 Shore OO	25 Shore OO	5 Shore A (= 45 Shore OO)
Inhaltsstoffe*	Aluminiumoxid gefülltes Silikon	Keramikgefülltes Silikon	15-25 Prozent Silikon, 75-85 Prozent Aluminiumoxid	Silikonbasiert	Hauptbestandteil Aluminumoxid 85-95 Prozent
Elektrisch leitfähig	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Gewicht Teststreifen ohne Folie	5,0 g	4,7 g	4,5 g	4,6 g	4,5 g
Folie Vorder-/Rückseite	Glatt/leicht strukturiert	Glatt/leicht strukturiert	Glatt/leicht strukturiert	Glatt/glatt	Glatt/glatt
Preis für Applikation VRM	€ 4,50	–	€ 2,81	€ 0,71	€ 3,59
Subjektive Drucksteifigkeit**	Sehr hart	Sehr hart	Sehr weich	Sehr hart	Weich
Anhaftung Vorder-/Rückseite***	Gut/gut	Gut/befriedigend	Gut/gut	Befriedigend/befriedigend	Gut/ungenügend
Silikonöl-Ausbluten	Mangelhaft	Ausreichend	Ungenügend	Sehr gut	Ausreichend
Knicktest	Bestanden	Bricht an Oberfläche	Bestanden	Bricht an Oberfläche	Bestanden
Wiederverwendbarkeit	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Bemerkungen	–	–	–	–	Einseitig nicht haftend
Differenztemperatur VRM	20,3 K	21,1 K	21,5 K	23,1 K	24,5 K
FAZIT	⊕ Auswahl Abmessungen, Padstärke ⊖ Teuer	⊕ Großverbrauchergröße ⊖ Geringe Padstärke	⊕ Auswahl Maße, sehr weich ⊖ Silikonölaustritt	⊕ Großverbrauchergröße ⊖ Kühlleistung	⊕ Kleine Packungsgröße ⊖ Kühlleistung
	★★★☆☆	★★½☆☆	★★½☆☆	★★☆☆☆	★★☆☆☆

* Hersteller-/Shopangabe ** Durch vergleichenden Druck mit Eindringstift *** Auf eloxiertem Aluminium, Rückseite = ggf. strukturiert

! Alle Arbeiten geschehen auf eigene Gefahr.

Inhalt

- Einführung
- Modding-Schritt 1: Wasserkühlung
- Fünf Spiele: Luft vs. Wasser
- Modding-Schritt 2: BIOS-Mod
- Zu Risiken und Nebenwirkungen
- Modding-Schritt 3: Spannungs-Mod
- Fünf Spiele: maximale Power
- Benchmark: 3DMark Time Spy
- Summa summarum

Radeon Extrem-Tuning: Tear down this wall!

Teil 2

Treibt Ihnen die Raytracing-Framerate Tränen in die Augen? Trauern Sie den Zeiten nach, als grüne Top-Karten nur rote Rücklichter zu sehen bekamen? BIOS-Limits sind wie Mauern. Reißen Sie sie ein!

Sechs bis neun Prozent. Das war der Fps-Gewinn bei gleichzeitigem Overclocking und Undervolting im ersten Tuning-Teil dieses Artikels in PCGH 11/2023. Erzielt wurde er im Fünf-Spiele-Benchmark-Parcours mit einer Asus TUF Gaming Radeon RX 7900 XTX OC Edition unter praxisnahen Spielbedingungen im Hochsommer. Tuning in die entgegengesetzte Richtung? Wurde höher honoriert. Den GPU-Spannungs- und Frequenzregler im Treiber nach links gezogen ergab bei zehn Prozent Fps-Verlust ein Drittel geringeren Energiebedarf. Sparen geht also gut mit Navi 31.

Die Gründe für die überschaubare Leistungszunahme beim Übertakten sind bekannt: Die großen Karten sind zwar aufgezogen wie Duracell-Batterie-Häschen, jederzeit bereit zum Loshoppeln mit ihrer immensen Rasterleistung. Eingebremst werden sie aber vom eigenen maximalen Powerlimit, das unverrückbar festgeschrieben ist im Karten-BIOS. Sich davon zu befreien, gelingt auch mit den bis zu 15 Prozent Mehr-Watt nicht, die Navi 31 via Treiber zugestanden werden. Diesen Regler und ein paar weitere in der Adrenalin-Software zu verschieben ist der softwareseitig einzig mögliche Zugriff auf die Leistungsentfaltung, seit AMD seine Treiber so umgeschrieben hat, dass Drittprogramme wie das MorePowerTool ausgeschlossen sind.

Wenn's gut werden muss

Wer mehr will, muss an die Hardware selbst ran. Spoiler: Mit hardwareseitigen Änderungen lassen sich die sechs bis neun Prozent Zuwachs verdoppeln und verdreifachen. Kostenlos rückt die große Karte das aber nicht raus, der Preis an der Steckdose ist exorbitant hoch. Das erfordert zusätzliche Maßnahmen. Welche das sind und wie man die Nebenwirkungen im Griff behält: Davon handelt dieser Praxisartikel. Die hier beschriebenen Umbauten sind von erfahrenen PC-Selbstbauern selbst durchführbar, erforderliche Hardware ist im Handel erhältlich. Dennoch eine klare Ansage: Dies ist ein Bericht für Enthusiasten. Der strapazierte Begriff hat hier seine Berechtigung, denn mindestens Enthusiasmus sollte mitbringen, wer bereit ist, die Kartenplatine vom Originalkühler zu trennen und einen Wasserblock zu montieren, BIOS-Chips mit einer Programmer-Zange zu bearbeiten und Kabel an die Zugangspunkte der Karten-Controller zu löten.

Lernen auf die harte Tour

Was bei solchen Aktivitäten alles schiefgehen kann: Auch das wird nicht ausgespart, schmerzhafte Eigenerfahrung inklusive. Eine kurze Vorschau: Drei größere hardwareseitige Änderungen zum Tuning-Teil 1 des Artikels gab es. Zuerst war nach Defekt ein Mainboard-Tausch erforderlich, ein neues Exemplar des MSI MPG Z790 Edge wurde eingebaut. Später wurde das Netzteil Corsair HX1200 ATX 2.4 gegen das ATX-3.0-Modell HX1500i desselben Herstellers getauscht. Diesmal gab es keinen Defekt, sondern die Notwendigkeit einer Aufrüstung; Hintergründe erfahren Sie im Kapitel „Benchmark: 3DMark Time Spy". Schließlich, und diese Änderung war weder geplant noch willkommen, musste die Protagonistin selbst ersetzt werden: Die ursprüngliche Asus 7900 XTX erlitt einen Schaden am Grafikprozessor, ein gleichartiges Gerät nahm ihren Platz ein. Details zur Reparatur-Odyssee, ihrem tragischen Ende

und einem Licht am Ende des Tunnels lesen Sie im Kapitel „Zu Risiken und Nebenwirkungen". Damit nicht genug, überstand selbst die XTX-Nachfolgerin ihren Umbau auf Wasser nicht völlig unbeschadet; auch davon wird berichtet werden. Dass dieser Artikel mit zwei Heftausgaben Verspätung zur ursprünglichen Planung kommt – dies waren die Gründe. Letztlich konnten alle Tests aber wie geplant durchgeführt und die Ergebnisse sauber dokumentiert werden. Und Sie, lieber Leser, haben das Ticket gelöst für einen Logenplatz mit bestem Blick auf die Show.

Vor der Power kommt die Kühlung

Zuerst muss das größte Hindernis für die volle Leistungsentfaltung des Navi-31-Grafikprozessors beseitigt werden – sein Powerlimit. Dann kann ernsthaftes Übertakten stattfinden. Zunutze machen wir uns den Umstand, dass die BIOS-Limits aller RX 7900 XTX zwar fixiert sind, aber nicht bei allen Boardpartner-Modellen auf das gleiche Niveau. Bevor die Suche nach der wattstärksten Firmware beginnt, muss allerdings eine andere Limitierung beseitigt werden – die thermische. Mehrleistung erzeugt Mehrwärme. Serien-Luftkühler von Gaming-Grafikkarten sind darauf ausgelegt, die werksseitig vorgesehene Wärmeleistung abzuführen, nicht aber die doppelte Menge. Ja, richtig gelesen: In solche Watt-Regionen werden wir vorstoßen.

Was bedeutet das für die Kartentemperaturen? Die Asus-XTX lässt einen Hotspot von 110 °C zu. In diesem Zustand drosselt der Treiber die maximalen Megahertz massiv, um zu verhindern, dass die GPU noch heißer wird. Eine leichte Taktreduzierung setzt bereits früher ein. Für unsere geplante Fps-Jagd können wir eine temperaturlimitierte, taktdrosselnde Grafikkarte nicht gebrauchen – die Temperaturen müssen runter. Das schafft eine Wasserkühlung, genauer: ein Custom Wasserblock auf der Platine (PCB) der Karte, eingebunden in einen modularen Wasserkreislauf. Vorab verraten sei: Bei der Asus-XTX wird dies die Hotspot-Temperatur auf dem Grafikprozessor bei starker Übertaktung von den bis zu 98 °C aus den Luftkühler-Spieletests auf höchstens 63 °C senken, also um satte 35 Kelvin. Diese thermische Reserve zu schaffen, ist das Ziel. Denn wenn später erst mehr Power und dann mehr Spannung (und somit noch mehr Power) auf die Karte gegeben wird, treibt das die Temperaturen wieder hoch. Im Umkehrschluss bedeutet das: Mit serienmäßigem Luftkühler sollte die Erwartungshaltung an steigende Framerates durch ein stärkeres BIOS gering sein. Die Mehrleistung wird recht schnell durch das Temperaturlimit begrenzt, treiberseitige Taktdrosselung in diesem Zustand tut das Übrige.

An dieser Stelle mag ein Teil der Leserschaft sich wieder verabschieden von aufkeimenden Modding-Gedanken. Denn der Schritt von einer Luftkühlung zum modularen Wasserkreislauf im Gaming-Rechner ist keiner, der im Vorübergehen erledigt wird. Wer hingegen bereits einen Custom Loop betreibt, im Idealfall nicht nur intern, sondern extern per Großradiator vom Kaliber eines Watercool Mo-Ra oder Alphacool Supernova gekühlt, sollte temperaturseitig gerüstet sein für die Schandtaten, die hier vorgeschlagen werden. An alle anderen: Bleiben Sie bitte dabei! Spannend zu lesen sein wird der Bericht hoffentlich auch für Sie.

Testsystem

Mainboard	MSI MPG Z790 Edge Wifi DDR4
RAM	2× 16 GiB G.Skill Trident Z Neo DDR4-4200 CL16-16-16-28, Gear 1
RAM-Kühler	EK Water Blocks EK-RAM Monarch X4
Prozessor	Intel Core i5-13600K @ 5.600/4.200 MHz P-/E-Cores (= Gaming-Modus)
CPU-Kühler	Aqua Computer cuplex kryos next
Grafikkarte	Asus TUF Gaming Radeon RX 7900 XTX OC Edition
GPU-Kühler	Bykski A-AS7900XTX-X GPU Block
AGB/Pumpen	EK Water Blocks XRES 140 AGB inklusive D5-Pumpe, 2× Aqua Computer D5-Pumpe
Radiatoren	Extern: Watercool Mo-Ra 420 LT, 2× intern: Magicool 360 Slim
Netzteil	Corsair HX1500i
Monitor	Samsung C49RG9 DQHD (5.120 × 1.440)

Modding-Schritt 1: Wasserkühlung

Wasserblock

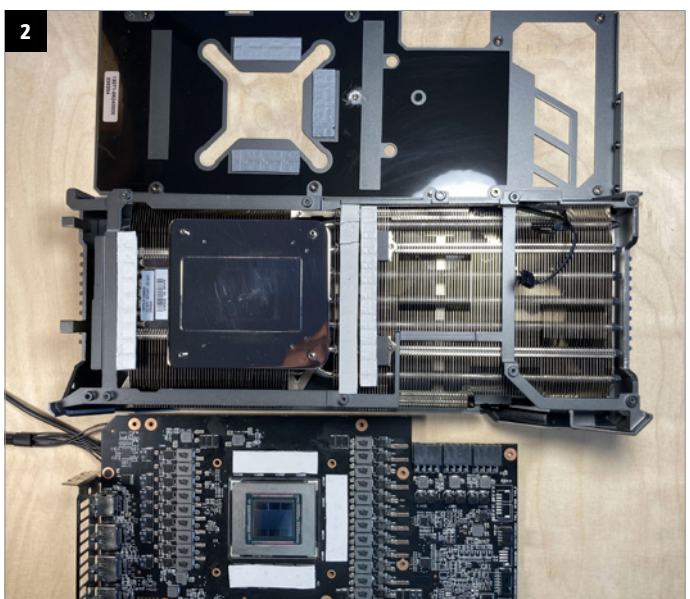
Jedes Kühlermodell wird produktionsseitig zehntelmillimetergenau auf die zu kühlenden Komponenten der Platine eines ganz bestimmten

Umbau zur wassergekühlten Grafikkarte

1

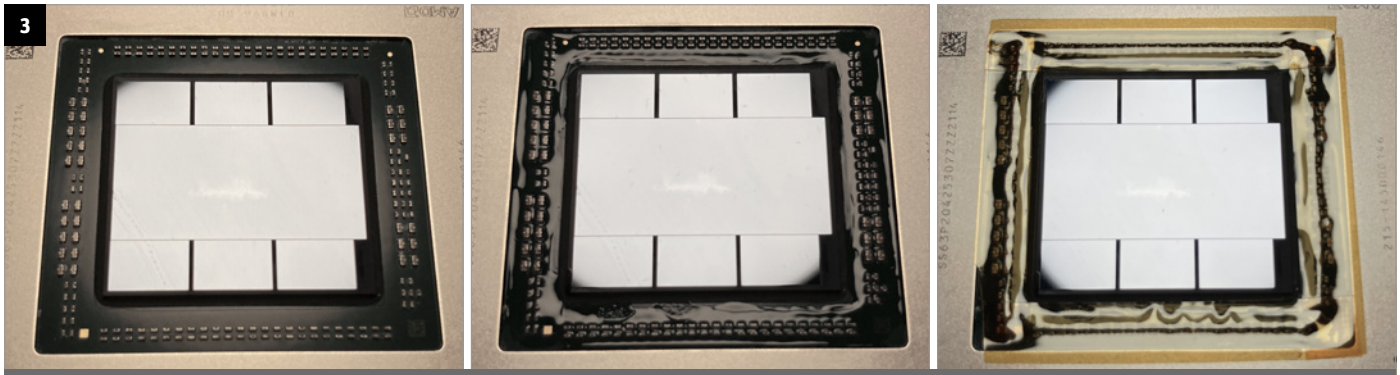
Demontage der Asus TUF Gaming Radeon RX 7900 XTX OC: Alle Schrauben auf der Backplate-Seite werden entfernt. Lüfter- und RGB-Stecker nicht vergessen!

2



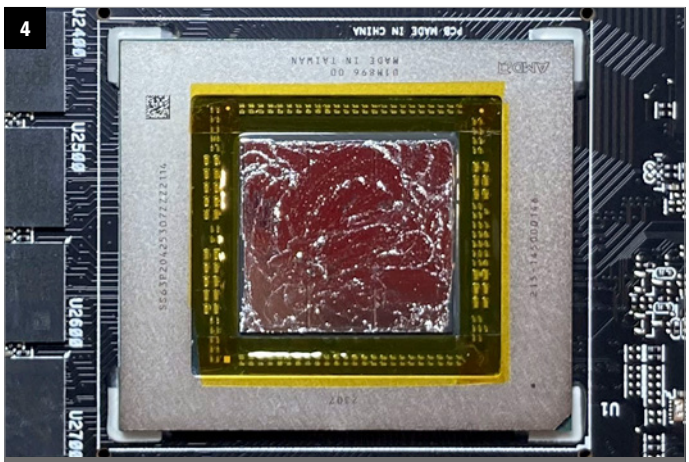
Backplate, Kühler und Platine. Nach den Resten der Wärmeleitpaste müssen noch die originalen Wärmeleitpads herunter – sie passen nicht zum Wasserblock.

3



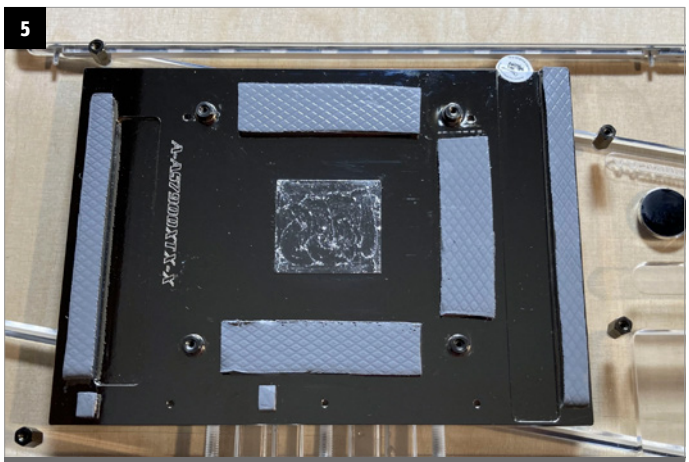
Flüssigmetall-Vorbereitung: Die kleinen SMDs rund um das Chiplet müssen geschützt werden vor der elektrischen Leitähigkeit des Liquid Metal, falls dieses seinen Wirkungsort bestimmungswidrig verlässt. Es gibt verschiedene Schutz-Methoden; gewählt wurden farbloser Nagellack-Finisher und Kapton-Band.

4



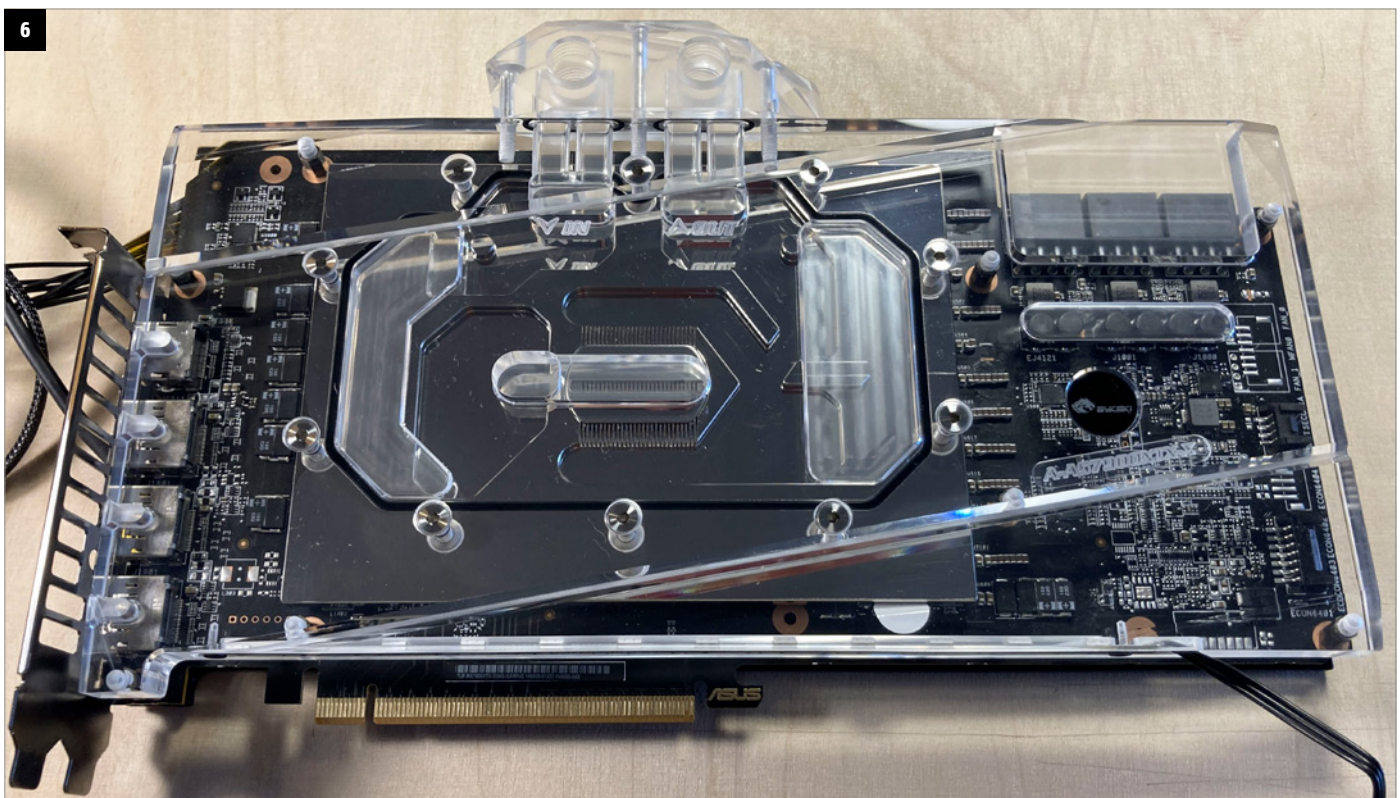
Ein winziger Tropfen Flüssigmetall wird vorsichtig, aber gründlich auf die Chip-Oberfläche einmassiert. Sie muss vollständig bedeckt sein.

5

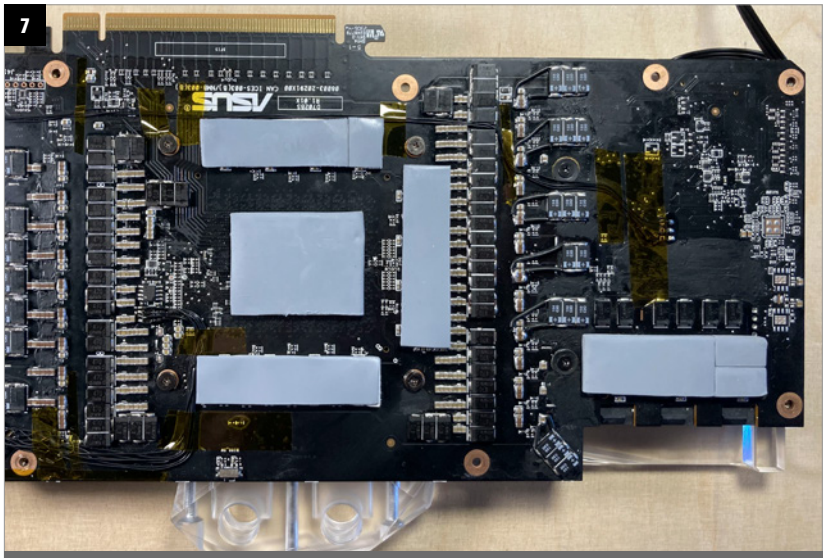


Auf der Kühlerseite geschieht das Gleiche. Der Block erhält außerdem Wärmeleitpads an den vom Kühlerhersteller vorgegebenen Stellen.

6



Die Asus 7900 XTX TUF von unten nach dem Aufsetzen des durchgängig aus Acryl gefertigten Bykski-Wasserblocks. Dessen zentrales Element, die Kühlplatte aus vernickeltem Kupfer, ist exakt ausgefräst für den festgelegten Weg des Kühlwassers durch die Kanäle und die feinen Finnen, wo der Prozessor sitzt.



Backplate-Seite des PCB mit individuell zugeschnitenen und platzierten Wärmeleitpads. Zu erkennen ist das umfangreiche „Caps-Modding" in Form aufgelöteter Zusatz-Kondensatoren.

Die Backplate-Schrauben halten die Komponenten zusammen. Der Wireview passt nur ohne sein Gehäuse in den Ausschnitt.

Kartenmodells abgestimmt. Kompatibilität zwischen Kühlblöcken für verschiedene PCBs der Boardpartner-Karten ist in der Regel nicht gegeben; beim Kühlerkauf muss daher auf die exakte Grafikkarten-Bezeichnung geachtet werden. Was die Auswahl einschränkt: Kein Hersteller bietet einen Block für jedes Kartenmodell an; für die 7900 XTX von Asus sind GPU-Kühler von zwei Herstellern im Angebot. Ausgewählt wird ein chinesischer Bykski-Block, in Deutschland online vertrieben von EZ Modding. Alternativ zur Verfügung stand ein Kühler des slowenischen Anbieters EK Water Blocks (EKWB). Weitere bekannte Anbieter von Wasserkühlern für Gaming-Grafikkarten der Radeon-7000-Serie sind Alphacool, Bitspower und Corsair.

Flüssigmetall

Den Wärmedurchgangswiderstand zwischen Prozessor und Kühler verringert serienmäßig Wärmeleitpaste. Zugunsten besserer Wärmeleitfähigkeit wird diese entfernt und das GPU-Chiplet der Testkarte mit Flüssigmetall der Marke Conductonaut des Berliner Anbieters Thermal Grizzly bestrichen. Liquid Metal ist im Gegensatz zu Paste elektrisch leitend. Deshalb müssen Vorkehrungen zum Schutz der kleinen SMDs (Surface Mount Devices) rund um den Grafikprozessor getroffen werden, denn ein Kurzschluss durch Flüssigmetall dort oder auf der Leiterplatte würde fatale Folgen haben. Damit es seinen Bestimmungsort nicht verlässt, darf nur eine sehr geringe Menge LM auf den Chip und die gegenüberliegende Fläche auf den Kühler aufgetragen, besser gesagt, einmassiert werden. Youtube-Videos helfen dem Erstanwender, die richtige Tropfengröße aus der Spritze zu lassen und den mitgelieferten Applikator so einzusetzen, dass jeder Quadratmillimeter des Prozessors bedeckt wird, aber kein „See" auf der Oberfläche entsteht. Präzises Arbeiten ist überlebenswichtig für die Grafikkarte.

Wärmeleitpads (GPU-Seite)

Jeder Wasserblock wird mit Wärmeleitpads geliefert. Sie stellen auf der Vorderseite der Platine die Verbindung zwischen Kühler und Speicherchips (VRAM) sowie den Spannungswandlern (VRMs) her. Im Fall des Bykski-Blocks müssen die mitgelieferten Pads vom Anwender passend zugeschnitten werden. Ihre Wärmeleitfähigkeit wird mit 6 W/mk angeben. Das mag für den Standardbetrieb ausreichend sein. Die erwartete hohe Leistungsaufnahme der Testkarte wird aber auch an die VRAM- und VRM-Kühlung besondere Anforderungen stellen; die mitgelieferten Pads sollen daher nicht zum Einsatz kommen. Die Suche nach Alternativen gestaltet sich herausfordernd, denn die Bykski-Pads haben eine unübliche Stärke von 1,2 mm. Verwendet werden schließlich Wärmeleitpads der Marke Fehonda mit angegebenen 15 W/mk Wärmeleitfähigkeit, importiert und vertrieben von GPU Fix, dem Webshop des in Bayern ansässigen Elektronik-Reparaturbetriebs KrisFix. Diese sind 1,25 mm dick. Da sie einen weicheren Eindruck als die Original-Pads machen, wird das Risko gering eingeschätzt, durch die zu hohe Materialdicke Kontakt zwischen den Komponenten einzubüßen. Die Erwartung bestätigt sich, der niedrigere Shore-Wert des Materials erlaubt höhere Komprimierung. In der Folge sind die Kartentemperaturen einwandfrei.

Wärmeleitpads (Backplate-Seite)

Für die PCB-Rückseite sieht Bykski keine Wärmeleitpads zur Verbindung der Rückseiten hitzeführender Komponenten wie GPU und VRAM mit der mitgelieferten Backplate vor. Dieser Verzicht ist unüblich bei Grafikkartenkühlern. Ein Modding erfolgt daher auch hier, mit einer Kombination verschiedener 7 W/mk-Alphacool-Pads in der Weichheit Ultrasoft, die auf eine Dicke von 3,5 mm geschichtet werden. Durch den direkten Kontakt wird bessere Wärmeleitung erreicht als per Übertragung durch die unbewegte, sich erhitzende Luftschicht zwischen Platine und Backplate. Auf die Belegung der VRM-Flächen wird zunächst verzichtet. Da bei sorgfältiger Abstimmung der unterschiedlichen Pad-Stärken aber nichts gegen eine solche Maßnahme spricht, wird sie womöglich in einer späteren Ausbaustufe der Testkarte nachgeholt. Was dieser ebenfalls gut stehen würde: ein Wasserkühler auf der Backplate, wie ihn Modding-Fans und Benchmark-Extremisten montieren, improvisiert meist mit einen zweckentfremdeten CPU- oder RAM-Kühler. Er senkt die GPU- und VRAM-Temperaturen zusätzlich. Als Nebeneffekt erwärmt die Rückenplatte des Wasserblocks das PC-Gehäuseinnere weniger stark, weil ein weiterer Teil der Wärmeenergie mit der Kühlflüssigkeit zum externen Radiator transportiert werden kann, der sie über seine Lamellen und die darauf befestigten Lüfter an den umgebenden Raum abgibt.

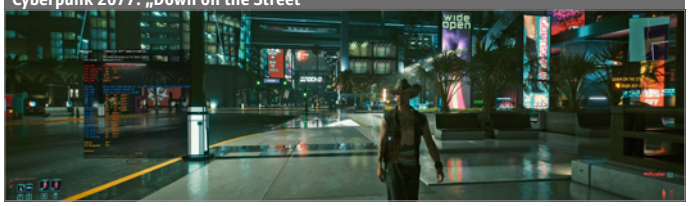
Fünf Spiele: Luft vs. Wasser

Um die Ergebnisse zum Tuning-Teil 1 des Artikels vergleichbar zu machen, bleibt nach dem Umbau der 7900 XTX auf Wasser die AMD Software: Adrenalin Edition in Version 23.8.1 genauso installiert wie der Windows-11-Build mit der Bezeichnung 22H2 22621. Aus demselben Grund fand auch kein Update der Spielversionen statt. So werden die Frames weiterhin gemessen mit Cyberpunk 2077 Version 1.63, A Plague Tale Requiem 1.6.0.0, Dying Light 2 1.12.1c, The Witcher 3 Version 4.04 und Control 01.13. Die Benchmark-Szenen sind ebenso die gleichen geblieben wie die Ingame-Grafik-Settings. Alle Informationen finden Sie wie gewohnt unterhalb der Balkengrafiken bei „System".

Nach der Wasserblock-Montage erfolgen die 1:1-Vergleiche mit der

ursprünglichen Luftkühlung in den vier bekannten Ausprägungen Max-Overclocking – Werkseinstellung (Basis) – Undervolting gemischt – Max-Undervolting. Zum Zeitpunkt der Tests in der zweiten Septemberhälfte 2023 ist immer noch Sommer und die Raumtemperatur fast so hoch wie einen Monat zuvor während der Luftkarten-Benchmarks mit den damaligen 26 bis 30 °C. Die Grafikkartenlüfter waren dabei auf Treiber-Standard eingestellt gewesen. Der Wasserkühlung soll kein zusätzlicher Vorteil eingeräumt werden; deshalb wird nun ebenfalls mit Standardkurven für Lüfter, Radiatoren und Wasserpumpen getestet. Im leistungsstarken Custom Loop des Testsystems entspricht das einem Silent-Betrieb. Die Kühlflüssigkeit hält eine Temperatur zwischen 29 und 33 °C, die Drehzahlen der Gehäuse- und Radiatorlüfter bleiben warmgespielt im mittleren dreistelligen Bereich, und die Pumpen drücken das Wasser mit moderaten 65 bis 95 Liter pro Stunde durch den Kreislauf.

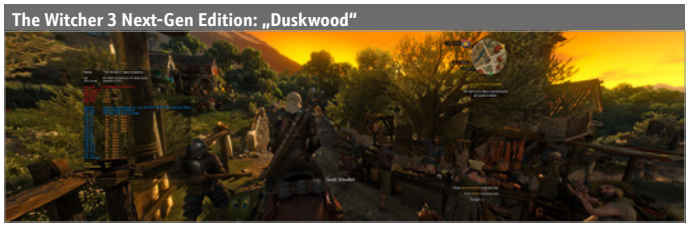
Cyberpunk 2077: „Down on the Street"



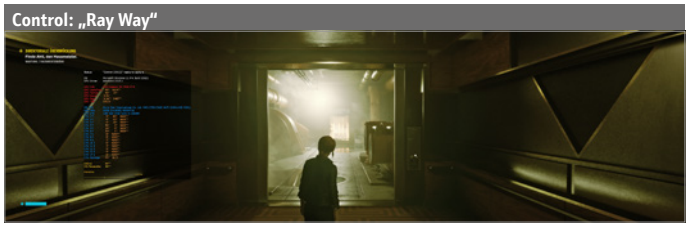
A Plague Tale Requiem: „Docks"

Dying Light 2: „Walk in the Park"

The Witcher 3 Next-Gen Edition: „Duskwood"



Control: „Ray Way"

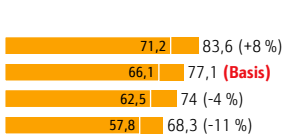


In den Wasserkühlung-Tests fällt zunächst auf, dass die Undervolting-Fähigkeit der GPU sich stabilisiert – in keinem Spieletitel treten bei 1.075 mV Treiberspannung Stabilitätsprobleme auf. Was zeigt die Sensorauswertung von CapframeX? Natürlich tiefere Celsiusgrade aller Komponenten – der Temperatursturz des Hotspots um durchschnittlich fast 35 °C wurde bereits erwähnt und ist in den Tabellen neben den Balkengrafiken ausgewiesen. Sinkt auch die Leistungsaufnahme? Kommt darauf an, wie man es betrachtet. In absoluten Zahlen tut sich wenig: Hart im Powerlimit des Werks- und OC-Settings zeigt sich naturgemäß kein Unterschied. Aber auch in den beiden undervolteten Treibereinstellungen beträgt der durchschnittliche Minderverbrauch mit Wasserblock nirgends mehr als sechs Watt, ist also fast vernachlässigbar. Wird allerdings der Average-Takt der GPU einbezogen, wandelt sich das Bild. Denn die Frequenz steigt – wie immer im Gleichschritt mit der GFX-Spannung – durch die geringeren Temperaturen um bis zu 30 MHz in den sparsamen Undervolting-Settings. Sogar um 60 bis 100 MHz höher taktet der Grafikprozessor in der Werkseinstellung und dem Max-OC-Setting. Dort, wo es sich lohnen würde, schlägt die Mehrfrequenz aber nicht proportional auf die Framerate durch, weil – Sie ahnen es – die Powerlimitierung von 375 respektive 431 Watt das verhindert. Auch wassergekühlt tritt die XTX auf Gas und Bremse zugleich und bringt nicht alle PS auf die Straße. Kaum mehr als zwei Prozent Fps-Gewinn zur Luftkühlung sind bei identischen Treibereinstellungen drin.

Lohnt sich der Aufwand einer Wasserkühlung für Navi 31 dann überhaupt? Wenn als Ziel der Übung massiver Fps-Gewinn ausgegeben wurde, eher nicht – den Powerlimits sei Dank. Die zwei Prozent sind aber nicht das Ende der Fahnenstange. Denn addiert werden darf die bessere Übertaktungsfähigkeit „unter Wasser". Deutlich wird das in den „Maximale-Power"-Balkengrafiken, wo die Chips zeigen dürfen, was sie können. Dort sieht man, dass allein durch die bessere Kühlung bis zu 50 MHz mehr bei der GPU und 25 MHz beim Speicher problemlos möglich sind. Maximale Übertaktung steigert die Framerate von Luft zu Wasser somit um knapp drei Prozent im Mittel der fünf Spieletitel, mit dem gleichen Energiebedarf wie bei Luftkühlung. Der überzeugte Wakü-Fan kennt natürlich weitere Argumente zur Rechtfertigung seines Hobbys: lebensverlängernd niedrige Systemtemperaturen, eine oft attraktiv-aufgeräumte Gehäuse-Innenoptik, Befriedigung des Basteltriebs, vor allem aber nervenschonende Ruhe auf dem Spielplatz

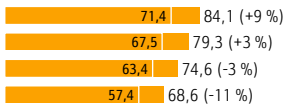
Luft- vs. Wasserkühlung: Die besten Settings unserer 7900 XTX in Cyberpunk 2077

Cyberpunk 2077 „Down on the Street", Luftkühlung



Ø TBP	Ø GPU Takt/Spann.	max. HS Temp	Watt/Fps
431 W (+15 %)	2.943 MHz/964 mV	95 °C	5,16
375 W (Basis)	2.701 MHz/939 mV	88 °C	4,86
282 W (-25 %)	2.492 MHz/780 mV	73 °C	3,81
242 W (-35 %)	2.250 MHz/727 mV	70 °C	3,54

Cyberpunk 2077 „Down on the Street", Wasserkühlung



Ø TBP	Ø GPU Takt/Spann.	max. HS Temp	Watt/Fps
431 W (+15 %)	3.026 MHz/999 mV	61°C	5,13
375 W (+/-0 %)	2.796 MHz/969 mV	56°C	4,73
279 W (-26 %)	2.510 MHz/802 mV	51°C	3,74
240 W (-36 %)	2.259 MHz/753 mV	49°C	3,50

System: Adrenalin 23.8.1, DQHD 5.120 × 1.440, Benchmark-Szene „Down on the Street", Voreinstellung Raytracing niedrig, FSR Quality, ASUS TUF Gaming Radeon RX 7900 XTX OC, MSI MPG Z790 Edge Wifi, Intel Core i5-13600K @5.600/4.200 MHz, 2× 16 GiB G.Skill DDR4-4200 CL 16 **Abkürzungen:** ST = Standard Timings; FT = Fast Timings; PL = Powerlimit; HS = Hotspot

P1 Ø Fps
▶ Besser

Luft- vs. Wasserkühlung: Die besten Settings unserer 7900 XTX in A Plague Tale Requiem

A Plague Tale Requiem „Docks", Luftkühlung

		Ø TBP	Ø GPU Takt/Spann.	max. HS Temp	Watt/Fps
GPU 3.300 MHz/1.075 mV, VRAM 2.750 MHz FT, PL 115 %	66,7 / 85 (+7 %)	431 W (+15 %)	2.838 MHz/938 mV	97 °C	5,07
GPU 3.000 MHz/1.150 mV, VRAM 2.500 MHz ST, PL 100 %	61,7 / 79,6 **(Basis)**	375 W (Basis)	2.611 MHz/913 mV	87 °C	4,71
GPU 2.500 MHz/1.075 mV, VRAM 2.650 MHz FT, kein PL	60,4 / 77,6 (-3 %)	297 W (-21 %)	2.476 MHz/776 mV	74 °C	3,83
GPU 2.250 MHz/1.000 mV, VRAM 2.500 MHz ST, kein PL	54,9 / 71,2 (-11 %)	256 W (-28 %)	2.232 MHz/725 mV	75 °C	3,60

A Plague Tale Requiem „Docks", Wasserkühlung

		Ø TBP	Ø GPU Takt/Spann.	max. HS Temp	Watt/Fps
GPU 3.300 MHz/1.075 mV, VRAM 2.750 MHz FT, PL 115 %	63,4 / 86,4 (+9 %)	431 W (+15 %)	2.904MHz/970 mV	62 °C	4,99
GPU 3.000 MHz/1.150 mV, VRAM 2.500 MHz ST, PL 100 %	58,5 / 81 (+2 %)	375 W (+/-0 %)	2.676 MHz/937 mV	57 °C	4,63
GPU 2.500 MHz/1.075 mV, VRAM 2.650 MHz FT, kein PL	58 / 78,6 (-1 %)	296 W (-21 %)	2.487 MHz/805 mV	52 °C	3,77
GPU 2.250 MHz/1.000 mV, VRAM 2.500 MHz ST, kein PL	51,8 / 72,3 (-9 %)	251 W (-33 %)	2.242 MHz/751 mV	50 °C	3,47

System: Adrenalin 23.8.1, DQHD 5.120 × 1.440, Benchmark-Szene „Docks", Voreinstellung Hoch, Raytracing, FSR Performance, Asus TUF Gaming Radeon RX 7900 XTX OC, Intel Core i5-13600K @5.600/4.200 MHz, MSI MPG Z790 Edge Wifi, 2× 16 GiB G.Skill DDR4-4200 CL16 **Abkürzungen:** ST = Standard Timings; FT = Fast Timings; PL = Powerlimit; HS = Hotspot

P1 **Ø Fps** ▶ Besser

Luft- vs. Wasserkühlung: Die besten Settings unserer 7900 XTX in Dying Light 2

Dying Light 2 „Walk in the Park", Luftkühlung

		Ø TBP	Ø GPU Takt/Spann.	max. HS Temp	Watt/Fps
GPU 3.300 MHz/1.090 mV, VRAM 2.750 MHz FT, PL 115 %	91,9 / 105,5 (+8 %)	431 W (+15 %)	2.892 MHz/960 mV	94 °C	4,08
GPU 3.000 MHz/1.150 mV, VRAM 2.500 MHz ST, PL 100 %	84,6 / 98 **(Basis)**	375 W (Basis)	2.672 MHz/932 mV	87 °C	3,83
GPU 2.500 MHz/1.075 mV, VRAM 2.650 MHz FT, kein PL	80,8 / 94,3 (-4 %)	282 W (-25 %)	2.474 MHz/778 mV	74 °C	2,99
GPU 2.250 MHz/1.000 mV, VRAM 2.500 MHz ST, kein PL	73,6 / 86,1 (-12 %)	244 W (-35 %)	2.232 MHz/725 mV	74 °C	2,83

Dying Light 2 „Walk in the Park", Wasserkühlung

		Ø TBP	Ø GPU Takt/Spann.	max. HS Temp	Watt/Fps
GPU 3.300 MHz/1.075 mV, VRAM 2.750 MHz FT, PL 115 %	93,6 / 106,9 (+9 %)	431 W (+15 %)	2.973MHz/987 mV	61 °C	4,03
GPU 3.000 MHz/1.150 mV, VRAM 2.500 MHz ST, PL 100 %	86,3 / 100,1 (+2 %)	375 W (+/-0 %)	2.743 MHz/951 mV	56 °C	3,75
GPU 2.500 MHz/1.075 mV, VRAM 2.650 MHz FT, kein Limit	80,9 / 94,3 (-4 %)	283 W (-25 %)	2.505 MHz/802 mV	50 °C	3,00
GPU 2.250 MHz/1.000 mV, VRAM 2.500 MHz ST, kein Limit	72,9 / 86,6 (-12 %)	242 W (-36 %)	2.253 MHz/753 mV	48 °C	2,80

System: Adrenalin 23.8.1, DQHD 5.120 × 1.440, Benchmark-Szene „Walk in the Park", Voreinstellung Raytracing, FSR Quality, Asus TUF Gaming Radeon RX 7900 XTX OC, Intel Core i5-13600K @5.600/4.200 MHz, MSI MPG Z790 Edge Wifi, 2× 16 GiB G.Skill DDR4-4200 CL16 **Abkürzungen:** ST = Standard Timings; FT = Fast Timings; PL = Powerlimit; HS = Hotspot

P1 **Ø Fps** ▶ Besser

Luft- vs. Wasserkühlung: Die besten Settings unserer 7900 XTX in The Witcher 3

The Witcher 3 „Duskwood", Luftkühlung

		Ø TBP	Ø GPU Takt/Spann.	max. HS Temp	Watt/Fps
GPU 3.300 MHz/1.085 mV, VRAM 2.750 MHz FT, PL 115 %	71,6 / 83,8 (+6 %)	431 W (+15 %)	2.852 MHz/941 mV	95 °C	5,14
GPU 3.000 MHz/1.150 mV, VRAM 2.500 MHz ST, PL 100 %	66,7 / 79,2 **(Basis)**	375 W (Basis)	2.608 MHz/912 mV	86 °C	4,74
GPU 2.500 MHz/1.085 mV, VRAM 2.650 MHz FT, kein Limit	66,5 / 78,1 (-1 %)	306 W (-18 %)	2.464 MHz/789 mV	74 °C	3,92
GPU 2.250 MHz/1.000 mV, VRAM 2.500 MHz ST, kein Limit	61,8 / 72,8 (-8 %)	257 W (-31 %)	2.242 MHz/726 mV	68 °C	3,53

The Witcher 3 „Duskwood", Wasserkühlung

		Ø TBP	Ø GPU Takt/Spann.	max. HS Temp	Watt/Fps
GPU 3.300 MHz/1.075 mV, VRAM 2.750 MHz FT, PL 115 %	72,9 / 86,4 (+9 %)	431 W (+15 %)	2.932MHz/971 mV	61 °C	4,99
GPU 3.000 MHz/1.150 mV, VRAM 2.500 MHz ST, PL 100 %	67,9 / 81,5 (+3 %)	375 W (+/-0 %)	2.686 MHz/937 mV	57 °C	4,60
GPU 2.500 MHz/1.075 mV, VRAM 2.650 MHz FT, kein Limit	66,7 / 79,1 (-0 %)	297 W (-21 %)	2.487 MHz/799 mV	52 °C	3,76
GPU 2.250 MHz/1.000 mV, VRAM 2.500 MHz ST, kein Limit	61,5 / 73,3 (-7 %)	257 W (-31 %)	2.245 MHz/751 mV	50 °C	3,51

System: Adrenalin 23.8.1, DQHD 5.120 × 1.440, Benchmark-Szene „Duskwood", Voreinstellung RT, FSR Performance, Asus TUF Gaming Radeon RX 7900 XTX OC, Intel Core i5-13600K @5.600/4.200 MHz, MSI MPG Z790 Edge Wifi, 2× 16 GiB G.Skill DDR4-4200 CL16 **Abkürzungen:** ST = Standard Timings; FT = Fast Timings; PL = Powerlimit; HS = Hotspot

P1 **Ø Fps** ▶ Besser

Luft- vs. Wasserkühlung: Die besten Settings unserer 7900 XTX in Control

Control „Ray Way", Luftkühlung

		Ø TBP	Ø GPU Takt/Spann.	max. HS Temp	Watt/Fps
GPU 3.300 MHz/1.085 mV, VRAM 2.750 MHz FT, PL 115 %	68,1 / 84,8 (+9 %)	431 W (+15 %)	2.795 MHz/911 mV	98 °C	5,11
GPU 3.000 MHz/1.150 mV, VRAM 2.500 MHz ST, PL 100 %	61,8 / 77,7 **(Basis)**	375 W (Basis)	2.534 MHz/887 mV	89 °C	4,83
GPU 2.500 MHz/1.075 mV, VRAM 2.650 MHz FT, kein Limit	62,1 / 78 (+0 %)	311 W (-17 %)	2.455 MHz/776 mV	76 °C	3,99
GPU 2.250 MHz/1.000 mV, VRAM 2.500 MHz ST, kein Limit	57,1 / 72 (-7 %)	267 W (-29 %)	2.228 MHz/724 mV	74 °C	3,71

Control „Ray Way", Wasserkühlung

		Ø TBP	Ø GPU Takt/Spann.	max. HS Temp	Watt/Fps
GPU 3.300 MHz/1.075 mV, VRAM 2.750 MHz FT, PL 115 %	70,1 / 87,6 (+13 %)	431 W (+15 %)	2.896 MHz/936 mV	63 °C	4,92
GPU 3.000 MHz/1.150 mV, VRAM 2.500 MHz ST, PL 100 %	63,5 / 79,5 (+2 %)	375 W (+/-0 %)	2.605 MHz/910 mV	57 °C	4,72
GPU 2.500 MHz/1.075 mV, VRAM 2.650 MHz FT, kein Limit	62,7 / 79,1 (+2 %)	311 W (-17 %)	2.478 MHz/797 mV	52 °C	3,93
GPU 2.250 MHz/1.000 mV, VRAM 2.500 MHz ST, kein Limit	58 / 72,2 (-7 %)	267 W (-29 %)	2.238 MHz/750 mV	50 °C	3,70

System: Adrenalin 23.8.1, DQHD 5.120 × 1.440, Benchmark-Szene „Ray Way", Grafik-Voreinstellung Hoch, Raytracing-Voreinstellung Hoch, Nvidia DLSS Renderauflösung 3.413 × 960 (entspricht FSR Quality), Asus TUF Gaming Radeon RX 7900 XTX OC, Intel Core i5-13600K @5.600/4.200 MHz, MSI MPG Z790 Edge Wifi, 2× 16 GiB G.Skill DDR4-4200 CL16 **Abkürzungen:** ST = Standard Timings; FT = Fast Timings; PL = Powerlimit; HS = Hotspot

P1 **Ø Fps** ▶ Besser

– entsprechenden Materialeinsatz bei den Kühlkomponenten vorausgesetzt.

Ein weiterer Aspekt bedarf des Perspektivwechsels. Nicht der zusätzliche Ertrag durch kühle Komponenten ist gering, sondern umgekehrt der Leistungsverlust bei Hitze. Der aktuellen AMD-Grafikkartengeneration kann attestiert werden, dass die Kartenleistung unter hohen Temperaturen weniger stark leidet als noch Radeon 6000 – dort wurden wassergekühlt größere Leistungssprünge verzeichnet. Die Technik hinter RDNA 3 bietet also offenbar etwas mehr Temperaturstabilität – diesen Fortschritt darf AMD sich ans Revers heften. Was die Fps angeht: Wir haben ja gerade erst angefangen.

Modding-Schritt 2: BIOS-Mod

Powerlimit ist nicht gleich Powerlimit. Bei Navi 31 findet man je nach Board-Partner und Kartenmodell verschiedene Leistungsklassen für die maximale Energieaufnahme. 7900 XTX-BIOSe existieren in vier Stufen zwischen 349 und 406 Watt plus der üblichen 15 % im Treiber (MSI RX 7900 XTX Gaming Trio Classic: nur +8 %). Als fünfte und stärkste Firmware wird von Asrock für die serienmäßig mit Wasserblock ausgerüstete ASR RX 7900 XTX Aqua OC wahlweise ein „Extreme-OC-BIOS“ angeboten. Es liefert satte 480 Watt. Diese Software soll auf die werksseitig mit einem Limit von 378 W gedeckelte Asus-Karte gespielt werden. Kleine Warnung an Stromsparer: Sobald das neue Maximum ausgenutzt wird, stellt sich die Frage nach guter Effizienz nicht mehr. In den Benchmark-Tabellen wird die Watt-Fps-Ratio zwar weiterhin ausgewiesen werden; ab der BIOS-Modifikation steigt sie aber unerbittlich an. Wer bisher der Ansicht war, der Verbrauch seiner Navi-31-Karte sei zu hoch, kann die Werte als Beruhigungspille fürs Gewissen nehmen, Motto: schlimmer geht immer.

In die Zange genommen

Wer noch eine RDNA-1-Grafikkarte besitzt, etwa eine RX 5700 XT, kann mit einer geeigneten Software wie dem Red BIOS Editor selbst Änderungen an der Firmware durchführen. Radeon 6000 erlaubt das bereits nicht mehr. Immerhin kann dort per Umweg über Linux das BIOS einer RX 6900 XT LC auf andere 6900 mit XTXH-Chip gespielt werden, um in den Genuss höheren VRAM-Takts zu gelangen. Grundsätzlich erlaubt das MorePowerTool bei RDNA 2 aber so tiefe Eingriffe in die Leistungseinstellungen, dass der Wunsch nach BIOS-Flashs gar nicht aufkommt.

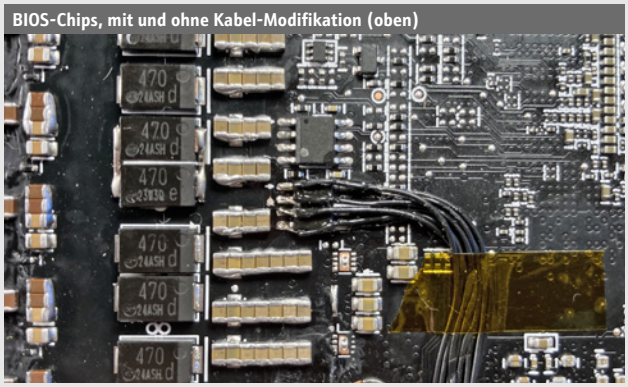
Mit Radeon 7000 ist das Geschichte. Wer das Powerlimit einer aktuellen Karte über seine Firmware-Grenzen bringen will, muss einen Hardware-Programmer bedienen, der die BIOS-Software eines anderen Kartenmodells auf den Chip der Zielkarte schreibt. Das benötigte 1,8-V-CH341A-Programmiergerät beinhaltet eine Adapterplatine mit USB-Anschluss samt Kabel und einer kleinen Zange, die die Pins am BIOS-Chip des Grafikkarten-PCBs greifen kann. Passende Software, empfohlen wird meist AsProgrammer oder NeoProgrammer, ist frei zum Download erhältlich.

Wo der Chip oder die Chips (Dual-BIOS) auf dem PCB sitzen, ist nach Kartenmodell verschieden. Die Asus-XTX trägt ihre beiden nebeneinander auf der PCB-Rückseite. Sie sind also nach dem Abschrauben der Backplate zugänglich, ohne dass die Platine vom Wasserkühler getrennt werden muss. Modding-Spezialisten und Lötkünstler, die regelmäßig mit verschiedenen BIOSen experimentieren, verbinden jeden der acht Pins eines Chips mit einem Kabel und führen diese gebündelt unter der Backplate aus der Karte und dem Gehäuse. Mit einem Stecker versehen kann der BIOS-Chip dann direkt an den Programmer angeschlossen werden. Auch das für

BIOS-Mod

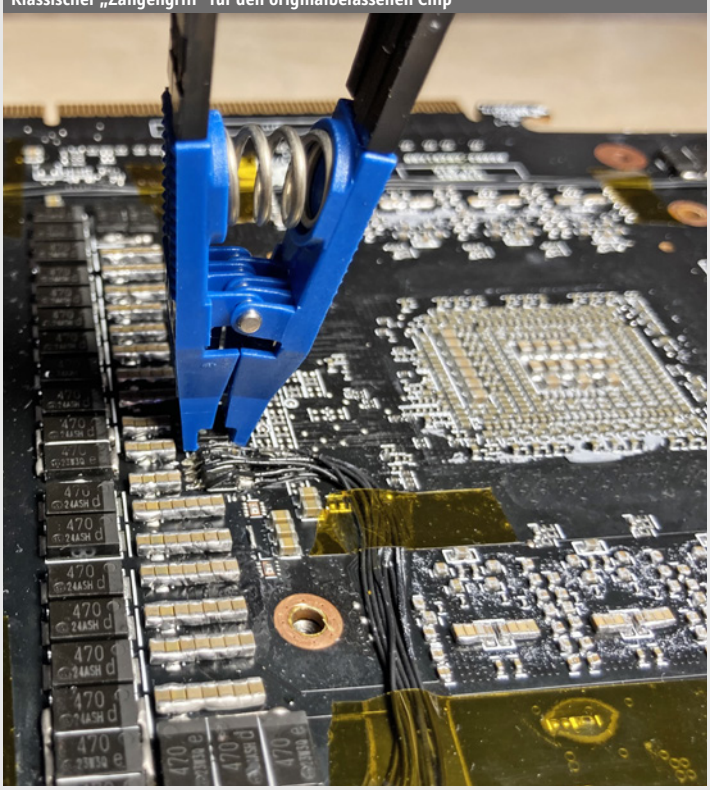
BIOS-Flashs bei RDNA3 werden ausschließlich hardwareseitig vorgenommen, entweder klassisch per Zange oder aufwändig Pin-verkabelt. Die Chips der Asus 7900 XTX werden in beiden Varianten mit Fremd-ROMs überschrieben. Das Aufspielen der Software erfolgt über ein 1,8-V-CH341A-Programmiergerät.

BIOS-Chips, mit und ohne Kabel-Modifikation (oben)



Verbindung des „Kabel-Chips“ mit dem Programmer

Klassischer „Zangengriff“ für den originalbelassenen Chip



die Tests ausgewählte Exemplar, gemäß der Asus-Namensgebung „The Ultimate Force“ auf den Namen TUF 1 getauft, war auf diese Weise BIOS-verkabelt worden. Leider segnete es das Zeitliche, kaum dass das komfortable Kabel-Flash-Feature erstmals angewendet wurde. Als BIOS- und Spannungs-Mod zum Einsatz kamen, wurden die Dauerläufe der ProtagonistInnen unserer Spieletitel durch ihre Benchmark-Parcours deshalb mit einer Nachfolgekarte durchgeführt: TUF 2.

Kein Vorteil durch Reserve-BIOS

Normalerweise sind zwei BIOS-Chips statt einem sowohl Komfort- als auch Sicherheitsmerkmal. Komfortabel, weil der Kartenbesitzer anhand persönlicher Vorlieben aus zwei Grundeinstellungen wählt– meist „schneller“ oder „leiser“– die auf unterschiedliche Lüfterkurven, Boost-Takte oder Powerlimits zurückgreifen. Das zweite Merkmal, Sicherheit, bietet ein Dual-BIOS für unseren speziellen Anwendungsfall. Denn eine Grafikkarte kann immer noch in Schalterstellung zwei gestartet werden, sollte beim Flashen von BIOS Nummer eins etwas schief gehen.

Es sei denn, Zielobjekt ist wie hier eine Asus TUF Gaming Radeon RX 7900 XTX OC Edition. Dann gibt es diese Sicherung nicht. Die Wunschkonfiguration – Asus-Original-BIOS (378 W) auf dem einen, Asrock-Extreme-OC-BIOS (480 W) auf dem anderen Chip – lässt sich nicht aufspielen. Der Flash des Fremd-BIOS wird von der Asus TUF Gaming nur akzeptiert, wenn er auf beide Chips erfolgt. Von Bedeutung ist dabei der Weg, auf dem das Extreme-OC-BIOS zur Grafikkarte gelangt. Nach dem Willen Asrocks kann es nicht wie üblich als ROM-Datei geflasht werden, also von der Programmer-Software mittels USB-Verbindung und Zange zum Chip. Sondern auf der Grafikkarte muss sich zuvor das Standard-BIOS der Asrock RX 7900 XTX Aqua OC mit der Standardleistung von 406 Watt befinden. Nur dann kann das BIOS mit dem höchsten Limit aller AMD-Grafikkarten aufgespielt werden, als .exe-Datei auf ein grafiktreiberbefreites Windows. Mit fast jedem anderem XTX-Custom-Modell kann diese Prozedur in einer einzigen BIOS-Schalterstellung durchgeführt werden; das „Ersatz-BIOS“ bleibt unberührt, das Sicherheitsnetz intakt. Weil die Asus-Karte den Einzel-Flash aber nicht zulässt, ist die einzige Lösung, ihr Performance- und ihr Silent-BIOS mit der Asrock Aqua-Firmware zu überschreiben und dann in Windows jeweils die Asr-Extreme-Exe auszuführen. Erst wenn die sich auf beiden Chips befindet, kann einer davon als Downgrade wieder auf das Aqua-BIOS zurückgestuft werden. Auch dafür stellt Asrock eine ausführbare Datei unter Windows zur Verfügung.

Solche Informationen erhält man nicht von den Herstellern. Aufwändige eigene Tests und das Mitlesen und Nachfragen in einschlägigen Spezial-Threads auch internationaler Foren sind wie so häufig der Weg zur Erkenntnis. Die Konfiguration für die 5-Spiele-Tests mit BIOS-Mod lautet schlussendlich: 406 Watt Asrock-Powerlimit auf dem einen, 480 W auf dem anderen Chip. Unter Einbeziehung des Leistungsreglers im Treiber (-10 %/+15 %) schafft das für die maximale Leistungsaufnahme der GPU eine Gesamt-Bandbreite von 366 bis 552 Watt. Damit lässt sich arbeiten. Das BIOS-Setup mit den beiden Asrock-ROMs wird auch während der späteren Spannungs-Modifikation beibehalten werden. Am Rande sei erwähnt: Asus ist nicht der einzige Anbieter, dessen XTX ein gemischtes Doppel aus eigenem und Fremd-BIOS nicht erlaubt – Sapphires Nitro+ verhält sich ähnlich unkooperativ.

Das wahre Powerlimit

Das starke BIOS endlich auf der Karte erlaubt dem Tester, die Antwort auf eine Frage zu finden, die ihm seit den ersten Gehversuchen mit einer RX 7900 XTX auf den Nägeln brennt: Welche Total Board Power (TBP) nimmt die AMD-Speerspitze sich, wenn man sie frei atmen lässt? Das Ergebnis in der 5-Spiele-Auswahl ist bemerkenswert: Dying Light 2 ist der einzige Titel, der sich mit der Leistung des Original-Asus-BIOS inklusive 15 % Zuschlag zufriedengibt: Genau 431 Watt stehen maximal auf der Uhr. Cyberpunk 2077 und A Plague Tale Requiem genügt das schon nicht mehr: 444 und 448 W lauten hier die höchsten von CapframeX aufgezeichneten Watt-Ausschläge. Das Krönchen der kleinen Leistungsschau setzen sich Control und The Witcher 3 auf: Satte 472 und 479 W werden während der 20-sekündigen Benchmark-Parcours von der Asus-Karte aufgenommen. Die läuft dabei mit Treiber-Default-Einstellungen, ist also nicht übertaktet. In anderen Worten: Zur Befriedigung des Strombedarfs einer durchschnittlichen Custom-XTX @stock reicht das stärkste am Markt verfügbare Serien-BIOS für luftgekühlte AMD-Grafikkarten nicht mehr aus – das Extreme-BIOS für die Asrock-„Aqua“ mit seinen 480 Watt Spitzenleistung muss dafür aufgespielt werden. Dass die Testkarte wassergekühlt ist, ändert nichts an dieser Wahrheit: Wie in den vorherigen Vergleichstests dokumentiert, taktet sie gut gekühlt zwar höher als unter Luft, verbraucht dabei aber nicht mehr Strom.

Radeon RX 7900 XTX: Powerlimit-Leistungsklassen

Klasse 1 (+15/-10 %)	
AMD RX 7900 XTX	Maximale Total Board Power (TBP): **349 Watt**
MSI RX 7900 XTX Gaming Trio Classic (max. +8 %)	
Klasse 2 (+15/-10 %)	
Asrock RX 7900 XTX Phantom Gaming OC	Maximale Total Board Power (TBP): **363 Watt**
Gigabyte RX 7900 XTX Gaming OC	
Powercolor Hellhound RX 7900 XTX	
Sapphire Pulse RX 7900 XTX	
Klasse 3 (+15/-10 %)	
Asus TUF Gaming RX 7900 XTX OC	Maximale Total Board Power (TBP): **378 Watt**
Powercolor Red Devil RX 7900 XTX	
Klasse 4 (+15/-10 %)	
Asrock RX 7900 XTX Taichi (White) OC	Maximale Total Board Power (TBP): **406 Watt**
Asrock RX 7900 XTX Aqua OC (Default-OC-BIOS)	
Gigabyte AORUS RX 7900 XTX Elite	
Powercolor Liquid Devil RX 7900 XTX	
Sapphire Nitro+ RX 7900 XTX Vapor-X	
XFX Speedster MERC 310 RX 7900 XTX	
Klasse 5 (+15/-10 %)	
Asrock RX 7900 XTX Aqua OC (Extreme-OC-BIOS)	Maximale Total Board Power (TBP): **480 Watt**

Zur Erinnerung: 349 Watt beträgt das GPU PPT Limit (Short) der Referenz-7900 XTX „Made by AMD“. 479 W nimmt sich der Witcher, wenn man ihn lässt. Lassen Sie sich das auf der Zunge zergehen! Nirgendwo als im Missverhältnis dieser beiden Zahlen zueinander spiegelt sich deutlicher, wie wenig es AMD bei der aktuellen Kartengeneration gelungen ist, einen budgetfreundlichen Energiebedarf anzubieten, wenn die volle 3D-Leistung abgerufen wird. Die scheinbare Effizienz wird mit der brutalen Drossel eines viel zu früh greifenden Powerlimits erzwungen. Den Board-Partnern überlässt man, realistischere Limits in die Firmwares ihrer Custom-Modelle zu schreiben und schiebt ihnen damit den Schwarzen Peter bei der Leistungsaufnahme zu. Oder, aus anderer Perspektive: die „Du-kommst-aus-dem-Gefängnis-frei“-Karte.

Zu Risiken und Nebenwirkungen

Der Einschub dieses Kapitels ist nötig, bevor Ihnen die Benchmark-Ergebnisse von BIOS- und Spannungs-Mod präsentiert werden. Mehrfach schlug der Fehlerteufel zu, und ein deshalb im Testzeitraum erforderlicher Kartentausch nahm Einfluss auf die Ergebnisse. Das ist erläuterungsbedürftig. Zur Einordnung begleiten Sie uns bitte in kurzer Rückschau auf eine Reise durch Pleiten, Pech und Pannen.

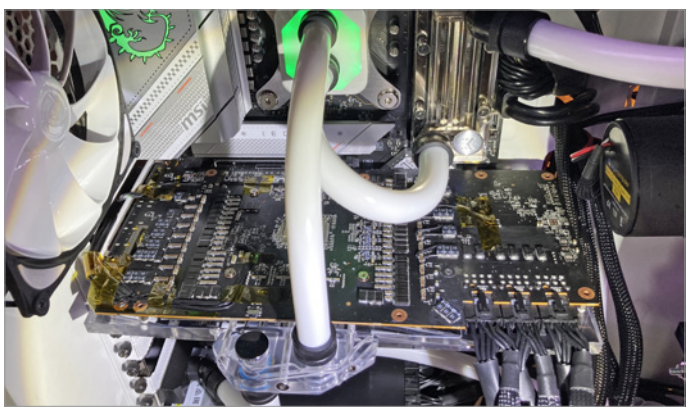
Die Krönung

Die Asus 7900 XTX Gaming OC, mit der die ersten Benchmark-Läufe durch den Fünf-Spiele-Parcours durchgeführt wurden, war nicht die erste ihrer Art; vorher das Testsystem besucht hatte eine Leih-Karte des Herstellers gleichen Modells. Gegen eine weitere Schwesterkarte setzte sich die XTX, die bald den Namen TUF 1 tragen sollte, im Benchmark-Battle durch und eroberte sich so den Stammplatz zwischen CPU und Netzteil im PC-Gehäuse. Nach dem Ritterschlag sollte sie zunächst für höhere Weihen vorbereitet werden und durfte dazu ins

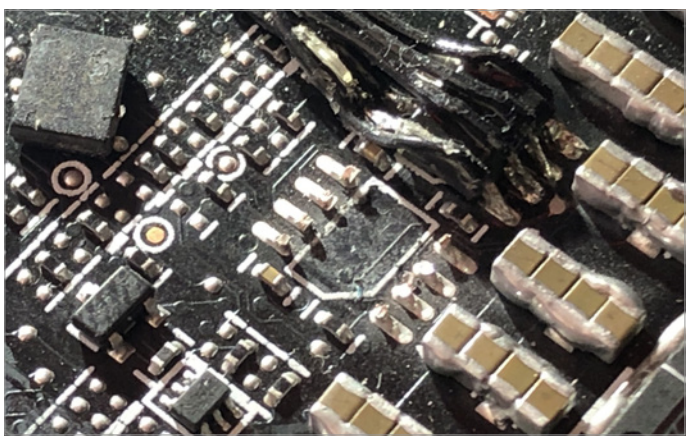
Trainingslager zum Modding-Spezialisten. Denn Spitzen-Fps in Spielen und Top-Scores in Benchmarks holt man nicht allein mit viel Watt und guter Kühlung, sondern auch mit bester Ausstattung auf der Platine. „Caps-Mod" ist das Zauberwort – es bedeutet, zusätzliche Kondensatoren auf die Platine zu löten. Die so geschaffene zusätzliche Speicherkapazität hilft, Schwankungen und Spannungsspitzen beim Strom zu glätten, schnelle Lastwechsel zu unterstützen und die Rauschunterdrückung zu optimieren. Insgesamt wird die elektrische Stabilität verbessert, was im Grenzbereich der Leistungsfähigkeit einer Grafikkarte den Unterschied zwischen abgebrochenem und erfolgreichem Benchmark-Lauf ausmachen kann. Auf einzelnen Bildern der Fotoserie in diesem Artikel sehen Sie einige der hunderte zusätzlich verlöteter „Caps"; deshalb wird dieser Spezial-Mod erwähnt. Weiter muss nicht darauf eingegangen werden, denn die Kondensator-Modifikation hatte keine Chance, dort Einfluss auf die Ergebnisse zu nehmen, wo sie wirksam gewesen wäre: Im extremen Overclocking-Bereich mit BIOS- und Spannungs-Mod. TUF 1 starb vorher. Weitere somit nutzlos gewordene Änderungen an der Platine waren die Verkabelung eines der beiden BIOS-Chips sowie verlötete Kabel an den Zugangspunkten der Karten-Controller für das Gerät zur externen Spannungssteuerung: den EVC2 von ElmorLabs.

Bild: Thermal Grizzly

Das nützliche Strommessgerät für Grafikkarten „Wireview", von ElmorLabs und Thermal Grizzly entwickelt und von letzteren vertrieben, spielte unverschuldet eine Rolle beim Ausfall der ersten Test-XTX.



Ob mit oder ohne Backplate – nach dem Umbau auf Wasser war bei der aufwändig platinen-gemoddeten TUF 1 der Wurm drin.



Abgedremelt: Auch das Ersetzen des vermeintlich defekten, nichtverkabelten BIOS-Chips konnte die Protagonistin des ersten Radeon-7000-Tuning-Artikels, TUF 1, nicht retten.

TUF 1: Der König ist tot

Die Probleme, die TUF 1 den Garaus machten, entstanden beim Umbau der Karte auf Wasser. Das Vorhaben war, die Integration der 7900 XTX in den Wasserkreislauf mit weiteren Arbeiten am PC zu verbinden. Dies war neben dem Einbau eines Kontakt-Frames zwischen Mainboard-Sockel und CPU vor allem die Neu-Verschlauchung des gesamten Custom Loops. Wer so etwas schon mal gemacht hat, weiß, dass der Ersatz aller Schläuche in einem komplexen Wasserkreislauf eine weit größere Herausforderung ist als nur das Einbringen oder der Tausch einer einzelnen Hardware-Komponente. Vielleicht war die Aufgabe zu umfangreich für einen einzigen Arbeitsgang, vielleicht ließ die Konzentration zwischendurch nach. Wie auch immer: Irgendwas ging schief. Indizien: Das korrekte Einlegen der CPU in den Sockel brauchte zwei Versuche. Im Nachhinein gesichtet wurden Wassertropfen am PCI-E-Stromanschluss für die Grafikkarte, im Wireview. Der schob sich ein weiteres Mal ins Zentrum der Aufmerksamkeit: Damit es in die schmale Aussparung des Bykski-Kühlers für die Stromanschlüsse passt, war das Gehäuse des kleinen Geräts entfernt worden. Dadurch lagen zwei Widerstände an seiner Rückseite frei, die möglicherweise die metallene Backplate des Kühlers berührten. Diese „Shunts" wurden nachträglich abgeklebt – womöglich zu spät.

Nach der Wiederinbetriebnahme des Systems war jedenfalls nichts mehr wie vorher. Der RAM im Board ließ sich nicht mehr übertakten, das Post-Verhalten des UEFI war erratisch und in Windows hagelte es Bluescreens sogar im Leerlauf. Noch schlimmer: TUF 1 startete in einer BIOS-Stellung nicht zuverlässig und in der anderen gar nicht mehr. Von der Hoffnung getragen, dass nur das Mainboard defekt sein könnte, wurde dieses durch ein Neugerät ersetzt und tatsächlich: Alle Übertaktungen für CPU und RAM konnten eingestellt werden wie zuvor, und Windows lief wieder stabil. Die 7900 XTX startete weiterhin nur auf einem der beiden BIOS-Chips, funktionierte aber zunächst fehlerfrei. In diesem Zustand wurden die Benchmark-Läufe des ersten Tuning-Artikels im nun wassergekühlten Kartenzustand erfolgreich wiederholt. Die Ergebnisse sehen Sie als Balkengrafiken im Kapitel „Fünf Spiele: Luft vs. Wasser". Anschließend sollte die BIOS-Modifikation erfolgen. Ein Gedanke war, das Problem des funktionslosen Chips durch erneutes Aufspielen der Original-Asus-Firmware zu lösen, das BIOS also „gesundzuflashen". Ergebnis: Die Grafikkarte startete gar nicht mehr. Als nächstes wurde das Asrock-Aqua-BIOS auf beide Chips geflasht, gemäß der Vorgehensweise, die weiter oben beschrieben wurde. Und obwohl alle Schreibvorgänge von der Software als erfolgreich durchgeführt gemeldet wurden, war das niederschmetternde Ergebnis: weiterhin kein Start der Karte, in keiner BIOS-Stellung. Die weiße Mainboard-LED rief bei jedem Post-Versuch „VGA!". Und dabei blieb es. Da sich das Problem softwareseitig nicht lösen ließ, ging TUF 1 zunächst zurück zum Modder. Der nahm eine erneute Sichtprüfung vor, testete die Spannungen auf der Karte und ersetzte sogar den vermeintlich defekten der beiden BIOS-Chips. Leider blieben alle Bemühungen ohne positive Wirkung auf die Kartengesundheit. Nächste Station war Grafikkarten-Reparierer KrisFix. Nach Prüfung stellte Inhaber Todor Nikolov die ernüchternde Diagnose „GPU tot, vermuteter Grund: Kurzschluss". Sein Angebot lautete, eine Transplantation des Grafikprozessors von einer anderen Grafikkarte vorzunehmen. Es wurde nicht angenommen. Denn die Spenderkarte hätte erst im Handel erworben und KrisFix dann zur Ver-

fügung gestellt werden müssen. Die Leiterplatte von TUF 1 wäre für eine solche Operation wegen der dabei entstehenden hohen Temperaturen in ihren Ausgangszustand zurückversetzt worden, die Kabel und Zusatz-Kondensatoren hätten entfernt werden müssen. Darüber hinaus wurde seitens KrisFix keine Erfolgsgarantie gegeben. Ergo erfolgte kein Reparaturversuch, sondern ein Kartenneukauf. So kam TUF 2 ins Spiel.

TUF 2: Lang lebe der König

Auch diese Karte wurde vor den nötigen Umbauten auf Herz und Nieren geprüft. Sie erreichte nicht die guten GPU-Werte ihrer verblichenen Vorgängerin beim Stock-, Boost- und Höchsttakt. Dafür konnte sie etwas anderes besser: Speicherübertaktung. Eine so phänomenale OC-Stabilität des VRAM, 2.850 MHz fehlerfrei in der Fünf-Minuten-Prüfung von memtest_vulkan, hatte keine andere Karte geschafft. So für die nächste Runde qualifiziert, ging auch TUF 2 zum Modder, der EVC2-Kabel anlötete und die Asrock-Firmwares aufspielte. Diesmal wurde kein BIOS-Chip verkabelt und keine Kondensatoren aufgelötet. Fast im Originalzustand kehrte sie zurück und wurde als nunmehr zweite Asus 7900 XTX mit dem Bykski-Wasserkühler vermählt.

Kränkelnder Speicher

Nach erfolgreichem Um- und Einbau dann die böse Überraschung: Zwar lief die GPU mit beiden Asrock-BIOSen einwandfrei. Die gute Übertaktungsfähigkeit des VRAM war allerdings dahin, verlorengegangen offenbar beim Umbau auf den Wasserblock. Fehlerfrei durch memtest_vulkan ging plötzlich nur noch ein VRAM-Takt von 2.600 MHz. 3DMark Time Spy blieb nun bei mehr als 2.625 MHz hängen, während vorher 2.875 MHz performant gewesen waren. Erwartet werden können hätte das Gegenteil: Vorgängerin TUF 1 hatte nach dem Umbau auf Wasser noch 25 MHz mehr Speichertakt ausgespuckt, ermöglicht durch die niedrigeren Temperaturen.

Nun also bis zu 250 MHz weniger. Das sind drei Prozent Verlust Fps in Spielen oder 500 bis 700 Time-Spy-Grafikpunkte. Im Kapitel „Fünf Spiele: Maximale Power“ werden die Konsequenzen für unsere Testreihen beschrieben. Was aber war die Ursache? Schlechtsitzende Wärmeleitpads, zu viel oder zu wenig Druck auf die Module sowie eine Falschmontage des Kühlerblocks konnte nach mehrmaligem Zurückbauen und Wiederzusammensetzen in diversen Variationen ausgeschlossen werden. Die folgende Recherche ließ am Ende nur eine plausible Erklärung übrig: PCB-Bending, also das unabsichtliche Verbiegen der Platine, musste der Auslöser für das Einbüßen der OC-Fähigkeiten gewesen sein. Hintergrund: Das Ablösen eines Grafikkarten-Luftkühlers von der Platine erfordert einen gewissen Kraftaufwand, weil die Pads, vor allem aber die Wärmeleitpaste auf dem Grafik-Chip die Komponenten stark aneinanderhaften lassen. Wird das PCB beim Ablösen nicht mittig-flächig an den Kanten seiner gegenüberliegenden Breitseiten gehalten, sondern an einer der Längsseiten auch nur leicht nach oben gebogen, kann geschehen, was TUF 2 womöglich widerfuhr: Mechanischer Stress führt zu einem teilweisen Ablösen der winzigen Lötkügelchen, die an den Unterseiten der zwölf Speicherchips der 7900 XTX die Verbindung zur Leiterplatte herstellen. Das Resultat ist dann nicht unbedingt ein Ausfall der Speichermodule, sondern der Verlust ihrer Taktfreudigkeit – das beobachtete Verhalten. Dass für die noch jungen Navi 31-Karten in der Overclocker- und Modding-Community bereits solche Erfahrungen vorliegen, deutet auf eine erhöhte mechanische Empfindlichkeit der Kartenserie hin. Dies ist ebenso überraschend wie unerfreulich, denn beim zu harten Anpacken früherer Boliden wie der 6900/6950 XT flog höchstens mal eine Kartensicherung raus. Dass ein vergleichsweise „normaler“ Umgang mit der 7900 XTX bei gleich zwei Exemplaren hintereinander zu Hardware-Schäden führen kann, ist ein schmerzhafter Lernprozess.

Silberstreif am Horizont

Was tun? Der möglicherweise verlorengegangene Kontakt der Lötperlen in der Kugelgitteranordnung, dem „Ball Grid Array“ (BGA) der Speichermodule zu den Leiterbahnen lässt sich nicht durch Anpressdruck wiederherstellen. Zwei Techniken gibt es zum Beheben des

Lötperlen an der Unterseite eines 7900-XTX-Speicher-Chips, wiederhergestellt nach dem „Reballing“.

Problems. „Reflowing“ bedeutet, den Bereich um die Speicher-Chips so stark zu erhitzen, dass die Lötperlen und mögliche Brüche darin schmelzen und der Kontakt auf diese Weise wiederhergestellt wird. Die gründlichere und exaktere, aber komplexere Methode ist das „Reballing“. Dabei werden die Chips entfernt, Verbindungen geprüft und Lötkügelchen nötigenfalls einzeln neu aufgetragen. Danach werden die Chips wieder verschmolzen. Vorteil: Der ausführende Spezialist verflüssigt das Material nicht flächig und auf Verdacht, sondern sieht am Zustand jedes einzelnen Chips, der Leiterbahnen und BGA-Perlen genau, was zu tun ist. Nachteil: Das Verfahren ist ungleich aufwändiger, erfordert Spezialkenntnisse und -ausrüstung, und die elektronischen Bauteile werden nicht nur einmal, sondern dreimal großer Hitze ausgesetzt.

Gibt es im nichtprofessionellen Bereich Experten, die solche Arbeiten durchführen können? Ja. Den „Modder“, von dem hier die Rede ist und der auf den Forumsnamen darko664 hört, kennen aufmerksame Leser bereits aus einer PCGH-News vom 04.05.2023. Darin wurde berichtet, wie er mit seiner – natürlich von ihm selbst „frisierten“ – Radeon 7900 XTX MBA als weltweit erster Bencher mit einer AMD-Grafikkarte die 40.000-Punkte-Marke im Grafik-Score von Time Spy knackte. TUF 2 wird ihm ein erneutes Mal anvertraut werden in der Hoffnung, dass die VRAM-Reparatur gelingt. Die hirntote Platine von TUF 1 liegt ebenfalls noch bei ihm, gespickt mit wertvollen Bauteilen, die – na klar! – zum Modden taugen. Leidenschaftlicher Bastler, der er ist, plant darko664 in bester Dr.-Frankenstein-Manier, eine Monster-TUF aus Leichenteilen zu nähen. Was von den hochfliegenden Plänen umgesetzt werden kann, wissen wir im Januar 2024. Vielleicht sehen Sie, lieber Leser, die Asus-XTX dann noch ein weiteres Mal wieder. Als „TUF 2 Reloaded“ in einem künftigen Benchmark-Leitfaden, dessen Arbeitstitel derzeit „Bench-Weltmeister“ lautet.

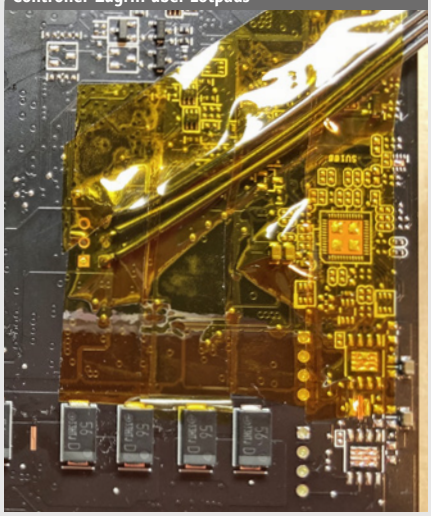
Modding-Schritt 3: Spannungs-Mod

Im Tuning-Teil des ersten Radeon-7000-Artikels in PCGH 11/2023 wurde darauf hingewiesen, wie eng Takt und Spannung in der aktuellen Kartengeneration miteinander verwoben sind. Manche Navi-31-Tuner betrachten den Frequenzregler im Treiber sogar als das wichtigere Werkzeug zum Undervolten gegenüber dem Spannungs-Slider, der „nur“ die Form und Lage der V/F-Curve ändert. Untertakten ist also Undervolten. Gilt dieses Prinzip auch in die andere Richtung? Absolut, ab einem bestimmten Niveau ist höhere Spannung Voraussetzung für höheren Takt. Anmerkung für neugierige Forscher: Mehr Spannung übertaktet die GPU sogar selbstständig. Sollten Sie je in die Situation geraten, ihre Grafikkarte mit der hier beschriebenen Methode zu overvolten, probieren Sie das ruhig mal aus: Geben Sie unter Last etwas (!) mehr als die Werksspannung auf den GPU-Kern und beobachten Sie, was mit Takt und Framerate

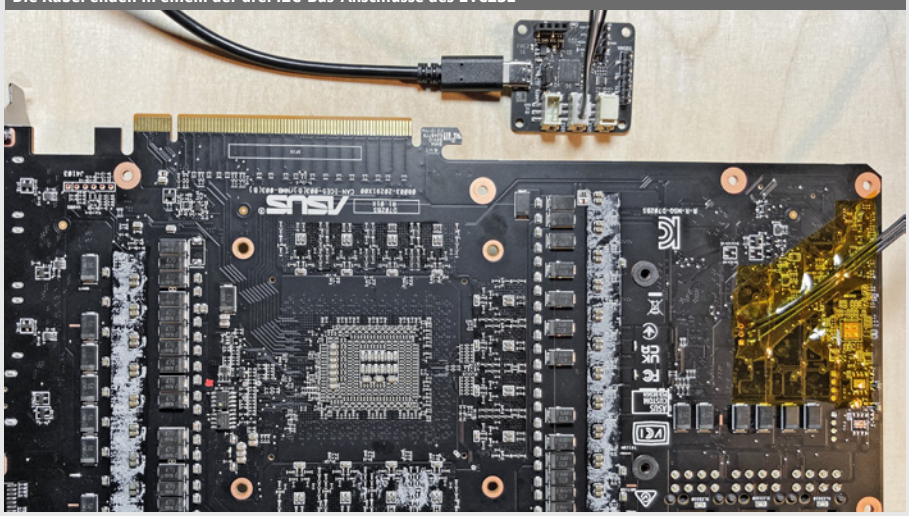
Spannungs-Mod

Wie die RDNA-2-Serie bieten auch Radeon 7000 auf ihren Platinen Zugriffspunkte zu den Controllern von GPU, SoC und VRAM. Die angelötete Kabelverbindung zum Spannungsregulator EVC2, mit Kapton-Band gegen Abreißen geschützt, ermöglicht höhere Übertaktung als mit Standardspannung – gute Kühlung vorausgesetzt.

Controller-Zugriff über Lötpads



Die Kabel enden in einem der drei I2C-Bus-Anschlüsse des EVC2SE



geschieht: Wie von Zauberhand steigen beide parallel zur angelegten Spannung. Zwar ist das ein denkbar ineffizienter Weg, an höhere Frameraten zu gelangen. Faszinierend ist er aber: übertakten, ohne den Frequenzregler zu berühren.

Overvolting nicht ab Werk

Im Auslieferungszustand von AMD-Grafikkarten befindet sich der Spannungsregler im Adrenalin-Treiber immer ganz rechts, an seinem Maximum. Die Voltage zu reduzieren ist möglich, sie mit Bordmitteln zu erhöhen, nicht. Selbst beim MorePowerTool, das Anpassungen von RDNA-2-Karten noch in den hintersten Winkeln ihrer Firmware erlaubt, dauerte es im Anschluss an den Launch von Radeon 6000 fast noch ein Jahr, bis findige Anwender das Zusammenspiel von undokumentierten Funktionen entdeckten, die eine Spannungserhöhung im Grafikprozessor erlauben. Für die Zurückhaltung der Hersteller gibt es einen guten Grund: Viel Spannung kann der Hardware schaden, zu viel Spannung kann sie zerstören. Vor allem aber ist hohe Voltage mehr als jede andere Tuning-Maßnahme ein Hitzefaktor in Grafikkarten. Mutige Besitzer einer luftgekühlten Karte mögen das Aufspielen eines stärkeren BIOS auf ihr bestes Stück noch für vertretbar halten. Für die Anwendung der nächsten Modifikation zur Leistungssteigerung ist eine kräftige Wasserkühlung jedoch Pflicht, ohne Wenn und Aber.

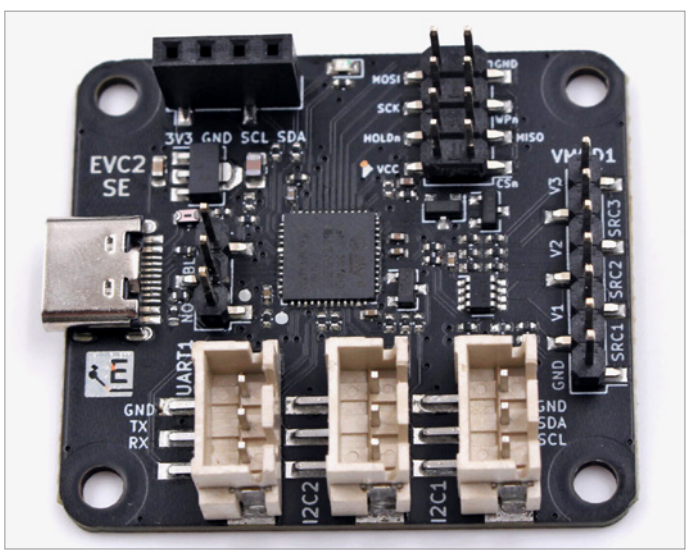


Bild: elmorlabs.com

Der EVC2SE von ElmorLabs ist Mittel der Wahl für die Spannungssteuerung nicht nur von AMD-Grafikkarten.

EVC2SE heißt die Wunderwaffe, die Jon Sandström alias Elmor am Firmensitz in Taiwan im Online-Shop von ElmorLabs anbietet. Die kleine Platine wird vom lötgeübten Anwender durch mitgelieferte Kabel mit drei kleinen Pads auf der PCB-Rückseite der Grafikkarte verbunden und stellt so Zugang zu den Controllern her. Per externem USB erfolgt die Verbindung des Geräts mit dem Mainboard, anschließend kann über die frei downloadbare EVC2-Software allerlei Unfug mit den Kartenspannungen angestellt werden. Wichtig für unser Ziel – maximale Frames pro Sekunde – ist die Spannungserhöhung insbesondere von GPU Core Voltage für den GPU-Kern. Bedarfsweise kann über zwei weitere Controller-Adressen via GPU SoC Voltage ein positiver Spannungs-Offset dem „System on a Chip" SoC sowie über GPU Memory Voltage dem VRAM verordnet werden.

Der Wahrheit nicht verpflichtet

Mehr Spannung allein genügt aber nicht, ein weiterer Kniff ist nötig. Vielleicht ist es Ihnen schon aufgefallen: In den Benchmark-Tabellen „Maximale Power 7900 XTX" sind selbst beim Ausfahren des stärksten BIOS alle Spiele-Benchmarks außer Cyberpunk 2077 mindestens teilweise powerlimitiert. Welchen zusätzlichen Fps-Ertrag würde mehr Spannung und Takt dort erzeugen? Keinen signifikanten, denn Limit ist Limit, egal, auf welchem Leistungsniveau. Die Powerlimitierung muss beseitigt werden, und zwar endgültig. In der EVC2-Software gelingt das mit einer skalierbaren Einstellung, die dem Karten-Controller eine niedrigere Leistung vorgaukelt als tatsächlich aufgenommen wird (das ähnliche Grundprinzip auf Hardware-Basis heißt bei Nvidia-Overclockern „Shunt-Mod"). So gelangt die AMD-Karte trotz BIOS-Beschränkung an die Energiemenge, die sie mit dem höheren Takt und der per EVC2-Offset erhöhten Spannung benötigt. Nun wird auch klar, wofür uns die Wattanzeige auf dem Display des Thermal Grizzly Wireview dient: Wenn der Karten-Controller Fake-Daten erhält, kann er keine korrekten Werte an Sensorprogramme wie GPU-Z oder Hwinfo64 weitergeben. Will der Anwender wissen, welche Strommenge seine geschundene Grafik-

karte gerade empfängt, muss er das direkt am Gerät messen. Also an den PCI-E-Stromsteckern.

Fünf Spiele: maximale Power

Wir sind gerüstet – Zeit fürs Finale im Fünf-Spiele-Roundup! In den Benchmark-Grafiken „Maximale Power 7900 XTX" darf die Asus TUF Gaming OC in den vier Aggregatzuständen Luftkühlung, Wasserkühlung, BIOS-Mod und Spannungs-Mod zeigen, was sie kann. Gefragt sind Settings, die die höchsten Fps erzielen. Aus dem ersten „Tuning"-Teil des Artikels wurden die Stock- und Max-Werte unter Luft übernommen. Die wassergekühlten Benchmark-Läufe kamen hinzu, erfasst und dokumentiert während der wenigen Tage, in denen TUF 1 in diesem Zustand funktionierte. Die Werte mit BIOS- und Spannungs-Modifikation werden nun mit der Nachfolge-XTX namens TUF 2 ermittelt. Sie ist ebenfalls in den Wasserkreislauf eingebunden.

Auf die akute VRAM-Übertaktungsschwäche der zweiten XTX-Testkarte müssen wir nochmals kurz eingehen, denn sie wirft kleine Probleme auf bei der Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Der Treiberregler für die Speicherübertaktung lässt sich nicht mehr so weit nach rechts schieben wie zuvor und „Schnelles Timing" ist ausgeschlossen. Entsprechend niedrige Speicherfrequenzen weisen die Läufe aus. Während sich mit TUF 1 auf dem Wasserblock in jedem der fünf Benchmark-Parcours stabil und performant 2.775 MHz aus dem VRAM pressen ließen, ist bei TUF 2 je nach Spieletitel zwischen 2.600 MHz (Dying Light 2, Control) und 2.700 MHz (CP 2077) Schluss. 75 bis 175 MHz VRAM-Takt fehlen also im direkten Vergleich. Das sind rund zwei Prozent Average-Fps, die Sie gedanklich addieren können in den unteren zwei Zeilen jedes Charts mit „Maximaler Power".

Auch das unterschiedliche Boost-Verhalten der beiden in den Tests eingesetzten Exemplare bleibt nicht ohne Effekt. TUF 1 hatte meist etwas höher getaktet als ihre Nachfolgerin. Die Durchschnitts-Fps mit TUF 2 liegen in den Fünf-Spiele-Tests unter identischen Rahmenbedingungen somit meist minimal niedriger. Weil es aber Ausnahmen von dieser Regel gibt und die schwach ausgeprägte Minderleistung sich kaum quantifizieren lässt, beziehen wir das nicht in die Rechnung ein. Im Gegenzug wird außerdem ein Vorteil genutzt, den TUF 2 gegenüber Nummer 1 hat: ihre bessere Undervolting-Fähigkeit. So kann selbst bei maximaler GPU-Übertaktung mit dem Power-BIOS (3.475 MHz in Dying Light 2) der Spannungsregler auf den angestrebten 1.075 mV bleiben. Es ist nicht anzunehmen, dass TUF 1 das geschafft hätte. Der Sommer ist außerdem vorüber – TUF 2 profitiert von niedrigeren Raumtemperaturen, die physikalisch bedingt die Untergrenze für die Kühlwassertemperatur darstellen.

In den Benchmark-Charts „Maximal Power 7900 XTX" steht der Basiswert genannte Vergleichswert für prozentuale Änderungen jeweils in der obersten Zeile. Er zeigt die Framerate, die mit Default-Treibereinstellungen (= 3.000 MHz GPU-Takt) erzielt wurde. In den Zeilen darunter folgen die höchstmöglichen stabilen Settings, in 25-MHz-Schritten getestet, in den vier Zuständen der Grafikkarte(n). Wie immer werden die Werte aus mindestens drei, meistens vier hintereinander durchgeführten Parcours-Läufen mit CapframeX mitgeschnitten und aggregiert. In unserer weiteren Betrachtung ignorieren wir das Malheur mit dem VRAM und konzentrieren uns auf die GPU-Takte.

Kühles Wasser und starkes BIOS

Der Wechsel auf Wasserkühlung und die nachfolgende BIOS-Modifikation erlaubt jeweils in vier der fünf Spieletitel ein etwas stärkeres GPU-Tuning im Treiber. Den ersten Schritt von 25 bzw. 50 MHz ermöglicht der Wasserumbau mit seinem niedrigen Temperaturniveau. Den zweiten etwa gleich großen Frequenzschritt (Dying Light 2 schafft wie immer mehr, der Witcher weniger) ermöglicht das starke BIOS, das der Grafikkarte bis zu 117 Watt Mehrleistung zugesteht und damit die Powerlimit-Bremse weitgehend löst. Der anliegende, also gemessene Takt hingegen macht einen Quantensprung. Zur Orientierung zunächst die ursprünglichen Luftkühler-Takte: Obwohl der GPU im Treiber 3.300 MHz befohlen wurden, knackte nur Cyberpunk die Marke von anliegend 2,9 GHz. Das mit FidelityFx Super Resolution 2.2 und Control HDR v1.5 weitreichend gemoddete und auf „Raytracing: High" eingestellte Control lastete die GPU sogar so hart aus, dass sie nicht mal 2.800 MHz halten konnte. Zwei Kartenmodifikationen später – mit Wasserkühlung und nach BIOS-Mod – sieht die Frequenzwelt anders aus: Obwohl der Treibertakt im Mittel der fünf Titel nur um 90 MHz gegenüber den Luftkühler-Tests hochgezogen wurde, liegt die gemessene GPU-Frequenz um durchschnittlich 420 (!) MHz höher, von 348 in Cyberpunk bis 473 MHz in The Witcher 3. So was kommt also dabei raus, wenn der Grafikprozessor und seine Co-Worker in gemäßigtem Klima tief durchatmen können.

Steigen die Frameraten im gleichen Verhältnis? So viel Glück hätten wir gern. Der Zuwachs ist mickrig, gemäß dem Prinzip, das bereits im ersten Tuning-Teil des Radeon-7000-Artikel zur Kenntnis genommen werden musste: RDNA 3 mag niedrige Energieaufnahme. Die wird mit guter Watt-Fps-Effizienz honoriert, nicht aber High-Power-Läufe, wie sie hier gezeigt werden. Die detaillierten Fps-Erträge sehen Sie in den Balkengrafiken. Zusammengefasst lauten sie: Der Luft-zu-Wasser-Zuwachs beträgt unter durchgehender Powerlimitierung bei 431 W (Asus-Firmware) über alle fünf Parcours-Läufe 3 Prozent Average-Fps. Mit der BIOS-Modifikation bei 518 bis 546 W (Asrock-Aqua-Firmware) kommen weitere 4 % Gewinn hinzu. Im Vergleich zur Default-Grafikeinstellung der Karte im Auslieferungszustand, dem Basis-Balken, liegt der Zuwachs bei mindestens 13 und höchstens 16 Prozent plus „VRAM-Bonus". Der Energieverbrauch hat dabei um durchschnittlich 43 % zugenommen. So viel zum BIOS-Mod.

Die Spannung steigt

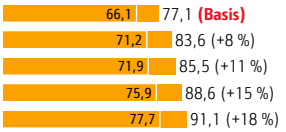
Es geht noch besser. (Wenn Sie jetzt „schlimmer" denken, sind Sie hier falsch.) Die Messwerte nach der nächsten Modifikation sind geeignet, Sparfüchse in Schockstarre zu versetzen, aber es hilft ja nichts: Einen weiteren Schub produziert die GPU nur mit mehr Spannung, sofern gleichzeitig alle Wattlimits fallen. 80 mV positiven Offset VDDCR_GFX befehlen wir dem EVC2 für den Spiele-Parcours. Damit ist ein um 100 bis 125 MHz höherer Treibertakt zum wassergekühlten BIOS-Mod drin. Die Deltas zur Treiber-Basis-Frequenz von 3.000 MHz: plus 575 MHz in Dying Light 2, es folgen CP 2077 und ATPR mit 525 und 500 MHz. Control und The Witcher 3 bieten den meisten Widerstand, aber auch dort sind 3.450 MHz GPU-Takt drin. Anliegend unter Last werden Frequenzen zwischen 3.336 MHz und 3.479 MHz gemessen. Welche Eruption am Stromzähler solcher Übertaktungserfolg auslöst: Dazu kommen wir gleich. Zunächst wird der Mühe Lohn gezählt. Um zwei bis vier, im Schnitt gut 3 Prozent legt der Frame-Zähler beim Extrem-Overclocking inklusive Spannungserhöhung zur vorherigen Modifikationsstufe noch mal drauf. Zum Basistakt sind das 16 bis 19 Prozent mehr Frames pro Sekunde. Erinnern wir uns kurz an die abgestürzte VRAM-Übertaktungsfähigkeit der Testkarte und fügen gedanklich zwei bis drei Prozentpunkte hinzu, landen wir bei rund zwanzig Prozent. Ein Fünftel mehr Framerate zum Werkszustand, das ist ein beachtlicher Erfolg. Es folgt die Gretchenfrage: Was hat das gekostet?

Mit der vorliegenden Hardware-Ausstattung kann sie nicht exakt, aber näherungsweise beantwortet werden. Wie bereits ausgeführt, werden dem für den Grafikprozessor zuständigen Multiphasen-Controller MP2857 der 7900 XTX nach entsprechender Einstellung in der EVC2-Software inkorrekte, nämlich zu niedrige Werte zur aktuell aufgenommenen Energiemenge übermittelt. Mit diesem Trick wird der Grafikkarte ermöglicht, jedes Powerlimit auszuhebeln, theoretisch fast beliebig weit. Die falschen Werte werden aber auch an die Sensoren weitergegeben, die von CapframeX via RivaTuner Statistics Server ausgewertet werden. Sensorischer Blindflug ist nicht erstrebenswert im gefährlichen Terrain zwischen hohen Spannungen und grenzenloser Leistungsaufnahme. Wir brauchen einen Lotsen.

Das Display des Thermal Grizzly Wireview zeigt die tatsächliche Aufnahme elektrischer Leistung durch die drei 8-Pin-PCI-E-Stromstecker,

Maximale Power 7900 XTX: Die stärksten Settings in Cyberpunk 2077

Cyberpunk 2077 „Down on the Street", max. Fps-Leistung



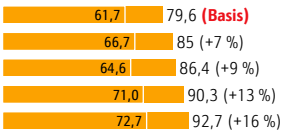
Ø TBP	PL	Ø GPU Takt/Spann.	Kühlung	max. HS Temp	Watt/Fps
375 W (Basis)	ja	2.701 MHz/939 mV	standard/sil.	88 °C	4,86
431 W (+15 %)	ja	2.943 MHz/964 mV	standard/sil.	95 °C	5,16
431 W (+15 %)	ja	2.987 MHz/984 mV	silent	60 °C	5,04
518 W (+ 38 %)	nein	3.291 MHz/1.082 mV	50%	62 °C	5,85
>649 W (>+ 73 %)	nein	3.423 MHz/1.168 mV	75%	67 °C	>7,12

System: 5.120 × 1.440 Pixel (DQHD), Benchmark-Szene „Down on the Street", Voreinstellung Raytracing niedrig, FSR Quality, Asus TUF Gaming Radeon RX 7900 XTX OC, MSI MPG Z790 Edge Wifi, Intel Core i5-13600K @5.600/4.200 MHz, 2× 16 GiB G.Skill DDR4-4200 CL16 **Abkürzungen:** LK = Luftkühlung; WK = Wasserkühlung; BM = BIOS-Mod; SM = Spannungs-Mod; FT = Fast Timings; ST = Standard-Timings; PL = Powerlimit; HS = Hotspot

P1 Ø Fps
▶ Besser

Maximale Power 7900 XTX: Die stärksten Settings in A Plague Tale Requiem

A Plague Tale Requiem „Docks", max. Fps-Leistung



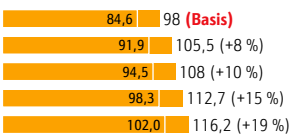
Ø TBP	PL	Ø GPU Takt/Spann.	Kühlung	max. HS Temp	Watt/Fps
375 W (Basis)	ja	2.611 MHz/913 mV	standard/sil.	87 °C	4,71
431 W (+15 %)	ja	2.838 MHz/938 mV	standard/sil.	97 °C	5,07
431 W (+15 %)	ja	2.891 MHz/955 mV	silent	61 °C	4,99
532 W (+42 %)	*	3.228 MHz/1.065 mV	50%	65 °C	5,89
>705 W (>+ 88 %)	nein	3.369 MHz/1.153 mV	75%	73 °C	>7,61

System: 5.120 × 1.440 Pixel (DQHD), Benchmark-Szene „Docks", Voreinstellung Hoch, Raytracing, FSR Performance, Asus TUF Gaming Radeon RX 7900 XTX OC, Intel Core i5-13600K @5.600/4.200 MHz, MSI MPG Z790 Edge Wifi, 2× 16 GiB G.Skill DDR4-4200 CL16 **Abkürzungen:** LK = Luftkühlung; WK = Wasserkühlung; BM = BIOS-Mod; SM = Spannungs-Mod; FT = Fast Timings; ST = Standard-Timings; PL = Powerlimit; HS = Hotspot **Bemerkungen:** *teilweise

P1 Ø Fps
▶ Besser

Maximale Power 7900 XTX: Die stärksten Settings in Dying Light 2

Dying Light 2 „Walk in the Park", max. Fps-Leistung



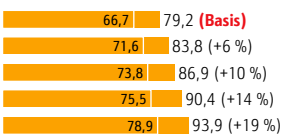
Ø TBP	PL	Ø GPU Takt/Spann.	Kühlung	max. HS Temp	Watt/Fps
375 W (Basis)	ja	2.672 MHz/932 mV	standard/sil.	87 °C	3,83
431 W (+15 %)	ja	2.892 MHz/960 mV	standard/sil.	94 °C	4,08
431 W (+15 %)	ja	2.913 MHz/955 mV	silent	60 °C	3,99
538 W (+44 %)	*	3.349 MHz/1.090 mV	50%	65 °C	4,77
>666 W (>+78 %)	nein	3.479 MHz/1.174 mV	75%	71 °C	>5,73

System: 5.120 × 1.440 Pixel (DQHD), Benchmark-Szene „Walk in the Park", Voreinstellung Raytracing, FSR Quality, Asus TUF Gaming Radeon RX 7900 XTX OC, Intel Core i5-13600K @5.600/4.200 MHz, MSI MPG Z790 Edge Wifi, 2× 16 GiB G.Skill DDR4-4200 CL16 **Abkürzungen:** LK = Luftkühlung; WK = Wasserkühlung; BM = BIOS-Mod; SM = Spannungs-Mod; FT = Fast Timings; ST = Standard-Timings; PL = Powerlimit; HS = Hotspot **Bemerkungen:** *teilweise

P1 Ø Fps
▶ Besser

Maximale Power 7900 XTX: Die stärksten Settings in The Witcher 3

The Witcher 3 „Duskwood", max. Fps-Leistung



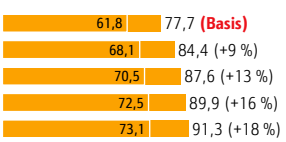
Ø TBP	PL	Ø GPU Takt/Spann.	Kühlung	max. HS Temp	Watt/Fps
375 W (Basis)	ja	2.608 MHz/912 mV	standard/sil.	86 °C	4,74
431 W (+15 %)	ja	2.852 MHz/941 mV	standard/sil.	95 °C	5,14
431 W (+15 %)	ja	2.913 MHz/955 mV	silent	60 °C	4,96
542 W (45 %)	*	3.325 MHz/1.088 mV	50%	61 °C	6,00
>681 W (>+ 82 %)	nein	3.405 MHz/1.167 mV	75%	70 °C	>7,3

System: Adrenalin 23.8.1, DQHD 5.120 × 1.440, Benchmark-Szene „Duskwood", Voreinstellung RT, FSR Performance, Asus TUF Gaming Radeon RX 7900 XTX OC, Intel Core i5-13600K @5.600/4.200 MHz, MSI MPG Z790 Edge Wifi, 2× 16 GiB G.Skill DDR4-4200 CL16 **Abkürzungen:** LK = Luftkühlung; WK = Wasserkühlung; BM = BIOS-Mod; SM = Spannungs-Mod; FT = Fast Timings; ST = Standard-Timings; PL = Powerlimit; HS = Hotspot **Bemerkungen:** *teilweise

P1 Ø Fps
▶ Besser

Maximale Power 7900 XTX: Die stärksten Settings in Control

Control „Ray Way", max. Fps-Leistung



Ø TBP	PL	Ø GPU Takt/Spann.	Kühlung	max. HS Temp	Watt/Fps
375 W (Basis)	ja	2.354 MHz/887 mV	standard/sil.	89 °C	4,83
431 W (+15 %)	ja	2.795 MHz/911 mV	standard/sil.	98 °C	5,11
431 W (+15 %)	ja	2.890 MHz/936 mV	silent	61 °C	4,92
546 W (+46 %)	ja	3.228 MHz/1.054 mV	50%	64 °C	6,07
>695 W (>+85 %)	nein	3.336 MHz/1.144 mV	75%	73 °C	>7,61

System: 5.120 × 1.440 Pixel (DQHD), Benchmark-Szene „Ray Way", Grafik-Voreinstellung Hoch, Raytracing-Voreinstellung Hoch, Nvidia DLSS Renderauflösung 3.413 × 960 (entspricht FSR Quality), Asus TUF Gaming Radeon RX 7900 XTX OC, Intel Core i5-13600K @5.600/4.200 MHz, MSI MPG Z790 Edge Wifi, 2× 16 GiB G.Skill DDR4-4200 CL16 **Abkürzungen:** LK = Luftkühlung; WK = Wasserkühlung; BM = BIOS-Mod; SM = Spannungs-Mod; FT = Fast Timings; ST = Standard-Timings; PL = Powerlimit; HS = Hotspot

P1 Ø Fps
▶ Besser

mittels wählbarer Funktion auch die maximale einer vergangenen Zeitperiode nach dem letzten Reset. Diese Anzeige wird nach den Parcours-Läufen jedes Spieletitels gesichtet. Addiert wird die Stromaufnahme über den PCI-Express-Slot des Mainboards; Tests ergaben, dass die Asus 7900 XTX sich unter Volllast 30 bis 40 W über diesen Weg holt. Nötig ist eine weitere Korrektur, aber in die andere Richtung: Während der Wireview auftragsgemäß einen Maximalwert ausweist, werden in den Spiele-Durchläufen ohne EVC2 Durchschnittswerte betrachtet. Die Bandbreite zwischen Min- und Max-Verbrauch ist zwar nicht hoch; die PCGH-Benchmark-Szenen sind ja bewusst so gewählt, dass sie Grafikkarten erstens stark und zweitens gleichmäßig auslasten. Dennoch muss gedanklich wieder ein Abzug von der Summe aus PCI-E-Stromstecker plus PCI-E-Slot-Watt vorgenommen werden, kleiner als die 30 bis 40 W der PCI-E-Slot-Stromlieferung, aber nicht null. Anstatt nun aufwändig jeden einzelnen Wert auszurechnen, wird eine simple Lösung gewählt: In der jeweils letzten Tabellenzeile neben den Fps-Balken steht der abgelesene Wireview-Max-Wert mit einer „größer-als"-Angabe bei der Total Board Power. Etwas mehr als die dort genannte Leistung wurde durchschnittlich aufgenommen, bedeutet das. Das mathematische „>" erscheint folgerichtig auch bei der Angabe des prozentualen Mehrenergiebedarfs und des Effizienzwerts „Watt pro Fps". Klingt kompliziert? Keine Sorge, nach einem Blick auf die Tabellen ist es sofort klar.

Konkrete Zahlen: Mehr als 649 W Total Board Power werden im sparsamsten Titel Cyberpunk 2077 für die 91 Fps benötigt, die anstelle von 77 Fps bei 375 Watt anliegen. Satte 705 Watt „plus" sind es für eine Framerate von rund 93 Fps gegenüber den knapp 80 Fps der Werkseinstellung in A Plague Tale Requiem. Die anderen drei Spieletitel liegen dazwischen. Was für ein effizienzseitiges Desaster dies ist, bedarf keiner Erläuterung. Über alle fünf Titel stehen mehr als 80 % Mehrverbrauch zur Werkseinstellung auf der Uhr, bei wohlmeinend gerundeten 20 % Fps-Ertrag. Durch gleichzeitiges Undervolten im Treiber parallel zum EVC2-Overvolting könnten vermutlich noch ein paar Watt eingespart werden; auf solche Kosmetik wird aber verzichtet. Zur Ehrenrettung der Radeon RX 7900 XTX sei gesagt: Für solche Exzesse wurde sie nicht designt. Eine Bemerkung können wir ihr trotzdem nicht ersparen, so sehr das AMD-Fans auch zwicken mag: Vergleichbare Framerates lassen sich auch mit einer RTX 4090 erzielen, ohne Übertaktung und mit mindestens 200 Watt weniger. Nicht mal das Argument „Preisvorteil" ist noch so schlagkräftig wie gewohnt, angesichts der Kosten für alle Modifikationen. Aber dies ist ein Bericht für AMD-Enthusiasten und kein Vergleichstest mit Nvidia. Also vergessen wir den Punkt schnell wieder und gehen weiter.

Kühlung des Testystems

Modding-Level	Luft-/Wasserkühler	+ BIOS-Mod	+ Spannungs-Mod	Time Spy
Kühlungs-Level	**Silent**	**50 %**	**75 %**	**100 %**
Raumtemperatur	21–22 °C			
Systemleistung W	bis ca. 600	bis ca. 750	bis ca. 950	bis ca. 1.150
Wasser (Desktop-Last)	29–33 °C	26–30 °C	24–28 °C	22–26 °C
Pumpendrehzahlen rpm	<2.000–2.500	ca. 3.000	ca. 3.500	>4.500
Flow Wasser l/h	65–95	ca. 115	ca. 140	>200
Gehäuselüfter rpm	0–650	800–900	1.050–1.150	1.200–1.400
Radiatorlüfter rpm	0–650	ca. 1.050	ca. 1.500	>1.800
Mo-Ra-Lüfter rpm	0–750	ca. 900	ca. 1.200	ca. 1.450

Mit kühlem Kopf

Reden wir über Temperaturen. Der Hotspot-Maximalwert der GPU ist in den Tabellen neben den Benchmark-Balken ausgewiesen. Neu ist die Spalte „Kühlung" mit den Einträgen standard, silent, 50 % und 75 %. „Standard" bezieht sich auf die Lüfterkurve der Grafikkarte in der AMD Software: Adrenalin Edition. Sie wurde während der Tests nicht verändert. „Silent" sind die gehäuseluft- und wassertemperaturabhängigen Leistungskurven in der Steuerungs-Software für die Gehäuse- und Radiatorlüfter sowie die Pumpendrehzahlen. „50 %" fixiert alle 18 Lüfter des Testsystems auf die Hälfte ihres Leistungsvermögens und lässt die drei Wasserpumpen mit etwa 3.000 Umdrehungen pro Minute laufen. „75 %" macht dasselbe mit Dreiviertelleistung und rund 3.500 U/min. Die „100 %"-Spalte in der Tabelle „Kühlung des Testsystems" zeigt die Systemwerte während der Time-Spy-Benchmarks mit BIOS- und Spannungs-Mod im nächsten Kapitel. Die volle Kühlleistung für Time Spy ist aus zwei Gründen nötig: Zum einen veranlasst der Benchmark die Grafikkarte an bestimmten Punkten seines Grafiktests 2 zu nochmals höherer Leistungsaufnahme als etwa die getesteten Spiele-Schwergewichte A Plague Tale Requiem, The Witcher 3 und Control. Zum anderen werden Spannung und Takt in Time Spy weiter angehoben.

Für gute Vergleichbarkeit werden die Messungen für die Kühlungs-Tabelle mit einer einheitlichen Raumtemperatur von 21 bis 22 Grad durchgeführt. Während der Hochsommer-Benchmark-Läufe mit TUF 1 war es deutlich wärmer. Entsprechend höher lagen die Wassertemperaturen seinerzeit – die kühlungsfördernde Fließgeschwindigkeit (Flow) des Wassers im Loop physikalisch bedingt aber auch.
Die mit zunehmendem Energiebedarf stufenweise Erhöhung der System-Kühlleistung ist entscheidend dafür, dass der Hotspot in den Spiele-Parcours nur mäßig ansteigt, selbst in der extremen Modding-Stufe BIOS-Mod plus Spannungserhöhung. Lediglich 73 Grad Celsius beträgt sein Maximalwert, gemessen in APTR und Control bei einer Max-TBP von etwa 730 bis 740 Watt (PCI-E-Stecker plus PCI-E-Slot). Auch die von Hwinfo64 ausgewiesenen Nebentemperaturen für Speicher und Spannungswandler sind erfreulich niedrig. Der hohe Aufwand zahlt sich nun aus, der mit Thermal Grizzly Conductonaut Flüssigmetall, hochleitenden Alphacool- und GPU-Fix-Wärmeleitpads sowie der sorgfältigen Verschraubung des Bykski-Kühlblocks betrieben wurde. Dass gleich drei D5-Pumpen bedarfsweise hohen Flow erzeugen, ist ebenfalls hilfreich bei der Lösung der anspruchsvollen Kühlaufgabe, und der Großradiator Watercool Mo-Ra 420 LT ist Silent- und Leistungs-Enthusiasten ohnehin sein Gewicht in Gold wert.

Endgegner Pathtracing

Stellen wir die Frage nach dem Sinn. Kann eine RX 7900 XTX mit einer Nominalspannung von 1,23 Volt und über 3,5 GHz GPU-Frequenz ein erstrebenswertes Spielgerät sein? Für anspruchsvolle 3D-Aufgaben etwa und Spieler, die sich nicht um Stromkosten und Materialverschleiß scheren? Für eine Antwort stellt sich die so gequälte Asus TUF Gaming OC der größten Herausforderung für Gaming-Grafikkarten in den frühen Zwanzigerjahren des 21. Jahrhunderts: den Raytracing-Einstellungen von Cyberpunk 2077. In DQHD-Auflösung, 5.120 × 1.440 Pixel. Kurzes Drama in zwei Akten.

Zuerst eine Aufgabe, die angesichts der geballten Karten-Power lösbar erscheint: Raytracing Ultra mit FSR 2 Balance. Und tatsächlich: Immerhin knapp 55 Fps werden damit erzielt, für manchen Spieler ist das eine akzeptable Bildwiederholrate. Kann man also machen, sofern das Risiko eines Grafikkarten-Dauerbetriebs mit GPU-Überspannung eingegangen werden soll. Es folgt AMDs Nemesis – Cyberpunk im „Overdrive" genannten Pathtracing-Modus, Trommelwirbel. Doch dieser letzte Bosskampf ist schnell vorüber. Trotz aufwändigster Vorbereitung, bester Kühlung, höchsten Takten und einem brummkreiselnden Stromzähler im Hausflur verhindert auch der Performance-Modus von FSR 2 nicht, dass „V" mit schwer erträglichen 20 Frames pro Sekunde die Westbrook-Promenade in Night City entlangbummelt. Ultra-Performance-FSR verdoppelt die Framerate zwar fast auf 38 Fps, aber seien wir ehrlich: Von der besonderen Lichtatmosphäre der auf-

wändigen Strahlverfolgung bleibt subjektiv nichts übrig, wenn ein so hart eingestellter Upscaler alle Details verwischt. Es bleibt dabei: Pathtracing im Jahre 2023 ist nicht für Radeons. Wir freuen uns auf die Weiterentwicklung von FSR 3 und Fluid Motion Frames 2024!

Time-Spy-Top-100-Platzierungen und Graphics Score der Testkarten

Rank	Overall score	Graphics score	CPU score	CPU	GPU	CPU clock	GPU core clock	GPU mem clock	User	Date
Luftkühlung (TUF 1): 35.092 Grafikpunkte										
50	31974	35092	21267	Intel Core i5-13600K Processor	AMD Radeon RX 7900 XTX	5901	2964	2814	ShirKhan	Juli 25 2023
Wasserkühlung (TUF 1): 36.221 Grafikpunkte										
30	32758	36221	21248	Intel Core i5-13600K Processor	AMD Radeon RX 7900 XTX	5901	2986	2834	ShirKhan	Oktober 1 2023
BIOS-Mod (TUF 2): 37.458 Grafikpunkte										
19	33597	37458	21210	Intel Core i5-13600K Processor	AMD Radeon RX 7900 XTX	5901	3421	2664	ShirKhan	November 5 2023
Spannungs-Mod (TUF 2): 40.034 Grafikpunkte										
6	28699	40034	11020	Intel Core i5-13600K Processor	AMD Radeon RX 7900 XTX	6001	3664	2724	ShirKhan	November 18 2023

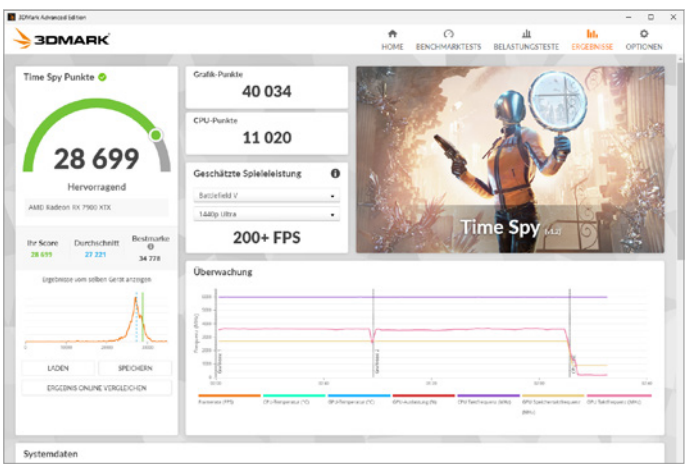
Benchmark: 3DMark Time Spy

Wenn schon nicht Spiele, müssen es Benchmarks sein, die die Stunde der Modder schlagen lässt. Hier erfährt die Welt (jener Teil, der sich für so was interessiert), was geleistet wurde bei der Optimierung von Grafikkarte und System. 3DMark Time Spy ist der bekannteste und beliebteste Vertreter seiner Zunft – rund 25.000 Neueinträge allein für die Radeon RX 7900 XTX verzeichnet der amerikanische 3DMark-Herausgeber Underwriters Laboraties (UL) derzeit monatlich. Zum Erfolg des seit nunmehr sieben Jahren angebotenen DirectX-12-Raster-Benchmarks trägt bei, dass Time Spy in der 3DMark-Basisversion kostenlos enthalten ist, wenn auch mit kleinen Einschränkungen, die ab der „Advanced Edition" entfallen. Die erreichte Punktezahl lässt sich in beiden Versionen messen. Nach dem Upload via Browser erfolgt ein Vergleich der eigenen Bestmarke mit denen der Mitbewerber im „Leaderboard" der Top-100-Rangliste. Sofern der Score die eigene Karte so weit nach oben trägt.

Die Asus-Zwillinge werden in jedem der beschriebenen vier Zustände durch Time Spy geschickt. Immer ist das Ziel der höchstmögliche Grafik-Score. Die Ergebnisse sind in der nachgebildeten Time-Spy-Ranglistentabelle zu sehen.

Luft und Wasser: von 50 auf 30

Bereits unter Luft erreicht die TUF 1 genannte erste Testkarte dank ihres hochtaktenden Naturells beachtliche 35.092 Grafikpunkte und platziert sich damit zunächst in den Top 50 Welt aller Radeon RX 7900 XTX. Mit geöffnetem PC-Gehäuse, voller Lüfterdrehzahl und nachts bei milden 18 Grad Raumtemperatur gebencht, liegt die durchschnittliche GPU-Temperatur (nicht der Hotspot) bei nur 43 °C. Der Umbau auf Wasser lässt den Grafikprozessor in der zweiten ernsthaften Benchmark-Session im Mittel sogar nur 30 °C warm werden. Die dadurch ermöglichte stärkere Übertaktung ist nicht allein für den Mehrertrag von 1.126 Grafikpunkten mit resultierendem Score von 36.221 und zwischenzeitlichem Rang 30 verantwortlich. Sondern auch Treiber-Neuerscheinungen seitens AMD, die die Time-Spy-Leistung verbessern. Konkret wird bei diesem und den folgenden Benchmark-Läufen eine Untervariante eines der drei AFMF-Vorschau-Treiber verwendet, die zwischen September und November 2023 veröffentlicht wurden. Version 31.0.23001.2007 akzeptieren die Algorithmen von UL als validen Benchmark-Treiber.



Ziel erreicht: 40.000 Grafikpunkte in 3DMark Time Spy. „Nur" 11.000 CPU-Punkte erzielt wurden aufgrund der Abschaltung von Hyperthreading und E-Cores.

BIOS und Spannung: Top 20 und Top 10

Das Extreme-OC-BIOS der Aqua 7900 XTX von Asrock mit seinen bis zu 552 Watt auf TUF 2 gespielt, erhöht den Best-Score des Asus-Karte auf 37.458 und hievt sie in die Top 20. Da mittlerweile November ist, liegt die durchschnittliche GPU-Temperatur laut 3DMark-Auswertung bei nur noch 25 Grad Celsius. Immer noch werden die Benchmark-Läufe im Innenraum durchgeführt, auch wenn die in der Community „Fenster-Mod" genannte Zufuhr kalter Abend- oder Morgenluft die Raumtemperatur senkt. Der VRAM-Takt muss aus bekannten Gründen um 170 MHz zum vorherigen Bestlauf mit TUF 1 gesenkt werden. Mindestens 500 Grafikpunkte kostet das.

Die vorerst letzte Time Spy-Etappe ist der abgebildete Vollgas-Run mit Spannungserhöhung per EVC2. Der Grafikprozessor wird dabei einem Voltage-Offset von +150 mV ausgesetzt. Die SoC-Spannung erhält ebenfalls einen Zuschlag, und um die akute Übertaktungsschwäche der Speichermodule zu lindern, wird auch der VRAM um 125 mV overvoltet. Ziel der Bemühungen: die magische Marke von 40.000 Grafikpunkten zu knacken. Um die Kartentemperaturen im Griff zu behalten und den Vorteil steigender Taktfreudigkeit bei Kälte zu nutzen, wird das System samt Mo-Ra an einem frischen Novembermorgen ins Freie versetzt. Fast so kalt wie die Außenluft wird das Kühlwasser und lässt die GPU-Temperatur nicht über einen Durchschnittswert von 24 °C steigt, trotz einer Leistungsaufnahme des Spielgeräts von bis zu 830 Watt an den drei PCI-E-Stromsteckern plus Mainboard-Strom.

Netzteil-Power dringend gesucht

Die Gesamtleistung des Systems liegt in diesen Sekunden bei mehr als 1.150 Watt. Solche Belastung verkraftet das bis zu diesem Zeitpunkt eingesetzte Corsair-Netzteil HX1200 trotz theoretisch ausreichender Nennleistung nicht – es schaltet das System kurzerhand ab. Verantwortlich sind Spannungsspitzen, die für Sekundenbruchteile ein Mehrfaches der von den Sensoren erfassten Maximalleistung fordern können und dies während des Time-Spy-Benchmarks offenbar auch tun. Abhilfe schafft das um 300 Watt stärkere HX1500i desselben Her-

stellers. Es wird ebenfalls im Single-Rail-Modus betrieben, um die vollen 125 Ampere Nennbelastbarkeit auf einer einzigen 12-Volt-Schiene bereitzustellen. Das neue Netzteil erweist sich als stark genug für die Aufgabe, vermutlich auch aufgrund der erfüllten ATX 3.0-Spezifikation. Die fordert unter anderem das, was dem Vorgänger-PSU mit ATX 2.4 offenbar Probleme bereitete: problematische Stromspitzen abzufangen.

CPU-Power gern genommen

Für die 3DMark-Läufe wird auch die CPU an ihr Limit getrieben, der Erkenntnis folgend, dass der WQHD-Benchmark Time Spy trotz interner technischer Trennung in GPU- und CPU-Benchmark auch in den Grafiktests nicht vollständig GPU-gebunden ist. In anderen Worten: Bis zu einem gewissen Grad ist er CPU-limitiert. Je mehr Power der Hauptprozessor liefert, desto höher steigt der Grafik-Score. Und obwohl der CPU-Einfluss Grenzen hat: In den Ranglisten-Top-Ten ist die Luft dünn, da zählt jeder Punkt. Folglich absolviert der i5-13600K seine Benchmark-Aufgaben nicht mehr mit den zuvor in den Spieltests verwendeten, bereits recht anspruchsvollen Takten von mindestens 5,6 GHz auf den P-Kernen und 4,2 GHz auf den E-Cores. Sondern mit fixierten 5,9/4,3 GHz. Während des High-Score-Laufs, der TUF 2 Rang sechs der Top 100 verschafft, laufen die Intel-Performance-Cores sogar mit 6 GHz – allerdings ohne E-Cores-Begleitung und Hyperthreading. Die Abschaltungen im UEFI resultieren in halbierten CPU-Punkten. Dem Grafik-Score hilft es trotzdem, weil CPU-Schub vor allem mit den Power-Kernen erzeugt wird. Mit einem Treiber-GPU-Takt von 3.670 MHz werden schließlich 40.034 Grafikpunkte erreicht.

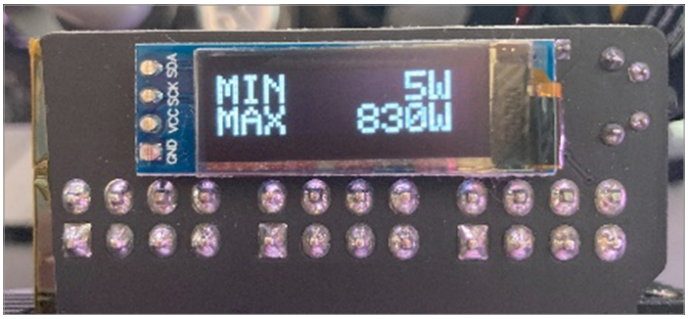
Summa summarum

„Sechs bis neun Prozent", so beginnt dieser Text. Aufgegriffen wird damit der Fps-Gewinn zum Werkszustand beim klassischen Übertakten der Asus TUF Gaming Radeon RX 7900 XTX OC Edition im Radeon-7000-Tuning-Artikel in PCGH 11/2023. Am Ende dieses Modding-Berichts steht im Fünf-Spiele-Testfeld nun eine Zwanzig. Um so viele Prozentpunkte höher ist die durchschnittliche Framerate der 7900 XTX zum Auslieferungszustand, wenn alle OC-Register durch zusätzliche Hardware-Umbauten gezogen werden.

Der Wert setzt sich zusammen aus den Gewinnen der einzelnen Modifikationsstufen. Zum genannten OC-Erfolg unter Luft (im Mittel 7,33 %, um ganz genau zu sein) addiert die Wasserkühlung drei Prozent. Weitere vier Prozent werden mit den mehr als hundert Watt Zusatzleistung durch das Asrock-Aqua-BIOS in seiner „Extreme"-Variante bei gleichzeitigem GPU-Undervolting gewonnen. Nochmals drei von hundert legt die Spannungszugabe via EVC2 drauf. Zum Schluss fiktiv addiert wird die durch den VRAM-Kontaktverlust von Testkarte TUF 2 „verlorene" Speicherübertaktung. Zwei bis drei Prozent setzen wir dafür an und runden dann auf.

Zwanzig Prozent also. Ist nun alles gut? Immerhin schließt das AMD-Topmodell damit zur gewöhnlich weit enteilten RTX 4090 auf, sofern Raytracing in den Spieletiteln nicht auf Anschlag steht. Der reflexartige Seitenblick zum grünen Mitbewerber sollte indes nur kurz triumphierend ausfallen. Denn der Energiebedarf, mit dem sich die XTX ihre Mehrleistung erkauft, ist immens. 650 bis 700 Watt Total Board Power sind es mindestens, und die AMD-Speerspitze muss weitreichende Umbauten erdulden, um dorthin zu gelangen, wo jede RTX 4090 bereits mit Werkseinstellungen ist. Die schafft die gleichen Frameraten locker mit Luftkühler und bleibt dabei unterhalb ihres Limits von 450 W TBP. Selbst der Preisvorteil des AMD-Spitzenmodells von rund 1.000 Euro gegenüber dem im Dezember 2023 exorbitant teuren Nvidia-Boliden schmilzt nach Abzug aller hinzugekauften Bauteile und Materialien um ein Drittel bis die Hälfte.

Wenden wir uns daher ab vom unerquicklichen Herstellervergleich. Modding ist schließlich Selbstzweck. Das Abenteuer benötigt keinen Wettbewerbserfolg, um Enthusiasten glücklich zu machen. Oder vielleicht doch? Es gibt ja noch das Kräftemessen mit Kontrahenten aus dem eigenen Lager. Und wo, wenn nicht in Benchmarks, lässt sich am besten mit Leistung protzen? Die



Bis zu 830 Watt wurden in den High-Score-Runs von Time Spy über die drei 8-Pol-Stromstecker der Asus-Testkarte aufgenommen.

3DMark Top-100-Ranglisten sind der ideale Zufluchtsort für hochleistungs-gemoddete Grafikkarten; hier können sich die aufgepumpten Testosteron-Platinen nach Herzenslust um die besten Plätze balgen. Neun Grafikkarten aus den Top Ten der 7900 XTX-Time-Spy-Rangliste wurden von ihren Besitzern voltage-gepimpt, der zehnte – man kennt sich – erwähnte kürzlich, er hätte den Spannungsregulator EVC2 nun ebenfalls bestellt. Die Trockeneis-Spezialisten ganz oben auf dem Treppchen wurden da noch gar nicht erwähnt, und so sind 3DMark-Listen die wahren Helden-Arenen für AMD-Modding-Gladiatoren. Solange man unter sich bleibt. Denn begibt man sich in die „Hall of Fame" von UL, wo die Top 100 aller Single-GPU-Grafikkarten in Time Spy versammelt sind, findet man genau eine Radeon RX 7900 XTX – bestauntes Einhorn im hinteren Viertel der Liste, umgeben von neunundneunzig Nvidia RTX 4090. Aber diesen Vergleich wollten wir ja nicht mehr anstellen.

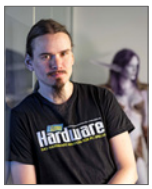
Stattdessen ein wenig Nabelschau: Der in Grafikpunkte umgerechnete Fps-Ertrag in 3DMark Time Spy beeindruckt mehr als die Frameraten in den Spieletiteln. Ausgehend von einem Grafik-Score von rund 30.500 Punkten im Auslieferungszustand lässt sich die gemoddete Asus TUF Gaming RX 7900 XTX mit Extrem-Overclocking auf mehr als 40.000 Punkte treiben – das ist ein Zuwachs um fast ein Drittel. Möglich machen das Wasserblock, Flüssigmetall, starkes BIOS und Spannungserhöhung, um die wichtigsten Maßnahmen zu nennen. Geschraubt, gepinselt und abgeklebt, geklammert und gelötet muss dafür werden, und eine Peripherie zur Verfügung gestellt, die eine Gesamtwärmemenge von mindestens 1.150 Watt abführen kann. Auf die Grafikkarte allein entfallen während der High-Score-Runs rund 850 Watt. Bei aller Freude an Spitzenleistungen: Niemand spielt und nur wenige benchen so.

Die Leistungsschau schafft Risiken für die Kartengesundheit. Nicht nur droht im Betrieb unter Last Gefahr durch zu hoch eingestellte Spannungen. Bereits im Verlauf ihrer Umbauten erlitt die erste 7900 XTX einen Totalschaden am Grafikprozessor, die genaue Ursache wird wohl nie restlos geklärt werden. Auch die Nachfolgekarte kam nicht ungeschoren davon: Ihre zuvor außergewöhnliche VRAM-Übertaktungsfähigkeit büßte sie fast vollständig ein, verursacht vermutlich durch Kontaktverlust der Lötverbindungen nach Verbiegen der Leiterplatte. Selbst wenn bei diesen Rückschlägen neben Zufall und Pech auch Leichtsinnigkeit im Spiel gewesen sein mag, hier eine Warnung an Nachahmer: Bitte aufpassen, die großen RDNA 3-Karten scheinen mechanisch höllisch empfindlich zu sein.

Zwei Jahre nach Präsident Reagans „Tear down this wall!" fiel die Berliner Mauer. Eine Nummer kleiner wird im Hier und Heute eingerissen, was eingerissen gehört: Watt- und Spannungs-Limits. Nachdem der Staub sich gelegt hat, wird mit der Radeon RX 7900 XTX die feine Grafikkarte sichtbar, die sie jederzeit war, ein ansprechend leistungsfähiges Spielgerät zum konkurrenzfähigen Preis. Mit neuen Fähigkeiten und befreit von ihren Limits ist sie trotzdem sparsam bei Bedarf, schlank im neuen Gewand und nie wieder laut. Der AMD-Fan wird sagen: Das hat sich gelohnt. *(rsk)*

Prozessoren

AMD- und Intel-Prozessoren, Prozessorkühler, Wärmeleitpasten www.pcgameshardware.de/cpu

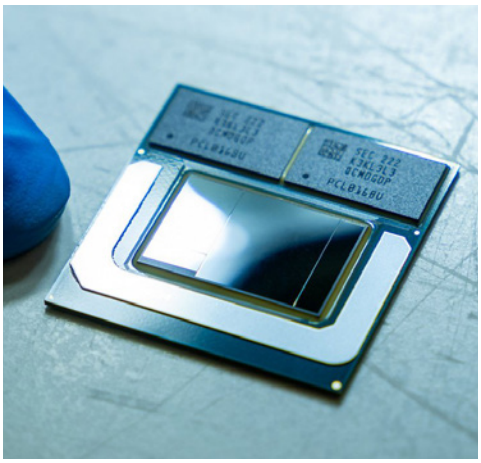


Torsten Vogel
Fachbereich:
Ständig was „Neues"
E-Mail: post@pcgh.de

Kommentar

Unsystematische Namens-Systeme – ein Fest für unlautere Vermarktung

Einer weithin akzeptierten Theorie zufolge formt Sprache das Denken. Deswegen soll man von „Verbrecher*innen" oder „Verbrechenden" statt „Verbrechern" sprechen, denn das formell inkludierende, generische Maskulinum könne dazu führen, dass weiblich gelesene Kriminelle ausgeblendet werden. (Ich weiß: Busfahren ist als Beispiel beliebter. Warum eigentlich?) Aber wenn ich sogenannte „Namensschemata" für Hardware mit dieser Theorie abgleiche, tun sich Fragen auf: Ist AMDs und Intels Denken in einer Sprache gefangen, die Logik verhindert? Sollen die Namen es unmöglich machen, beim Kauf zu denken? Bin ich einfach zu blöd? Mit Systematik kann ich jedenfalls nicht erklären, was AMD und Intel im Dezember verbrochen haben. Letztere schaffen es zwar, wider Erwarten und dank nur drei Ziffern, „Core Ultra 12..." von „12..."-Alder-Lakes abzugrenzen. Aber dafür erhärtet sich der Verdacht, dass Raptor-Lake-Mobile als „Core" rückfällig wird – ebenfalls ohne gewohntes „i", dessen Entlassung eigentlich die Innovation von Meteor Lake betonen soll. AMD ist ähnlich dreist. Deren Mobile-„Namensschema" startete schon 2022 mit Zen-2-APUs unter „7000"er-Nummern, die nicht nur an Zen-4-Desktop-7000er (anderes System) erinnern, sondern auch erst 2023 hätten vergeben werden dürfen. Nun folgten im Dezember 2023 erste „8000"-er und diese für 2024 stehende Ziffer ist teils die einzige Neuerung: Beispielsweise 7440U und 8440U nutzen das gleiche Silizium, mit gleicher Freischaltung, gleichem Takt und gleicher TDP. Ein 7940HS mit höherem NPU-Takt heißt 8945HS, suggeriert also der verbesserte Nachfolger des 7945HX mit doppelt so vielen Kernen zu sein. In welcher Sprache muss man denken, um so etwas „System" zu nennen?



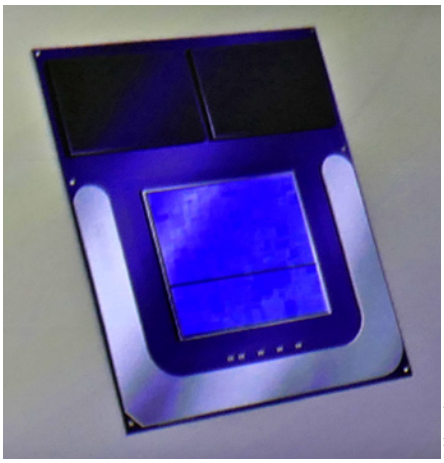


Bild: Intel

RAM auf CPU: Details zu Lunar Lake

Raptor Lake ist frisch erschienen und Arrow Lake liegt noch in weiter Ferne, da bahnen sich Informationen zu Intels übernächster Generation ihren Weg.

In der PCGH 12/2023 spekulierten wir noch, nun lichten sich langsam die Wolken über „Lunar Lake". Zur Erinnerung: 2024 wird zunächst Arrow Lake als erstes Intel-20A-Design erscheinen. Die Gerüchteküche ist sich seit Langem einig, dass dieser nach der langen Alder-und-Raptor-Lake-Phase Intels Desktop-Portfolio erneuern soll. Er stellt also den großen, höher taktenden Bruder zum im Dezember gelaunchten Meteor Lake dar, welcher nur als Mobile-CPU erscheint.

Lunar Lake wiederum galt lange Zeit als erster Intel-18A-Prozessor sowie als Ultra-mobile-Ergänzung zu Meteor Lake; vor allem wegen Intel-eigener Renderings eines Lunar-Lake-Packages mit integriertem RAM (oben rechts). Derartige Prozessoren mit integriertem Arbeitsspeicher bot Intel zuletzt 2020 mit Lakefield an. Im Herbst 2023 hat Intel aber den Einsatz der 20A-Fertigung für Lunar Lake bestätigt und sprach von einer ganzen „Generation" nach Arrow Lake. Zudem tauchten Bilder einer Meteor-Lake-CPU in vergleichbarer Spezialbauweise auf (links). Wird Lunar Lake also ein Nachfolger, keine Ergänzung?

„Jein": Das „Meteor Lake Memory on Package"-Design ist zwar funktionsfähig, war aber nie für den Verkauf vorgesehen – MTL-MoP dient nicht als Vorgänger, sondern als Vorserien-Prototyp, an dem die benötigte Technik erprobt wird.

Lunar Lake wird die ultra-kompakte Bauweise aber über eine ungeahnte Spanne von 8 bis 30 W TDP skalieren und somit alle im Dezember gestarteten Meteor-Lake-Modelle ablösen. Da Intel größere Notebooks ab der 35-W-Klasse teils weiterhin mit Raptor-Lake-CPUs (Core-i-13000- und -14000-Generation) bedient, dürfte Lunar Lake also eine Ergänzung zu Arrow Lake werden, der taktreduziert sicherlich auch mobile-tauglich ist. Beide CPUs würden so bis Ende 2024 eine geschlossene 20A-Generation bilden und je einen Teil der Meteor-Lake-Produktpalette ersetzen.

Für Lunar Lake sind bislang vier Modelle im Gespräch, was aber vermutlich nur ein Ausschnitt des Portfolios ist, denn sie nutzen alle einen Vollausbau mit 4P- und 4E-Kernen in neuer, noch unbekannter Architektur (Lion Cove respektive Skymont). Hinzu kommen eine große oder eine kleine Grafikeinheit, kombiniert mit 16 oder 32 GiB integriertem LPDDR5x-8533. Der hohe Takt wird durch die direkte Anbindung erleichtert, ist aber auch nötig, da LPDDR-Module nur je einen 32-Bit-Kanal enthalten und so die Breite des Speicher-Interface gegenüber konventionellen SO-DIMMs halbieren. Eine Rolle rückwärts macht Lunar Lake bei der physischen Aufteilung: Speicher-Controller, GPU und CPU-Kerne sitzen wieder in einem gemeinsamen Tile und alle E-Kerne dienen als Low-Power-Cluster. Für die Fertigung ist TSMCs 3N im Gespräch, was Synergie-Effekte mit der nächsten Arc-Grafikkartengeneration brächte. Ein zusätzlicher SoC-Tile kümmert sich allein um I/O-Aufgaben. *(tv)*

Prozessor-Leistungsindex

Preis-/Leistungsindex | Effizienz-Index (Spiele-Verbrauch) | Gesamtindex | Spiele | Anwendungen

BESSER ▶
Normierte Leistung

| | | |

Chips-Frisch

Nicht Intersnack, sondern Intel hatte für Dezember neue (Daten-)Knabber-Spezialitäten angekündigt und liefert nun zwei neue CPU-Serien aus.

Regelmäßige PCGH-Leser wissen seit der Ausgabe 12/2023: Am 14.12. war Intel-„AI Everywhere". Paradoxerweise an einem einzelnen Ort und mit realen statt virtuellen Produkten, aber interessant sind die neuen „Core Ultra"-Mobil- und die fünfte Generation der Xeon-Scalable-Server-Prozessoren dennoch. Für Xeon D-x800 und Xeon E-2400 gilt dies kaum. Ersterer Refresh der bestehenden Xeon D-x700 bringt mehr aktive Kerne, Intels Schönrederei der 2019er Ice-Lake-Technik als „drop in compatible" ist aber eher peinlich – die verlöteten, im Edge-Einsatz beliebten Xeon D „droppen" erst, wenn das Lot schmilzt. Xeon E-2400 nimmt dagegen bequem im Sockel 1700 Platz (allerdings nur auf C262- oder C266-Mainboards). Es sind normale Raptor-Lake-CPUs, die [E]ntry-Level-Server unterhalb der Sapphire-Rapids-[W]orkstation-Modelle bedienen. Entsprechend ist die IGP deaktiviert (professionelle Anwendungs-PCs bedient seit Alder Lake „Core") und interessanterweise auch die E-Cores. AVX512 bleibt dennoch abgeschaltet, obwohl es alle anderen Xeons, inklusive der Rocket-Lake-basierten E-2300, unterstützen und es im Desktop, wo der Nutzen ohnehin gering war, nur wegen der E-Cores deaktiviert wurde.

Intel Core Ultra Processor: Meteor Lake für Laptops

Lange angekündigt, jetzt endlich da: Der „Intel Core Ultra Processor" ersetzt das obere Ende der bestehenden Core-i-Linie und greift dabei die Benennung der „Intel Processor" auf, den denkbar generisch benannten Nachfolgern von Celeron und Pentium. Zwischen beiden wird noch der „Intel Core Processor" erwartet, voraussichtlich aber mit altem Raptor-Lake-Silizium.

Gestatten: Ultra 100

Der Neuzugang Meteor Lake tritt dagegen immer als Core Ultra an und erhält als erster dieser Art neue 1XX-Produktnummern, gefolgt von Buchstaben zur Angabe des TDP-Bereichs. „U" steht, wie gewohnt, überwiegend für die 15-W-Klasse, „H" wechselt dagegen auf die zuletzt als „P" vermarkteten 28 W. Einzig der im ersten Quartal folgende 185H wird die klassischerweise assoziierten 45 W dauerhaft ausreizen. Am anderen Ende des Portfolios folgen dann zusätzlich 9-W-Modelle für lüfterlose Notebooks – wie zuletzt gewohnt ebenfalls als „U", eine Rückkehr der „Y"-Klasse bleibt aus.

More Power!

Wie so oft erzählen TDP-Angaben aber nur die halbe Wahrheit, denn die maximale Turbo-Leistungsaufnahme der „H"-Modelle kann von den 64 W bisheriger 28-W-TDPler auf die 115 W der alten 45-W-„H"-ler hochgeschraubt werden. Kurzfristig steht also deren volles Leistungspotenzial zur Verfügung, was Intel nicht von Peak-Performance-Vergleichen zwischen dem Core Ultra 165H und dem auf 64 W begrenzten i7-1370P abhält. Beide CPUs haben zwar das gleiche PL1-Power-Limit, dessen Bedeutung relativ zum Boost bleibt in den Intel-Benchmarks aber unklar. Im Alltag zählt für Notebooks ohnehin eher der Stromverbrauch bei einer gegebenen, geringeren Last und dieser sollte deutlich unter der TDP bleiben. Meteor Lake soll dann auch keine neuen Maßstäbe bei der Single-Thread-Leistung setzen und kleine Fortschritte im Multi-Core dürften größtenteils ein Nebeneffekt anderer Optimierungen, beispielsweise des schnelleren RAMs, sein. Deutlich mehr Rechenleistung wird nur für die integrierte GPU versprochen und zumindest gegenüber bisherigen Intel-IGPs ist diese auch gesichert (siehe Technologie-Analyse in der PCGH 12/2023); relativ zu AMD wird nicht zuletzt der zulässige Stromverbrauch im jeweiligen Notebook eine gewichtige Rolle spielen. Gleiches gilt für die Multi-Thread-Dauerleistung, denn wie die extreme Spanne zwischen TDP = Power Limit 1 und Turbo Power = Power Limit 2 schon nahelegt: Das Leistungspotenzial von Mobile-CPUs wird stark durch den

dauerhaft zulässigen Energieumsatz begrenzt. Sieger ist, wer aus diesem Rahmen das meiste herausholt.

Mehr Effizienz!

Wie bereits zur Vorstellung der Architektur dargelegt, optimiert Intel Meteor Lake vor allem für Alltagsszenarien mit geringen Anforderungen. Hierzu ist die CPU in drei wesentliche Silizium-Stücke aufgeteilt, den Compute-, den SoC- und den Graphics-Tile. Zusätzlich gibt es noch einen vierten, der nur als I/O-Ergänzung dient. Da zwei der insgesamt 10 E-Kerne ebenso mit im SoC sitzen, wie die Bildausgabe und der Speichercontroller, kann der eigentliche CPU-/Compute-Chip zeitweise komplett abgeschaltet werden und auch die Grafikeinheit wird erst mit Strom versorgt, wenn 3D-Rendering ansteht. Auf dem Windows-Desktop verspricht man so einen 79 Prozent geringeren Stromverbrauch gegenüber AMDs <30-W-Flaggschiff, beim Netflix-Streaming immer noch 48 Prozent. Das sind Hausnummern, die umgekehrt eine doppelt respektive viermal so hohe Akkulaufzeit suggerieren – würde in solchen Situationen nicht Displays den Stromverbrauch von Notebooks dominieren. Bekommt der Prozessor dagegen etwas zu tun, beispielsweise eine größere Microsofts-Teams-Konferenz, bleiben noch 7 Prozent Vorteil übrig. Laut Intel reicht es in Sachen Performance pro Watt aber immer noch für einen klaren Sieg über das gesamte Leistungsspektrum hinweg – und das nicht nur gegen AMD, sondern sogar gegen Apples M3. Allerdings war laut Intel auch schon der Raptor-Lake-basierte i7-1370P auf Augenhöhe mit Apple, was externe Tester so nicht bestätigten.

Nichtsdestotrotz: Meteor Lake macht deutliche Effizienzfortschritte und dürfte vor allem aus den neuen Fertigungsmethoden resultieren. Das Compute-Tile wird, PCGH berichtete, erstmals in Intel 4 gefertigt und damit in einem zum von AMD genutzten TSMC N4 vergleichbaren Prozess (alte ITRS-Einteilung: jeweils 7-nm-Klasse). Die restlichen Meteor-Lake-Bestandteile laufen in N5 oder N6 vom Band; Intel schafft den vermutlichen Effizienz-Gleichstand also auf im Schnitt weiterhin schlechterer Grundlage und mindestens zwei weitere Verbesserungsrunden bis 2025 – während von AMD erst im weiteren Verlauf von 2024 überhaupt neues Silizium erwartet wird und das vermutlich weiterhin auch nicht in N3.

Mehr Marketing?

Kaum beteiligt am Fortschritt ist der sogenannte Base Tile, auf dem die anderen vier Chips Platz nehmen. Wir spekulierten vor zwei Monaten über mögliche Zusatzfunktionen in diesem, denn Intel spricht ausdrücklich von einem „Foveros"-Package – eine Bezeichnung, mit der Intel hauseigene 3D-Stacks mit aktivem Silizium in allen Lagen von simplen 2,5D-Interposer-Lösungen abgrenzt, in denen die untere Ebene nur Leiterbahnen zwischen den aufgesetzten Chips bereitstellt (im Desktop etwa RAM und GPU bei HBM-Grafikkarten). Bei Meteor Lake macht man nun aber genau das und verrät auch auf Nachfrage keinen Grund dafür. Da Intel für simple Interconnects mit EMIB eine materialsparendere Lösung hat und der Base Tile mit Intel 16 (einem verfeinerten ITRS-22-nm-Node) einen um drei Größenordnungen feineren Prozess nutzt, als für die angegebenen Kontakte notwendig erscheint, sind vermutlich externe Zwänge oder gescheiterte Pläne im Spiel.

Auf dem MTL-Substrat (Mitte) sitzt ein Base-Tile (Rückseite links), darauf Graphics-, SoC-, I/O- & Compute-Tile. Letztere sind in allen Folien spiegelverkehrt dargestellt.

Bild: Intel

Wie üblich spricht Intel der neuen CPU Eigenschaften wie Thunderbolt 4 und Wi-Fi 7 zu, die in der Realität von mehr oder minder lange bekannten Onboard-Zusatz-Chips ermöglicht werden. Insgesamt 28 PCI-E-Lanes sind für Notebooks aber ansehnlich.

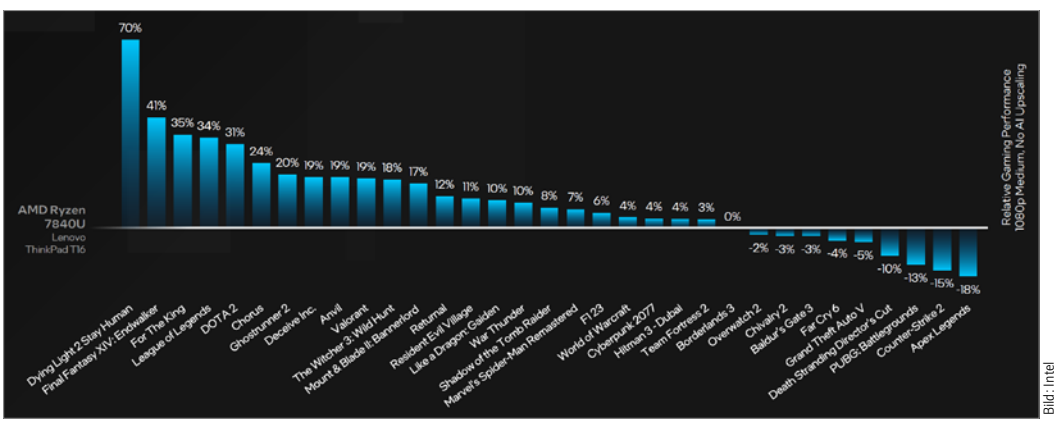


Bild: Intel

Bei 28 W TDP sieht Intel das neue „Core Ultra"-Topmodell im Schnitt 10 Prozent vor der Grafik-Leistung von AMDs (bis zum Erscheinen von Zen-5-Modellen) bester low-power AMD-APU 7840U (15-30 W TDP). Zum 7940HS mit 35 bis 54 W schweigt man.

	Processor Number	Cores/ Threads	P-cores	E-cores	LP E-cores	Intel® Smart Cache (LLC)	Max Turbo Frequency (GHz)[4] P-core	E-core	Built-In GPU	GPU Max Frequency (GHz)	Xe-cores	Neural Processor	Neural Compute Engines	Max Memory Speed[7]	Maximum Memory Capacity	Processor Base Power (W)	Maximum Turbo Power (W)
H	Intel® Core™ Ultra 7 165H	16/22	6	8	2	24M	5.0	3.8	Intel® Arc™ GPU[1]	2.3	8	Intel® AI Boost	2x Gen3	DDR5-5600 LPDDR5/x-7467	64GB (LP5) 96GB (DDR5)	28	64, 115
	Intel® Core™ Ultra 7 155H	16/22	6	8	2	24M	4.8	3.8	Intel® Arc™ GPU[1]	2.25	8	Intel® AI Boost	2x Gen3	DDR5-5600 LPDDR5/x-7467	64GB (LP5) 96GB (DDR5)	28	64, 115
	Intel® Core™ Ultra 5 135H	14/18	4	8	2	18M	4.6	3.6	Intel® Arc™ GPU[1]	2.2	7	Intel® AI Boost	2x Gen3	DDR5-5600 LPDDR5/x-7467	64GB (LP5) 96GB (DDR5)	28	64, 115
	Intel® Core™ Ultra 5 125H	14/18	4	8	2	18M	4.5	3.6	Intel® Arc™ GPU[1]	2.2	7	Intel® AI Boost	2x Gen3	DDR5-5600 LPDDR5/x-7467	64GB (LP5) 96GB (DDR5)	28	64, 115
U	Intel® Core™ Ultra 7 165U	12/14	2	8	2	12M	4.9	3.8	Intel® Graphics	2	4	Intel® AI Boost	2x Gen3	DDR5-5600 LPDDR5/x-7467	64GB (LP5) 96GB (DDR5)	15	57
	Intel® Core™ Ultra 7 155U	12/14	2	8	2	12M	4.8	3.8	Intel® Graphics	1.95	4	Intel® AI Boost	2x Gen3	DDR5-5600 LPDDR5/x-7467	64GB (LP5) 96GB (DDR5)	15	57
	Intel® Core™ Ultra 5 135U	12/14	2	8	2	12M	4.4	3.6	Intel® Graphics	1.9	4	Intel® AI Boost	2x Gen3	DDR5-5600 LPDDR5/x-7467	64GB (LP5) 96GB (DDR5)	15	57
	Intel® Core™ Ultra 5 125U	12/14	2	8	2	12M	4.3	3.6	Intel® Graphics	1.85	4	Intel® AI Boost	2x Gen3	DDR5-5600 LPDDR5/x-7467	64GB (LP5) 96GB (DDR5)	15	57
Q1 2024 expected availability																	
H	Intel® Core™ Ultra 9 185H	16/22	6	8	2	24M	5.1	3.8	Intel® Arc™ GPU[1]	2.35	8	Intel® AI Boost	2x Gen3	DDR5-5600 LPDDR5/x-7467	64GB (LP5) 96GB (DDR5)	45	115
U	Intel® Core™ Ultra 7 164U	12/14	2	8	2	12M	4.8	3.8	Intel® Graphics	1.8	4	Intel® AI Boost	2x Gen3	LPDDR5/x-6400	64GB (LP5)	9	30
	Intel® Core™ Ultra 5 134U	12/14	2	8	2	12M	4.4	3.6	Intel® Graphics	1.75	4	Intel® AI Boost	2x Gen3	LPDDR5/x-6400	64GB (LP5)	9	30

Bild: Intel

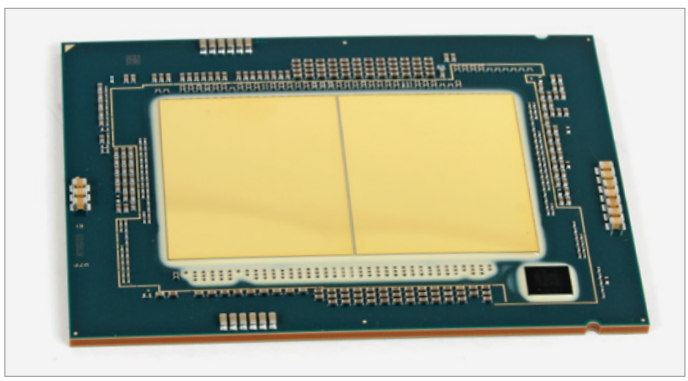
Die größere Speichermenge mit langsamem DDR5 resultiert aus der Verfügbarkeit von 24-GiB-Modulen. Zu den physischen und Ausstattungs-Unterschieden zwischen H- und U-SKUs macht Intel noch keine Angaben. Nur eine einzelne Render-Grafik legt nahe, dass die 2+8+2-Kerner kleinere Compute-, I/O- und Graphics-Tiles nutzen.

5th Gen Xeon Scalable Processor: Emerald Rapids

Auch Intels zweite Neuvorstellung nützt Desktop-Usern vorerst wenig, bringt aber neue Informationen mit sich. „Emerald Rapids"-Xeons waren ebenfalls im Herbst angekündigt worden, damals gab es aber nur die Versprechen „mehr Kerne" und „bis zu dreimal mehr Cache" sowie ein Render-Bild. Plattform (LGA4677, Mainboards können aufgerüstet werden) und Intel-7-Fertigung sind zwar 1:1 vom Vorgänger Sapphire Rapids bekannt, aber über die Innereien konnten wir nur spekulieren.

PCGH-Prognose bestätigt

Unsere Analyse hat sich dabei bestätigt, zumindest am oberen Portfolio-Ende: Der neue XCC („Extreme Core Count") besteht aus ähnlich viel Silizium wie sein Vorgänger, verteilt dieses aber nicht mehr über vier normal große Tiles, sondern nur über zwei übergroße, die an die Grenzen der Belichtungsanlagen gehen. Beide EMR-XCC-Tiles zusammen enthalten hierbei je vier Dual-Channel-DDR5-Controller, Co-Beschleuniger-Einheiten und CPU-CPU-Interconnects (UPI) sowie je fünf aktive PCI-E-5.0-Controller mit 80 freien Lanes und einen sechsten für die DMI-Anbindung zum I/O-Hub. Das entspricht der aktiven Ausstattung der Sapphire-Rapid-Xeon-Scalables, deren XCC aus Symmetriegründen aber Platz für zwei weitere PCI-E-Controller verschwendet, die nur in Workstations aktiviert werden. Vor allem aber braucht der SPR-XCC insgesamt 40 Knotenpunkte zur Vernetzung seiner vier Tiles untereinander; die hierfür nötige Fläche entspricht der von 16 bis 20 CPU-Kernen. Weniger EMIB-Brücken zwischen nur zwei Tiles bei Emerald Rapids reduzieren diesen Overhead nun auf das Äquivalent von 6 bis 7 Kernen und schaffen so Platz für 2× 33 physisch vorhandene Kerne und für eine 5-MiB-L3-Cache-Slice je Kern. Die 4× 15 Kerne von Sapphire Rapids XCC verfügen dagegen nur über je 1,875 MiB L3. Ein günstigeres Verhältnis gibt es nur rein rechnerisch in Modellen, bei denen ein Teil der Kerne deaktiviert, ihre Cache-Slice aber aktiv belassen wurde.



Zwei Tiles, ein Package: EMR-XCC ist weniger modular als SPR-XCC. Jede der Hälften ähnelt in ihrer Größe einem EMR- oder SPR-MMC, hat aber einen anderen Aufbau.

Raptor Lake für Server

Zusätzlich zu dieser quantitativen Steigerung hat Intel die Sprungvorhersage verbessert und wechselt damit offiziell von der Golden-Cove- auf die Raptor-Cove-Architektur, genauso wie beim Upgrade auf Raptor Lake im Desktop. Allerdings hatten die Xeons seit jeher 2 MiB L2-Cache je Kern; ein Boost wie gegenüber dem auf 1,25 MiB beschnitten Alder Lake bleibt aus.

Mittelklasse-Recycling

Diese Nicht-Neuerung führt auch zu konstanten Spezifikationen bei Mittelklasse-Xeons. Diese nutzen überwiegend nicht den teuren Multi-Tile-XCC, sondern einen monolithischen „Medium Core Count"-Chip. Dieser bietet auf der Fläche eines EMR-XCC-Tiles 34 Kerne, 3 UPIs und 6 physische PCI-E-Controller sowie alle DDR-Kanäle und Co-Beschleuniger eines ganzen XCCs. Und das sowohl bei Sapphire Rapids als auch Emerald Rapids, denn der neue MCC ist wenig mehr als ein neues Stepping – es gibt keinen Cache-Boost, nur die Raptor-Cove-Sprungvorhersage.

Neuer Einstiger-Chip

Gleiches gilt auch für den „Low Core Count"-Chip. Dieser wird mit Emerald Rapids neu eingeführt, stellt aber nur eine kostengünstige Ausführung des MCC dar, ohne die L3-Verbesserung des XCC. Weitere physische LCC-Eigenschaften hält Intel geheim, allerdings entspricht die offizielle „bis zu 20 Kerne"-Angabe nicht dem maximal verkauften Ausbau (wie „64" für den XCC und „32" für den MCC): Es gibt bislang keinen Xeon zwischen 16 und 24 Kernen. Dafür ergäben sich 20 physische Kerne, wenn man aus dem Grundlayout eine MCC zwei von drei 7-Kern-Reihen entfernt. Maximal vorstellbar erscheinen 21 physische Kerne, wenn Intel zusätzlich eine der im unteren Portfolio-Teil

nicht benötigten UPI-Slices gegen einen Reserve-Core getauscht hat.

Effizienter und schneller?

Eine weitere Neuerung, vor allem im MCC- und LCC-Segment, sind höhere Boost-Taktraten bei ähnlicher oder gleicher TDP. Besser abgestimmte Turbo- und AVX-Modi sollen bei gleichem Verbrauch auch einen spürbar höheren durchschnittlichen Takt ermöglichen. Kommt der Cache-Boost des XCC hinzu, sowie zusätzliche Kerne und ein Wechsel von DDR5-4800 auf -5200, die es ebenfalls fast nur im XCC-Segment gibt, verspricht Intel 10 bis 70 Prozent mehr Leistung bei im Schnitt 34 Prozent höherer Effizienz verglichen mit Sapphire Rapids. Selbst AMDs Genoa-Epycs sollen, Kern für Kern, in beiden Aspekten geschlagen werden – besagt eine auffällig Cache-lastige Benchmark-Auswahl. Da wäre eigentlich Genoa X mit V-Cache die Referenz, einen entsprechenden Vergleich bleibt Intel aber ebenso schuldig, wie Werte von MCC-/LCC-Xeons. Wir erwarten diese deutlich näher an den SPR-Vorgängern.

Sapphire Rapids bleibt

Deren Flaggschiffe werden übrigens nicht abgelöst: Sowohl Xeon Max mit 64 GiB HBM-RAM im Package als auch die Xeon -H-Modelle für Systeme mit vier oder mehr CPUs bleiben unverändert im Angebot. Ersteres vermutlich, weil das länglichere EMR-XCC-Silizium im Gegensatz zu XPR-XCC kaum Platz für zusätzliche HBM-Stacks lässt, letzteres offiziell, weil viele kommerzielle Quad-Socket-Systeme gerade erst zertifiziert wurden. Den meisten Kunden wird es egal sein: Das Topmodell 8490H wurde trotz des saftigen-8-Wege-Preisaufschlags oft in 1- und 2-Wege-Systemen genutzt, weil er als einziger 60 Kerne bot. Mit Emerald Rapids gibt es diese als Standard-Xeons und darüber sogar 64 Kerne für 2/3 der 8490H-UVP – und das mit extra Cache.

Und „High End Desktop"?

Verwehrt bleiben dürfte letzterer den Xeon-[W]orkstation-Nutzern: Im Kampf gegen Threadripper 7000 könnte Intel zwar gut ein Upgrade gebrauchen. PCGH hat aber auf EMR-XCC-Show-Wafern keine Spur der für den Workstation-Topausbau nötigen PCI-E-Controller gefunden. Wenn Intel kein Ass im Ärmel hat, beispielsweise in dem diese Funktion nach AMD-Vorbild mit den bei Xeon W nicht benötigten CPU-CPU-Interconnects multiplexed wurde, kämen für Xeon W-3500 also nur SPR-XCC sowie die kaum verbesserten EMR-MCC und LCC infrage. Der stark deaktivierte MCC nutzende W-2400 dürfte erst recht keine EMR-XCC-Ablöse mit extra Cache erhalten. *(tv)*

Bild: Intel

Die starke Verspätung von Sapphire Rapids hat nicht nur dessen Leben auf weniger als ein Jahr verkürzt, auch Emerald Rapids soll noch 2024 erst durch reine E-Core-Xeons ergänzt und dann als P-Core-Produkt durch Granite Rapids ersetzt werden.

5th Gen Intel® Xeon® Scalable Processors

2S PERFORMANCE GENERAL PURPOSE

SKU	CORES	BASE (GHz)	ALL CORE TURBO (GHz)	Max TURBO (GHz)	CACHE (MB)	TDP (Watts)	Maximum Scalability	DDR5 Memory Speed (SDPC)	UPI Links Enabled	Default DSA Devices	Default IAA Devices	Default QAT Devices	Default DLB Devices	Intel SGX Enclave Capacity (Per Processor)	Long life availability	Recommended Customer Pricing (RCP) in $ US Dollars	Intel® On Demand Capable
8592+	64	1.9	2.9	3.9	320	350	2S	5600	4	1	1	1	1	512GB		$11,600	√
8580	60	2.0	2.9	4.0	300	350	2S	5600	4	1	0	0	0	512GB		$10,710	√
8570	56	2.1	3.0	4.0	300	350	2S	5600	4	1	0	0	0	512GB		$9,595	√
8568Y+	48	2.3	3.2	4.0	300	350	2S	5600	4	1	1	1	1	512GB		$6,497	√
8562Y+	32	2.8	3.8	4.1	60	300	2S	5600	3	1		1	1	512GB		$5,945	√
6548Y+	32	2.5	3.5	4.1	60	250	2S	5200	3	1	1	1	1	128GB	√	$3,726	√
6542Y	24	2.9	3.6	4.1	60	250	2S	5200	3	1	0	0	0	128GB		$2,878	√
6544Y	16	3.6	4.1	4.1	45	270	2S	5200	3	1	0	0	0			$3,622	√
6526Y	16	2.8	3.5	3.9	37.5	195	2S	5200	3	1	0	0	0	128GB	√	$1,517	√
6534	8	3.9	4.2	4.2	22.5	195	2S	4800	3	1	0	0	0	128GB		$2,816	√
5515+	8	3.2	3.6	4.1	22.5	165	2S	4800	3	1	1	1	1	128GB	√	$1,099	√

2S MAINLINE GENERAL PURPOSE

8558	48	2.1	3.0	4.0	260	330	2S	5200	4	1	0	0	0	512GB		$4,650	√
6538Y+	32	2.2	3.3	4.0	60	225	2S	5200	3	1	1	1	1	128GB		$3,141	√
6530	32	2.1	2.7	4.0	160	270	2S	4800	3	1	0	0	0	128GB	√	$2,128	√
5520+	28	2.2	3.0	4.0	52.5	205	2S	4800	3	1	1	1	1	128GB	√	$1,640	√
4516Y+	24	2.2	2.9	3.7	45	185	2S	4400	2	1	1	1	1	64GB	√	$1,295	√
4514Y	16	2.0	2.6	3.4	30	150	2S	4400	2	1	0	0	0	64GB	√	$780	√
4510	12	2.4	3.3	4.1	30	150	2S	4400	2	1	0	0	0	64GB	√	$563	√
4509Y	8	2.6	3.6	4.1	22.5	125	2S	4400	2	1	0	0	0	64GB	√	$563	√

LIQUID COOLED GENERAL PURPOSE (-Q)

8593Q	64	2.2	3.0	3.9	320	385	2S	5600	4	1	1	1	1	512GB		$12,400	√
6558Q	32	3.2	4.1	4.1	60	350	2S	5200	3	1	0	0	0	128GB		$6,416	√

SINGLE SOCKET GENERAL PURPOSE (-U)

8558U	48	2.0	2.9	4.0	260	300	1S	4800	0	1	0	0	0	512GB		$3,720	√
5512U	28	2.1	3.0	3.7	52.5	185	1S	4800	0	1	0	0	0	128GB		$1,230	√
3508U	8	2.1	2.2	2.2	22.5	125	1S	4400	0	1	0	0	0	64GB	√	$415	

5G / NETWORKING OPTIMIZED (-N)

8571N	52	2.4	3.0	4.0	300	300	1S	4800	0	4	4	4	4	512GB	√	$6,839	√
6548N	32	2.8	3.5	4.1	60	250	2S	5200	3	1	0	2	2	128GB	√	$3,875	√
6538N	32	2.1	2.9	4.1	60	205	2S	5200	3	1	0	2	2	128GB	√	$3,351	√

CLOUD OPTIMIZED IaaS (-P) / SaaS (-V)

8592V	64	2.0	2.9	3.9	320	330	2S	4800	3	1	1	1	1	512GB		$10,995	√
8558P	48	2.7	3.2	4.0	260	350	2S	5600	3	1	1	1	1	512GB		$6,759	√
8581V	60	2.0	2.6	3.9	300	270	1S	4800	0	1	1	1	1	512GB		$7,568	√

STORAGE & HYPERCONVERGED INFRASTRUCTURE (HCI) OPTIMIZED (-S)

6554S	36	2.2	3.0	4.0	180	270	2S	5200	4	4	0	4	4	128GB		$3,157	√

LONG-LIFE USE (IOT) GENERAL PURPOSE (-T)

4510T	12	2.0	2.8	3.7	30	115	2S	4400	2	1	0	0	0	64GB	√	$624	√

Intel may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice.

Please visit intel.com/xeon or contact your Intel representative to obtain the latest product specifications. Intel processor numbers are not a measure of performance. Processor numbers differentiate features within each processor family, not across different processor families. All processors support Intel Virtualization Technology (Intel VT-x).

Intel, the Intel logo, Xeon, and Optane are trademarks of Intel Corporation or its subsidiaries.

© Copyright 2022. Intel Corporation.

Y Supports Intel Speed Select Technology – Performance Profile 2.0 (Intel SST-PP)

Unless noted, all 8500, 6500 and 5500 processors, include support for Intel Speed Select technology (Intel SST) featuring Intel SST Base Frequency (SST-BF), Intel SST Core Power (SST-CP) and Intel SST Turbo Frequency (SST-TF) capabilities.

Bild: Intel

Die Vielfalt des Xeon-Portfolios erklärt Intel so: „Wenn es jemand braucht, dann bekommt er es." – für jedes Szenario soll es eine passende Kombination aus Takt, Caches, Kernen, CPU-Interconnects und Co-Beschleunigern geben. Dass der 8571N bezüglich Letzteren stark von anderen -N abweicht, wurde auf Nachfrage als richtig bestätigt.

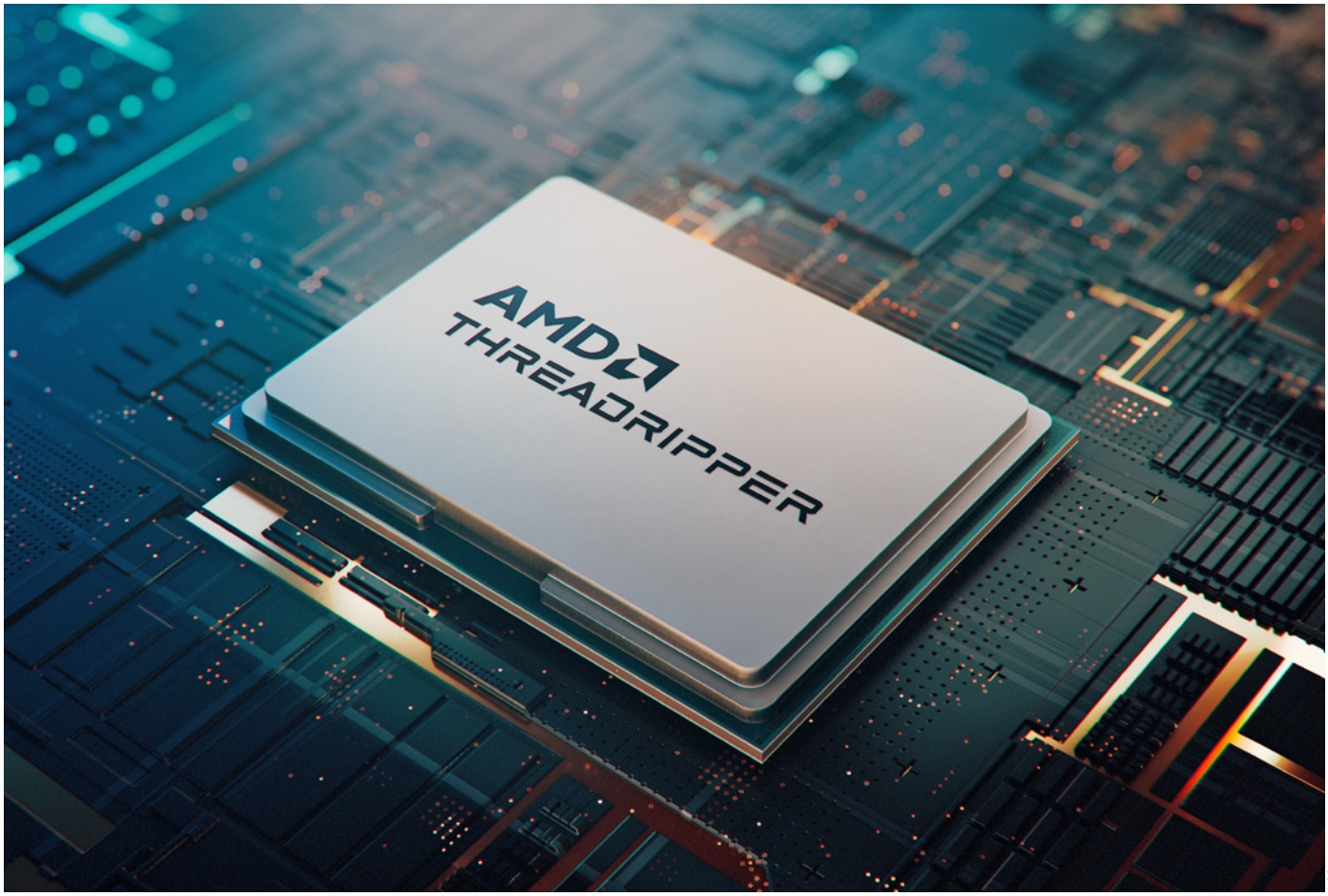


Bild: AMD

AMD High-End-Desktop

Totgesagte leben länger. AMD hat eine Wiederbelebung des High-End-Desktop (HEDT) versprochen, und da sind sie: Ryzen Threadripper 7000 mit bis zu 64 Kernen. Wir laden zum Test mit frischen Benchmarks.

Vier Jahre ist es her, als Sie den Test von Ryzen Threadripper 3000 in der PCGH Print 02/20 gelesen haben. Redakteur Philipp Reuther schrieb damals: „Ein lumpiger Achtkerner? So was von gestern." Daran hat sich bis heute nichts geändert, denn die Kern-Verhältnisse von Ryzen 7000 Desktop und Ryzen 7000 Threadripper entsprechen mit Ausnahme der Pro-Prozessoren denen aus der Ryzen-3000-Zeit. Die Sache ist nur aus Sicht der Verfügbarkeit komplizierter geworden. Heute soll es vor allem um die Performance der Ryzen Threadripper 7980X, 7970X und 7960X gehen. Für einen Vergleich haben wir auch einen ein Jahr alten Intel Xeon W9-3495X (Sapphire Rapids) eingeladen, welcher mit seinem Octa-Channel-Interface eigentlich der Konkurrent zu Ryzen Threadripper Pro 5000 ist – aber sein Nachfolger. Emerald Rapids zeigt sich noch nicht. Falls Sie sich übrigens fragen, warum wir Threadripper 5000 nicht getestet haben: Diese Plattform war Pro-only, daher galt der High-End-Desktop bei AMD als „tot". AMD hat sich dieser Kritik gestellt und versprochen, dass „HEDT" wiederbelebt wird. Und formell hat AMD Wort gehalten. Threadripper 7000 setzt sich also aus Pro- und Nicht-Pro-Prozessoren zusammen. Jene CPUs ohne diese Endung werden als HEDT-CPUs bezeichnet und diese stellen wir jetzt genauer vor.

Folgende Produkte finden Sie im Test

- **AMD Ryzen Threadripper 7980X**
- **AMD Ryzen Threadripper 7970X**
- **AMD Ryzen Threadripper 7960X**

Beschnittene Workstation versus besseres Desktop

Per definitionem platziert sich der High-End-Desktop zwischen Desktop und Workstation Pro(-fessional). Ein HEDT-Prozessor muss also mehr liefern als ein vergleichbarer Desktop-Prozessor, verzichtet jedoch auf bestimme Features und kann so günstiger angeboten werden. Das ist AMD nicht nur mit der Anzahl der Kerne, sondern auch mit Beschnitt bei den restlichen Eigenschaften gelungen, darunter Speicher-Interface, PCI-Express-Lanes und natürlich der Pro-Features, die professionelle Anwender ansprechen sollen. Mehr zu den Plattform-Unterschieden lesen Sie ab Seite 78.

AMD Ryzen Threadripper 7000 Übersicht (Pro & HEDT)

Bezeichnung	Kerne/Threads	Taktfrequenz (bis zu)	RAM-Geschwindigkeit	Level-3-Cache	TDP	Preis (Stand: 08.12.23)
Ryzen Threadripper PRO 7995WX	96c/192t	5,1 GHz (2,5 GHz Base)	DDR5-5200 (Octa)	384 MiByte	350 Watt	10.800 Euro
Ryzen Threadripper PRO 7985WX	64c/128t	5,1 GHz (3,2 GHz Base)	DDR5-5200 (Octa)	256 MiByte	350 Watt	7.800 Euro
Ryzen Threadripper 7980X	64c/128t	5,1 GHz (3,2 GHz Base)	DDR5-5200 (Quad)	256 MiByte	350 Watt	5.350 Euro
Ryzen Threadripper PRO 7975WX	32c/64t	5,3 GHz (4,0 GHz Base)	DDR5-5200 (Octa)	128 MiByte	350 Watt	4.100 Euro
Ryzen Threadripper 7970X	32c/64t	5,3 GHz (4,0 GHz Base)	DDR5-5200 (Quad)	128 MiByte	350 Watt	2.700 Euro
Ryzen Threadripper PRO 7965WX	24/48t	5,3 GHz (4,2 GHz Base)	DDR5-5200 (Octa)	128 MiByte	350 Watt	2.800 Euro
Ryzen Threadripper 7960X	24/48t	5,3 GHz (4,2 GHz Base)	DDR5-5200 (Quad)	128 MiByte	350 Watt	1.600 Euro
Ryzen Threadripper PRO 7955WX	16c/32t	5,3 GHz (4,5 GHz Base)	DDR5-5200 (Octa)	64 MiByte	350 Watt	nicht lieferbar
Ryzen Threadripper PRO 7945WX	12c/24t	5,3 GHz (4,7 GHz Base)	DDR5-5200 (Octa)	64 MiByte	350 Watt	nicht lieferbar

Die Tabelle oberhalb dieser Zeilen zeigt Ihnen auf einen Blick die Unterschiede zwischen den insgesamt neun Threadripper-7000-Modellen auf. Diese decken einen Bereich von 12 bis zu 96 Kernen ab. HEDT wird dabei um vier Speicherkanäle beraubt, bietet damit aber immer noch zwei mehr als der Desktop. Allen CPUs gemeinsam ist die TDP von 350 Watt (TR 3000: 280 Watt) und ein Basis- bzw. Boost-Takt, der sich daran anpasst. Je weniger Kerne verbaut sind, desto höher können einzelne Kerne takten, da sie sich alle das gleiche Energie-Budget teilen. Interessant ist, dass AMD den Single-Core-Boost nicht angibt, dieser liegt nämlich bei den von uns getesteten Modellen ausnahmslos bei 5,65 GHz. Verständlicherweise liegt die Stärke dieser Plattform auf der Multi-Core-Leistung. Die drei HEDT-CPUs im Test vorgestellt:

AMD Ryzen Threadripper 7980X: Extrem hohe Performance für Anwendungen. Der Nachfolger des Ryzen Threadripper 3990X hat nur noch die Kernanzahl mit dem Zen-2-Prozessor gemeinsam. Mit bis zu 128 Threads, welche die 64 Kerne per SMT bereitstellen können, ist das HEDT-Topmodell jeder Aufgabe gewachsen, die stark parallelisierte Last erzeugt. Unter der Haube stecken acht CCDs, die jeweils einen CCX mit acht Kernen beherbergen. Jeder CCX liefert außerdem 32 MiByte L3-Cache, insgesamt stehen dem 7980X somit 256 MiByte zur Verfügung. Falls Sie nun einen Vorteil gegenüber den X3D-AM5-Prozessoren wittern, müssen wir Sie enttäuschen: Wichtig ist vor allem die Menge an L3-Cache, die gleichzeitig von den Kernen in einem CCX verwendet werden kann. Ein CCX in einem Ryzen 7 7800X3D bietet neben den regulären 32 MiByte noch zusätzliche 64 MiByte L3-Cache, und kann somit gleichzeitig auf 96 MiByte zugreifen. Diesen Vorteil haben die Threadripper ohne 3D-V-Cache nicht. Aufseiten des Arbeitsspeichers werden bis zu DDR5-5200 im Quad-Channel-Interface unterstützt.

Anders als beim Vorgänger benötigen Sie für den Betrieb von Threadripper 7000 sogenannten RDIMM-Speicher (Registered Modul). Das bezeichnet eine Sorte von Speichermodulen, die häufig für Hauptspeicher von Servern und Workstations Verwendung findet. Bei Threadripper 3000 konnte man dagegen noch „normalen" Speicher verwenden. Ziel der Technik ist es, mit zusätzlichen Registern die elektrische, kapazitive Last für den Speichercontroller zu verringern und damit die mögliche Anzahl der anschließbaren Speicherchips sowie die Datenintegrität zu erhöhen. Ein Nachteil sind dabei jedoch höhere Latenzen, denn bei Registered-Modulen erscheinen die Eingangssignale erst genau einen Taktzyklus später an den Ausgängen, als es bei regulären DIMMs für den Desktop der Fall ist. Sie werden davon nicht unbedingt etwas bemerken, allerdings haben Sie ohnehin keine Wahl und müssen RDIMM verbauen. Für den Test hat AMD uns 64 GiByte G.Skill Zeta R5 Speicher mit DDR5-6400 zur Verfügung gestellt. Wie üblichen haben wir aber nach den Spezifikationen getestet und somit DDR5-5200 konfiguriert. Schön: Der Speicher unterstützt EXPO, OC-Ambitionen sind keine Grenzen gesetzt. Das gilt auch bei der zur Übertaktung freigegebenen CPU – aber Sie müssen natürlich einen passenden, mächtigen Kühler verwenden. Die Leistung des 7980X beurteilen wir nach Vorstellung der anderen beiden Prozessoren sowie den neuen Anwendungen, die wir für Vergleiche heranziehen.

AMD Ryzen Threadripper 7970X: 32-Kern-Monster zum fairen Preis. Die HEDT-Version des Threadripper PRO 7975WX schlägt mit satten 1.400 Euro weniger zu Buche und ist daher für alle spannend, die möglichst viel Multi-Core-Leistung für den Kaufpreis anstreben. Sie erhalten beim TR 7970X 32 Kerne mit bis zu 64 Threads, ein Quad-Channel-Interface für DDR5-5200 RDIMM-Speicher und 128 MiByte L3-Cache. Das zeigt, dass vier CCDs mit zusammen vier CCX zu je acht Kernen verbaut sind. Ein 7970X ist praktisch ein 7950X × 2 (beim Preis × 4). Damit beerbt er den Threadripper 3970X, der 2019 ebenfalls mit 32 Kernen eine bis dahin nie gesehene Anwendungsleistung bot. Anders als sein Zen-2-Großvater kann auch ein TR 7970X auf schnelle Zen-4-Kerne zugreifen, die aufgrund der Acht-Kern-CCX-Konfiguration zudem bei der Kern-zu-Kern-Kommunikation innerhalb

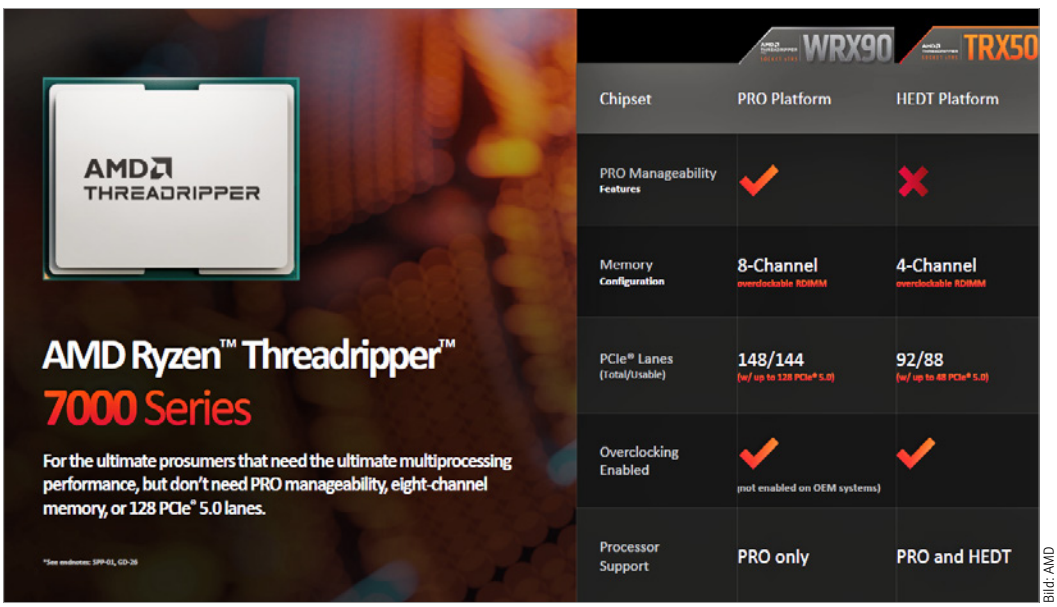


Bild: AMD

AMD gibt Auskunft darüber, was sich HEDT-Käufer abschminken können: Pro-Features, vier Speicherkanäle und viele, viele PCI-Express-Lanes. Dafür ist die HEDT-Plattform deutlich günstiger.

eines CCD weniger unter Latenzen leiden. Da sich im Gegensatz zum großen Bruder 7980X „nur“ 32 Kerne unter dem 7970X-Heatspreader tummeln, können diese dank des damit großzügigeren Energie-Budgets je Kern unter Volllast höher takten. Dabei ist vor allem die parallele Multi-Core-Last gemeint, unter Teillast dagegen verhält sich ein 7970X dagegen genauso wie ein 7980X – mit leichten Vorteilen bei der Performance, sofern maximal 32 Kerne angesprochen werden, denn vier CCDs sorgen nun einmal für weniger Chaos bei der Kommunikation als acht CCDs. Auf Wunsch übertakten Sie den 32-Kerner noch, EXPO sowie ein offener Multiplikator sind auch hier Standard. Sie können auch auf Precision Boost Overdrive vertrauen, doch Vorsicht, wenn Sie die Limits öffnen – Netzteil und Kühler müssen mithalten können. Wenn Sie vom 3970X aufrüsten, erhalten Sie nicht nur deutlich mehr Leistung, sondern auch die Unterstützung für DDR5-Speicher und PCI-Express 5.0 Schnittstellen.

AMD Ryzen Threadripper 7960X: Hohe Taktraten mit Latenzproblemen. Die kleinste CPU im HEDT-Bunde ist TR 7960X, mit 24 Kernen und bis zu 48 Threads. Diese CPU kombiniert einen möglichst hohen Takt mit ansehnlicher Multi-Core-Leistung, denn auch dieser Threadripper kann auf eine TDP von 350 Watt zurückgreifen. Der Basistakt liegt mit 4,2 GHz fast so hoch wie beim R9 7950X und die CPU bietet dabei weiterhin alle Vorteile der TR5-Plattform. Beim Test sind uns allerdings ein paar Dinge aufgefallen, denn oft liefert ein TR 7960X nicht die zu erwartende Leistung. Da sein sonstiger Aufbau unverändert ist, schieben wir den schwarzen Peter der CCD-Konfiguration zu: Pro CCX kann ein 7960X nur auf sechs Kerne zugreifen. Bei paralleler Last aller Kerne ist das kein Problem. Bei Teillast hingegen krankt es am Chiplet-Aufbau. Fordert eine Anwendung etwa acht Kerne an, ist ein TR 7960X gezwungen zwei Kerne aus einem anderen CCD für diese Berechnung mitzuverwenden. Diese zwei Kerne müssen dann über das Infinity Fabric mit den übrigen sechs Kernen kommunizieren, was Zeit und somit Leistung kostet. Mit dem gleichen Problem kämpfen auch die Desktop-Pendants, so fällt etwa ein Ryzen 9 7900X3D, oft hinter den 7800X3D zurück.

Der Threadripper 7960X ist daher nur für Nutzer spannend, die bei schmalem Geldbeutel mehr Anwendungsleistung benötigen, als sie mit einem 7950X bekommen. Falls Sie vorhaben, auch Berechnungen unter Teillast durchzuführen, unter anderem also Spiele, dann greifen Sie dagegen lieber zum TR 7970X. Ansonsten liefert ein TR 7960X für etwa 1.600 Euro den günstigsten Einstieg in den High-End-Desktop.

Passt nicht und soll es auch nicht: Normaler DDR5-Speicher (Crucial im Vordergrund als Beispiel) ist weder mechanisch noch elektrisch mit dem in aktuellen Worsktations und Servern genutzten RDIMM-Format kompatibel.

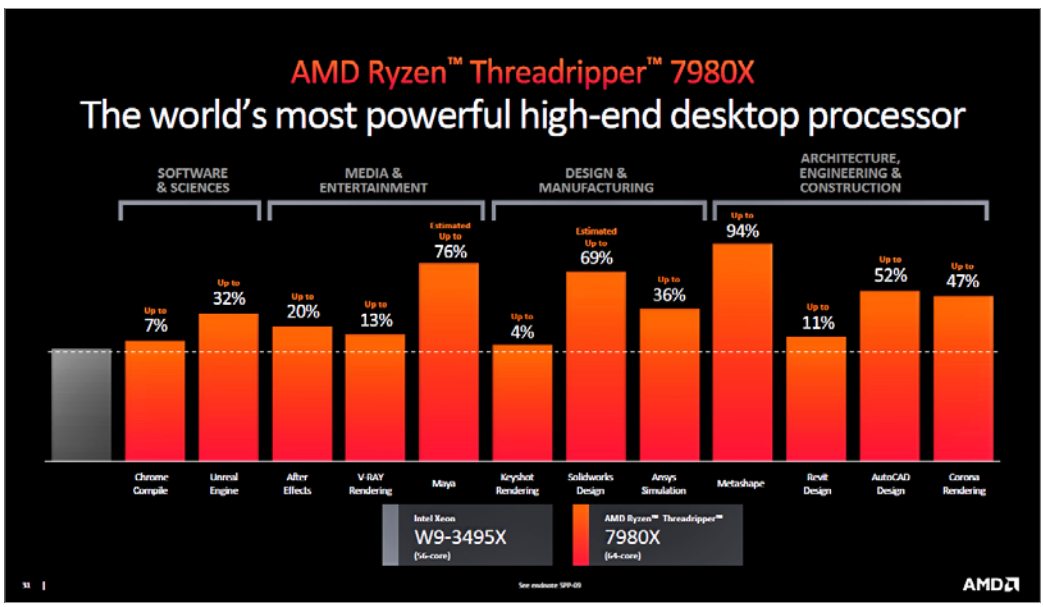


Bild: AMD

AMD vergleicht die Threadripper-Leistung, genau wie wir, mit Intels Sapphire Rapids, da Emerald Rapids noch nicht zur Verfügung steht. AMD sieht in Anwendungen bis zu 94 Prozent und mindestens sieben Prozent Vorsprung.

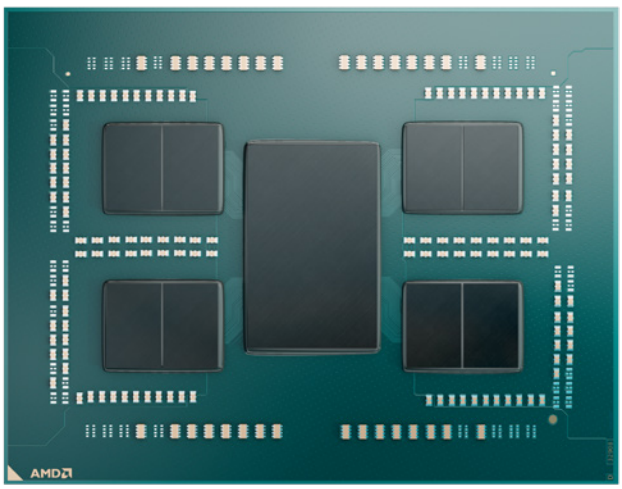
Die Vorstellung der Tests

Als wir diese Zeilen schreiben, nähert sich das Jahr 2023 dem Ende zu, für Sie als Leser ist es bereits 2024. Wie Sie wissen, überarbeiten wir jedes Jahr den Testparcours für Prozessoren und Grafikkarten. An der Konzeption des CPU-Index 2024 hat der Autor dieser Zeilen sieben Wochen gesessen und eingeführt wird der neue Anwendungs-Index mit diesem Threadripper-Test. Ausgewählt wurden dabei neue Anwendungen, die besonders kernlastig sind, um die Vorteile einer CPU mit 64 oder mehr Kernen adäquat abbilden zu können. Es finden sich jedoch auch ein paar alte Bekannte unter den Benchmarks, die wir mit neuen Optionen etwas fordernder gestaltet haben. Das Ziel bleibt es nach wie vor, Prozessoren fair zu bewerten. Es kommen daher auch Tests vor, die nur einen Kern belasten und solche, die Wert auf eine möglichst hohe Arbeitsspeicher-Bandbreite legen. Insgesamt sind es 13 Benchmarks, die eine CPU hinter sich bringen muss.

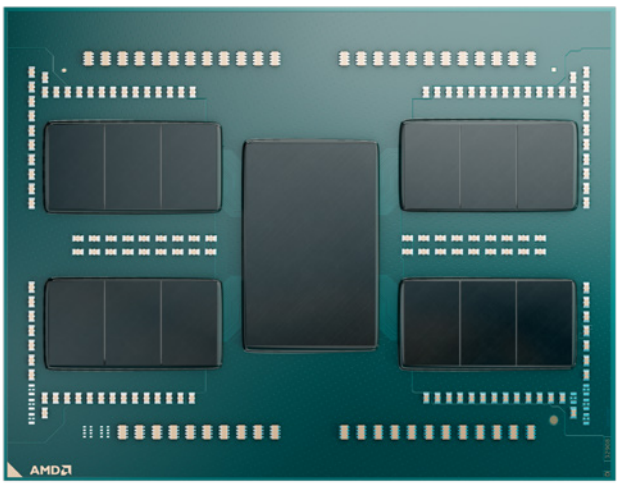
Unter der Haube: Threadripper HEDT vs. PRO

Auf der linken Seite sehen die HEDT-Prozessoren. Der I/O-Die in der Mitte wird von maximal acht CCDs mit maximal je acht Kernen begleitet (64 Kerne insgesamt). Die PRO-Variante hat beim Top-Modell auf jeder Seite zusätzliche zwei CCDs mit jeweils acht Kernen, somit sind bis zu 96 Kerne möglich.

Ryzen Threadripper 7000



Ryzen Threadripper PRO 7000



3DMark CPU Profile Benchmark: Der Klassiker. Der 3DMark ist vielen Lesern seit über 20 Jahren ein Begriff. Schon immer konnte man damit die Leistung und Performance von Prozessoren und Grafikkarten miteinander vergleichen. UL Solution, ehemals Futuremark bieten hierzu eine ganze Fülle an Benchmarks und Tests an. Einen davon haben wir uns für unseren Testparcours herausgepickt, den CPU-Profile-Benchmark. Hier wird ein immer gleicher Workload auf verschieden vielen Kernen berechnet. Es gibt sechs verschiedene Tests: Maximal, 16 Kerne, 8 Kerne, 4 Kerne, 2 Kerne und 1 Kern. Wir nutzen jeden dieser Tests und vergleichen die Werte einzeln. Aus Sicht des Anwenders ergibt sich damit ein spannendes Leistungsbild, denn CPU Profile zeigt auch auf, wie gut die CPU mit Teillast umgehen kann und wie hoch die Single-Core-Performance ausfällt. Die Entwickler des Tools sprechen im Test zwar von Threads, aber es hat sich schnell herauskristallisiert, dass damit eigentlich Kerne gemeint sind. Leider ist die Skalierung beim „Maximal" Test über 32 Kerne hinaus kaum noch gegeben, doch bis Desktop-CPUs, die PCGH eigentlich testet, diesen Rahmen sprengen, dürfte noch viel Zeit vergehen. Die sechs Tests werden am Stück nacheinander ausgeführt.

7-Zip Version 23.01: Dateien packen und entpacken. Jeder hat schon einmal eine Datei gepackt oder entpackt. Tatsächlich übernehmen Prozessor und Arbeitsspeicher diese Berechnungen. Je nach Größe der Datei kann das (De-)Komprimieren recht lange dauern. 7-Zip bietet einen integrierten Benchmark, der die Leistung von Prozessoren bewertet. Wir nutzen eine Wörterbuchgröße von 128 MiByte mit einem Thread je logischem Kern und bilden den Mittelwert aus zehn Durchläufen ab. Die Ergebnisse werden in MIPS angegeben, Million Instructions per Second. Die Komprimierung belastet eher den RAM, die Dekomprimierung eher die CPU.

Der Testdatenstrom, welcher für die Komprimierung in diesem Benchmark zum Einsatz kommt, wird mit einem speziellen Algorithmus erzeugt, der einige Eigenschaften echter Daten, wie Text oder Ausführungscode, repliziert. Beachten Sie, dass die Geschwindigkeit von LZMA für reale Dateien leicht unterschiedlich sein kann. Die Daten in der Benchmark-Workload sind trotz allem künstlich und zufälliger als reale Daten. Für einen Vergleich taugen sie trotzdem. Die Komprimierungsgeschwindigkeit hängt stark von der Latenzzeit des Arbeitsspeichers und der Größe/Geschwindigkeit des Datencache ab. Außerdem werden einfache 32-Bit-Integer-Befehle verwendet: „Verschieben", „Addieren", „Multiplizieren" und andere. Eine gute Sprungvorhersage in der CPU ist ebenfalls wichtig für diesen Test. Der Dekompressionstest dagegen hat eine sehr hohe Anzahl von unvorhersehbaren Verzweigungen. Die wichtigsten Faktoren für diesen Test sind: die Branch Misprediction Penalty (resultiert aus der Länge der Pipeline) und die Latenzen der 32-Bit-Anweisungen („Multiplikation", „Verschiebung", „Addition" und andere). Neuere Versionen von 7-Zip bieten in der Regel eine höhere Performance als ältere. Es ist daher nicht ratsam, verschiedene Versionen hinsichtlich der gemessenen MIPS zu vergleichen.

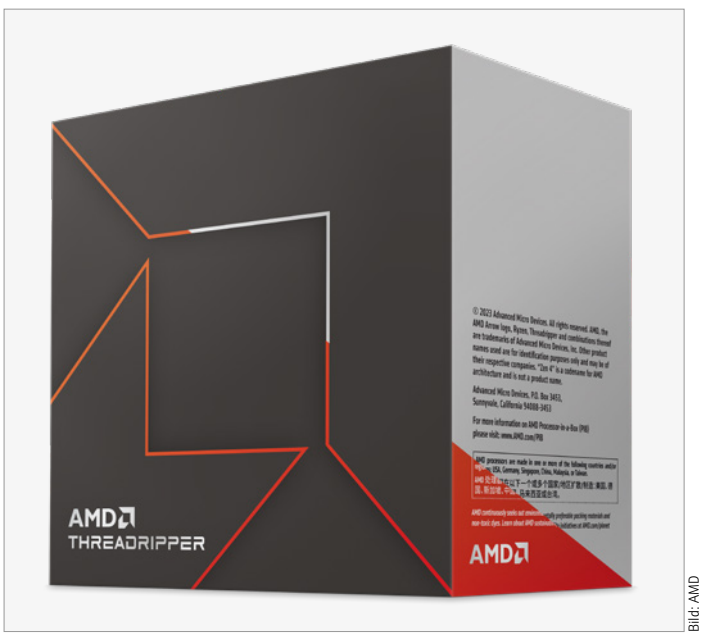


Bild: AMD

Die Verpackung von HEDT- und Pro-Prozessoren unterscheiden sich nur bei der Farbe. HEDT ist AMD-Rot, Pro Silber-Grau. Im Bild sind beide zu sehen.

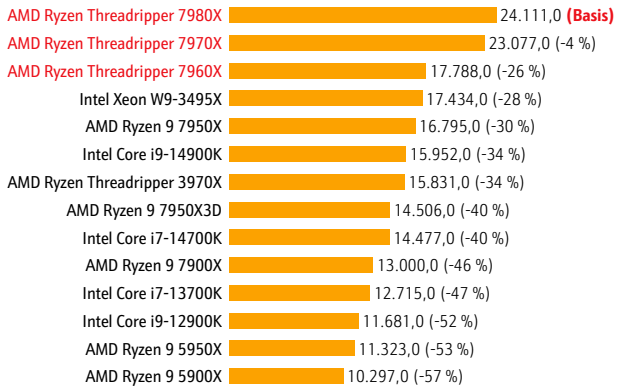
Handbrake Version 1.7.1: Videos transkodieren. Handbrake ermöglicht die Transkodierung von DVDs und anderen Videoquellen in H.264 (mit x264), MPEG-4 ASP (FFmpeg) oder Theora (VP3). Handbrake wird häufig genutzt, um Filme von DVDs/Blu-ray Discs zu konvertieren, damit sie auf Geräten wie iPhone, iPod, Apple TV, Xbox 360, PlayStation Portable oder PlayStation nutzbar sind. Durch Einstellungs-Profile kann der Anwender festlegen, zu welchen Endgeräten die erstellten Dateien kompatibel sein sollen. Für 2024 nutzen wir das größte Jellyfish-Video, welches wir finden konnten (https://www.larmoire.info/jellyfish/) und encodieren es mithilfe des Preset Super HQ 2160p60 4K AV1 Surround. Das Tool gibt danach eine Fps-Zahl aus, welche wir für Benchmarks und Bewertung in die absolut benötigte Transkodingzeit für das gesamte Testvideo umrechnen. Bitte beachten Sie, dass alle CPUs für die Fertigstellung deutlich länger brauchen als in früheren PCGH-Messungen, für die eine kleinere Datei genutzt wurde.

Cinebench R24: Der kommt wieder, keine Frage. Es gibt praktisch keinen CPU-Vergleich ohne Cinebench. Das liegt ganz einfach daran, dass dieses Programm wirklich einfach zu bedienen ist. Sie drücken auf Start und der Rest passiert automatisch. Da Version 23 im CPU-Index für 2024 nichts mehr verloren hat, wird Platz für Version 24 gemacht. Die Last ist hier noch einaml höher und die Tests dauert entsprechend länger, vor allem auf älteren Prozessoren. Mithilfe dieser Version können sogar Grafikkarten getestet werden, doch das überlassen wir lieber dem GPU-Fachredakteur. Doch was macht Cinebench eigentlich und wie funktioniert der Benchmark?

Cinebench bietet einen praxisnahen Benchmark, der die üblichen Aufgaben eines Anwenders bei der Verwendung von Cinema 4D und Redshift einbezieht, um die Leistung eines Systems zu messen. Dazu wird die Redshift-Rendering-Engine von Maxon verwendet. Sie basiert auf dem neuesten Cinema 2024- und Redshift-Code, der aktualisierte Compiler verwendet (Clang). Im Vergleich zum Cinebench R23 hat sich der Rechenaufwand für die Szene im Multithreaded-Rendering-Test versechsfacht. Dies spiegelt die gestiegenen Anforderungen wider, mit denen Künstler und Content Creator heutzutage umgehen müssen, und erlaubt es uns, die Verbesserungen der CPU-Leistung zu erfassen. Wie üblich verwenden wir sowohl den Multi- als auch Single-Core-Benchmark und geben die Punktzahlen an. Ihnen ist vielleicht schon aufgefallen, dass die Punkte im Gegensatz zu R23-Version viel geringer ausfallen. Doch diese beiden Benchmarks dürfen aufgrund der Code- und Compiler-Änderungen auf keinen Fall miteinander verglichen werden.

3DMark CPU Profile – Maximale Kernlast

Alle Kerne

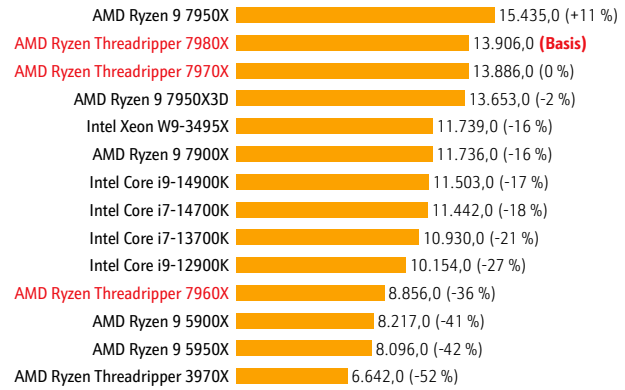


System: PNY RTX 4090 Epic-X, rBAR/SAM aktiviert, HVCI/TPM 2.0 deaktiviert, Windows 11, Treiber/Updates jeweils aktuell

Punkte ▶ Besser

3DMark CPU Profile – 16-Kern-Last

16 Kerne

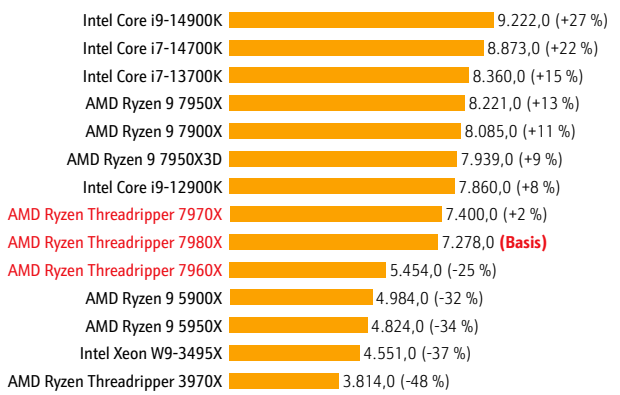


System: PNY RTX 4090 Epic-X, rBAR/SAM aktiviert, HVCI/TPM 2.0 deaktiviert, Windows 11, Treiber/Updates jeweils aktuell

Punkte ▶ Besser

3DMark CPU Profile – 8-Kern-Last

8 Kerne

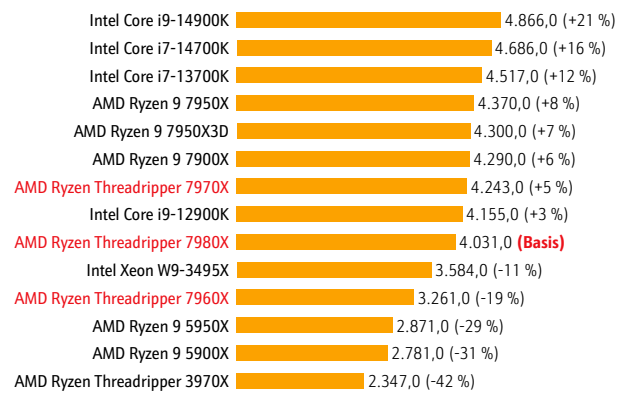


System: PNY RTX 4090 Epic-X, rBAR/SAM aktiviert, HVCI/TPM 2.0 deaktiviert, Windows 11, Treiber/Updates jeweils aktuell

Punkte ▶ Besser

3DMark CPU Profile – 4-Kern-Last

4 Kerne



System: PNY RTX 4090 Epic-X, rBAR/SAM aktiviert, HVCI/TPM 2.0 deaktiviert, Windows 11, Treiber/Updates jeweils aktuell

Punkte ▶ Besser

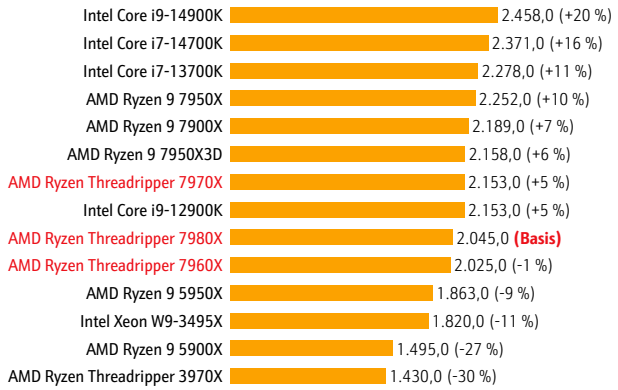
V-Ray 5 Benchmark: Hoch parallelisierte Raytracing-Last. V-Ray ist ein kommerzieller Renderer für 3D-Grafiksoftware. Er wird von der Chaos Group entwickelt, einem 1997 gegründeten Unternehmen mit Hauptsitz in Sofia, Bulgarien. V-Ray wird im Bereich Visual Effects, Werbung, Design und Architektur eingesetzt. Den Renderer gibt es als Plug-in für diverse 3D-Grafikpakete oder Standalone als Kommandozeilenprogramm. Darüber hinaus existiert ein Software Development Kit für die Anbindung weiterer Software. Sie können sowohl Grafikkarten als auch Prozessoren mit V-Ray testen; wir verwenden für unsere CPU-Tests natürlich den regulären Prozessor-Benchmark. Dieser rendert eine Minute lang mithilfe von Software-Raytracing an einem Bild und gibt danach eine Punktzahl aus. Letztere umschreibt, wie groß der Teil des Bildes ist, den die CPU innerhalb dieser einen Minute fertig berechnen konnte. Wie bei Raytracing üblich ist diese Berechnung gut parallelisierbar, sodass alle Kerne und Threads maximal ausgelastet werden. Hier zeigt sich, wie hoch die Multi-Core-Performance tatsächlich ausfällt, denn Raytracing-Lasten sind generell erdrückend, wie wir von den Spiele-Benchmarks ehemaliger CPU-Tests wissen. Die Rechenwerke gehen hier an ihr Äußerstes und die CPU-Kerne müssen klug mit dem Energie-Budget haushalten. Auch Temperaturlimits spielen eine wichtigere Rolle als bei vergleichbaren Benchmarks.

Corona 10 Benchmark: Noch mehr parallelisiertes Raytracing. Corona 10 berechnet ebenfalls ein Bild mithilfe von Raytracing. Hier werden allerdings keine Punkte angegeben. Die Leistung wird in Rays per Second gemessen, abgekürzt als rays/s, wobei ein höherer Wert besser ist. Render-Engines senden Strahlen in die Szene, um die Farbe eines bestimmten Pixels zu bestimmen, indem sie herausfinden, welche Materialien, Lichter und so weiter an diesem Punkt zum Bild beitragen. Es ist dabei aufgrund der Testdauer von nur einer Minute nicht möglich, ein sauberes, finales Bild zu berechnen. Ein Bild, auf dem noch Rauschen zu sehen ist, bedeutet damit nicht, dass mit Ihrem Test etwas nicht in Ordnung wäre. Die Szene wurde absichtlich so erstellt, damit sie auf diese Weise funktioniert, denn wenn man zu schnell ein sauberes Bild erhalten würde, wäre ein guter Vergleich zwischen aktuellen und zukünftigen CPUs nicht möglich. Wie V-Ray belastet auch Corona 10 Prozessoren maximal. Alle Kerne und Threads tragen zum Gesamtergebnis bei und das Energie-Budget spielt dank der guten Auslastung eine große Rolle. Gemeinsam mit V-Ray bilden diese beiden Benchmarks den größten Bewertungsanteil an der Multi-Core-Performance im neuen CPU-Index 2024.

Jetzt folgt die Leistungsbeurteilung der AMD Ryzen Threadripper 7980X, 7970X und 7960X HEDT-Prozessoren.

3DMark CPU Profile – 2-Kern-Last

2 Kerne

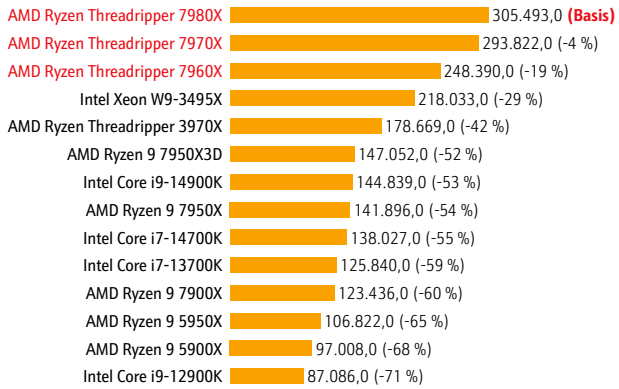


System: PNY RTX 4090 Epic-X, rBAR/SAM aktiviert, HVCI/TPM 2.0 deaktiviert, Windows 11, Treiber/Updates jeweils aktuell

Punkte ▶ Besser

7-Zip Version 23.01 – LZMA: Komprimieren

Integrierter Benchmark – Komprimieren

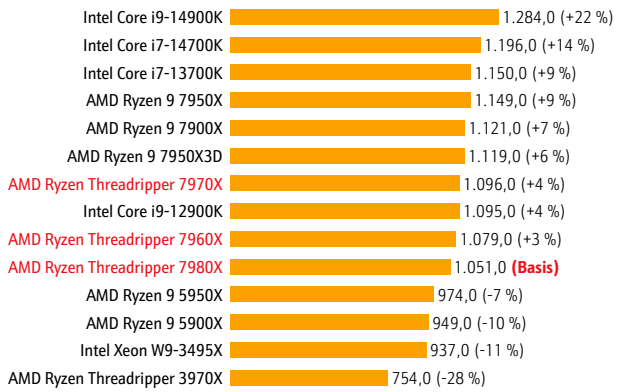


System: PNY RTX 4090 Epic-X, rBAR/SAM aktiviert, HVCI/TPM 2.0 deaktiviert, Windows 11, Treiber/Updates jeweils aktuell

MIPS ▶ Besser

3DMark CPU Profile – 1-Kern-Last

1 Kern

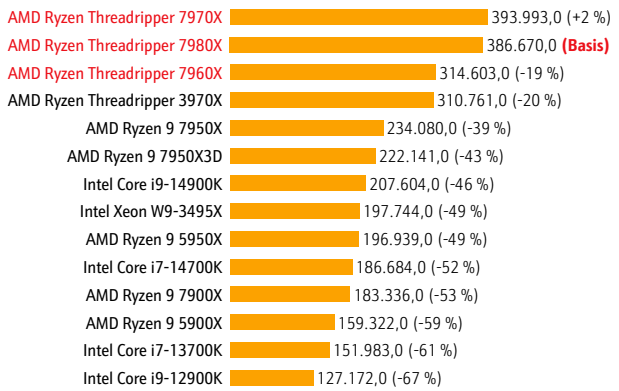


System: PNY RTX 4090 Epic-X, rBAR/SAM aktiviert, HVCI/TPM 2.0 deaktiviert, Windows 11, Treiber/Updates jeweils aktuell

Punkte ▶ Besser

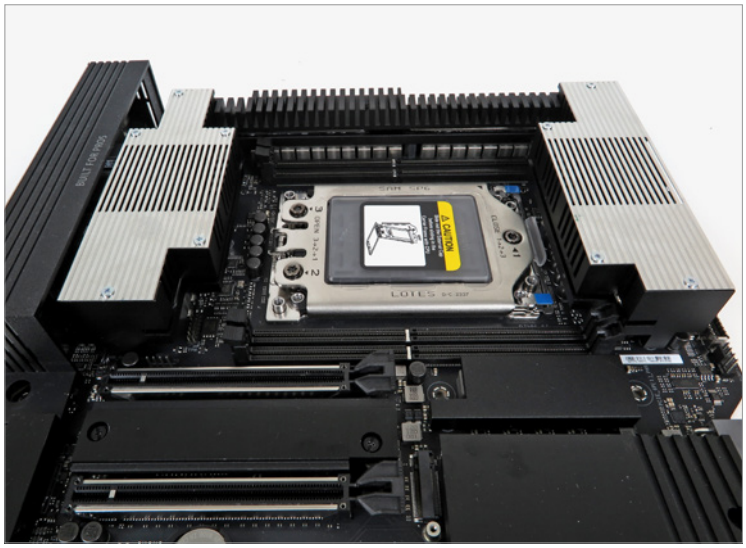
7-Zip Version 23.01 – LZMA: Dekomprimieren

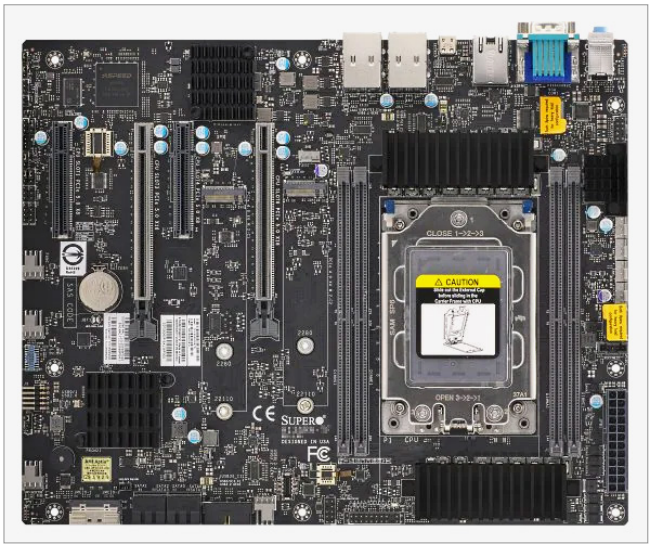
Integrierter Benchmark – Dekomprimieren



System: PNY RTX 4090 Epic-X, rBAR/SAM aktiviert, HVCI/TPM 2.0 deaktiviert, Windows 11, Treiber/Updates jeweils aktuell

MIPS ▶ Besser

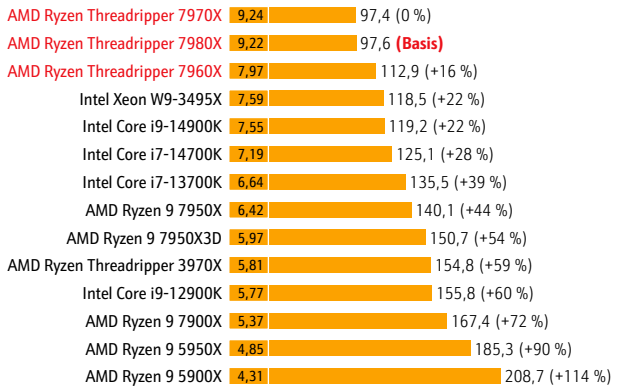




Die klassischen Retail-Marken verbauen riesige Spannungswandlerphalanxen und -kühler (sowie -lüfter) auf ihren TR5-Mainboards. Links: Asus TRX50-Sage mit Wandlern links, oben links, oben rechts, rechts *und* unten rechts! Workstation-Anbieter (Supermicro H13SRA-TF, rechts) beweisen, dass das zumindest ohne OC überflüssig ist.

Handbrake Version 1.7.1

Super HQ 2160p60 4K AV1 Surround (jellyfish-400-mbps-4k-uhd-hevc-10bit)

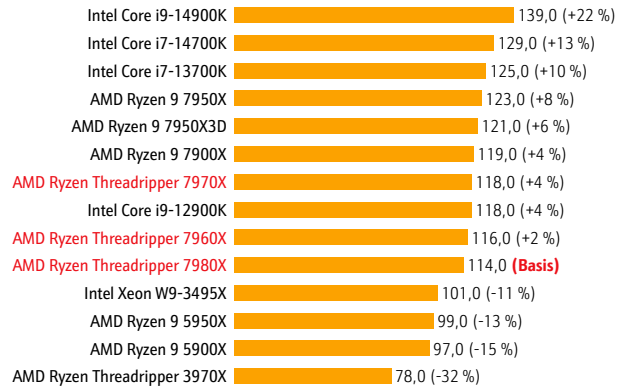


System: PNY RTX 4090 Epic-X, rBAR/SAM aktiviert, HVCI/TPM 2.0 deaktiviert, Windows 11, Treiber/Updates jeweils aktuell

Fps **Sek.**
▶ ◀ Besser

Cinebench R24 – Single-Core

Single-Core-Benchmark

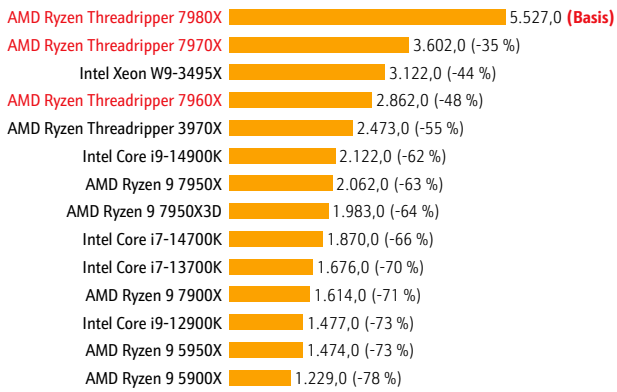


System: PNY RTX 4090 Epic-X, rBAR/SAM aktiviert, HVCI/TPM 2.0 deaktiviert, Windows 11, Treiber/Updates jeweils aktuell

Punkte
▶ Besser

Cinebench R24 – Multi-Core

Multi-Core-Benchmark

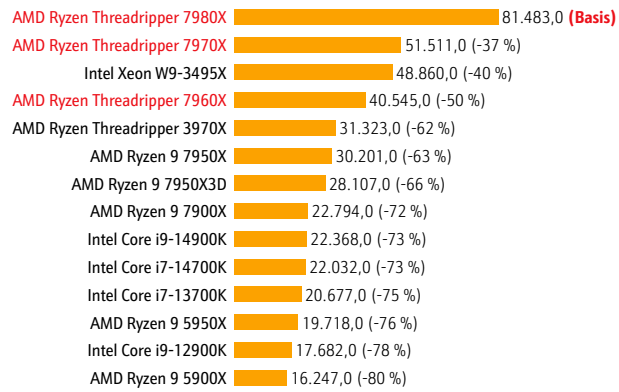


System: PNY RTX 4090 Epic-X, rBAR/SAM aktiviert, HVCI/TPM 2.0 deaktiviert, Windows 11, Treiber/Updates jeweils aktuell

Punkte
▶ Besser

V-Ray 5

CPU-Benchmark



System: PNY RTX 4090 Epic-X, rBAR/SAM aktiviert, HVCI/TPM 2.0 deaktiviert, Windows 11, Treiber/Updates jeweils aktuell

Punkte
▶ Besser

Konkurrenzlose Multi-Core-Leistung mit einem Haken

Wenn es um parallele Multi-Core-Last geht, dann lassen alle HEDT-Threadripper sämtliche Konkurrenten kalt im Regen stehen. Extrem deutlich zeigen das drei Benchmarks auf: Cinebench R24, V-Ray 5 und Corona 10. Das sind die einzigen Analysen im Testparcours, die fast zu 100 Prozent alle Threads gleichzeitig ansprechen können. Entsprechend prominent kann sich AMDs mächtiger 64-Kerner platzieren. Der 32-Kerner TR 7970X liegt zwischen 29 und 37 Prozent hinter dem großen Bruder und der kleinste, TR 7960X mit 24 Kernen, legt eine ebenso respektable Vorstellung hin und zeigt in Corona 10 sogar dem Xeon 56-Kerner die Rücklichter. Zu einem Problem werden die vielen Kerne aber, wenn diese nicht vom Programm angesprochen werden (können). Unter Handbrake erledigt der 32-Kerner die Aufgabe minimal schneller als der 64-Kerner und auch der 24-Kerner ist nicht so weit weg, wie man erwarten würde. AMD macht sich hier den Core Performance Boost zunutze, denn brachliegendes Energie-Budget soll schließlich genutzt werden. Die Kerne takten je nach Modell höher und höher und beschleunigen somit zusätzlich die Rechenlast. Wir sehen ein ähnliches Bild im CPU-Profil-Benchmark bei maximaler Kernlast. Hier sollten eigentlich alle Kerne etwas zu tun bekommen, doch der 64-Kerner kann sich kaum vom 32-Kerner absetzen. Das ist ein Zeichen dafür, dass eben doch nicht alle Kerne und Threads Arbeit haben. Dagegen beweisen sich alle drei Threadripper beim RAM-lastigen Komprimieren sowie dem CPU-lastigen Dekomprimieren in 7-Zip und lassen die Konkurrenz deutlich hinter sich. Gerade hier hätten wir uns vom Konkurrent in Form des Xeon mit Octa-Channel-Interface etwas höhere Werte erhofft. Beim Dekomprimieren schlägt sich Intel selbst mit einem Core i9-14900K und beim Komprimieren reicht Intel nicht einmal an den TR 7960X heran.

Damit ist die einfache Betrachtung abgeschlossen, denn für solche Anwendungen sind diese CPU gemacht. Jetzt wird es komplizierter.

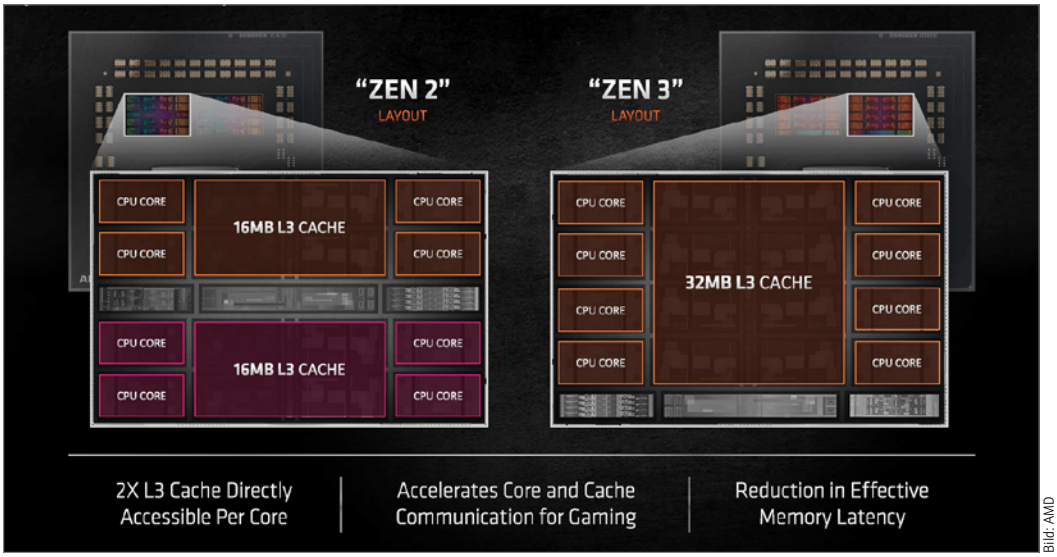
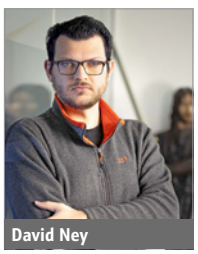


Bild: AMD

Was hat denn diese alte Folie hier verloren? Nun, Threadripper 3970X setzt auf den Zen-2-Aufbau links, während Zen 4 den Aufbau von Zen 3 übernommen hat. Bei TR 7000 kommen acht Kerne in ein CCX, bei Zen 2 waren es nur vier.

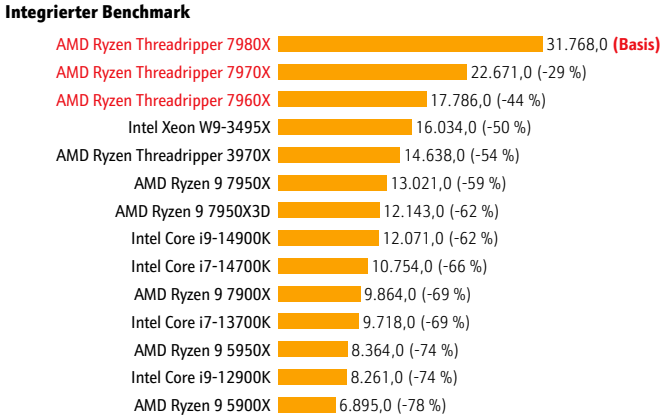
Als Spieler reichen acht Kerne. Aber für Anwendungen?



David Ney

Ich weiß ja nicht, was Sie so mit Ihrem Computer machen, aber meiner ist nur zum Zocken da. Ab und zu wird auch im Homeoffice daran gearbeitet, aber das erledige ich eigentlich wann immer möglich mit meinem ECS Liva Z2 – weil lautlose sechs Watt unter Last einfach besser sind als 70 Watt beim Nichtstun. TR 7000 ist auf jeden Fall eine Hausnummer. Die Anwendungsleistung ist der Wahnsinn. Probleme gibt es allerdings beim TR 7960X: Wenn die Last unglücklich verteilt wird, dann fällt die Leistung um fast 40 Prozent ab. Das ist keine gute Werbung für AMD, aber so ist es nun mal. Ob sich nun der Griff zum HEDT lohnt? Ich finde nicht. Mit einem Ryzen 9 7950X gibt es ebenfalls großartige Anwendungsleistung und in Spielen ist der 16-Kerner auch schneller. Und viel günstiger.

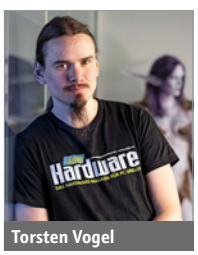
Corona 10 Benchmark



System: PNY RTX 4090 Epic-X, rBAR/SAM aktiviert, HVCI/TPM 2.0 deaktiviert, Windows 11, Treiber/Updates jeweils aktuell

Rays pro Sekunde
▶ Besser

Kann man doch „zu viel" oder liegt AMD einfach „daneben"?



Torsten Vogel

Nachdem Intel sein „HEDT ist nicht tot"-Versprechen gebrochen hat, kam AMDs „HEDT"-Launch gerade recht. Ryzen 9 bietet zwar schon viel Enthusiast und die TR5-Plattform ist etwas zu gut alias zu teuer, aber: endlich geile Hardware jenseits des Mainstreams! Dann trudelten Daves Ergebnisse ein und bestätigten, was Taktraten und RDIMM androhen: Threadripper 7000 ist ein 1A-Workstation-Angebot, optimal für schwere Multi-Thread-Workloads. Aber für Heimanwender, die (auch) Single-Core-Leistung brauchen, ist er ein Flop. Was ich nicht verstehe: Wieso? Was hindert AMD daran, das exzellent kühlbare Package und den riesigen TDP-Rahmen mit zwei 5,8-GHz-Turbo- und zwei 5,1-GHz-V-Cache-CCDs zu füllen und DDR5-ohne-r-5600 freizugeben? Einmal Uber-7950X3D, bitte!

Teillast ist eine Katastrophe für den Chiplet-Aufbau

Bei der Vorstellung der CPUs haben wir das Thema bereits angeschnitten: Wenn nur Teillast anliegt, die sich dynamisch verhält, dann stehen Threadripper-Prozessoren vor einem Problem. AMDs interne Kernverbindung kommt bei Prozessoren mit derart vielen CCDs offenbar durcheinander, denn anders können wir uns diese Performance nicht erklären. Wenn es um Single-Core-Last geht, dann ist die Welt noch in Ordnung. Völlig egal welcher einzelne Kern aus welchen CCD die Berechnung übernimmt, die Ergebnisse passen zu denen anderer Zen-4-CPUs. Auch die Berechnung mit zwei und vier Kernen verläuft erwartungsgemäß, mit nur leichten Problemen bei 4-Kern-Last. Ab acht Kernen jedoch gibt es ein großes Problem beim Ryzen Threadripper 7960X. Schauen Sie sich dazu einmal den 3DMark CPU Profile Benchmark mit 8-Kern-Last an. Die Desktop-Prozessoren liegen hier natürlich vor den Threadrippern, weil sie viel höher takten können. Der 24-Kerner fällt jedoch beinahe auf das Leistungsniveau eines Ryzen 9 5900X herab. Wie kann das sein?

Schuld ist der Aufbau mit sechs Kernen pro CCX, statt derer acht bei den großen Brüdern. Das Betriebssystem meldet der CPU „ich benötige acht Kerne, die etwas berechnen müssen“ und die CPU steht jetzt ratlos da, weil höchstens sechs Kerne zur Verfügung stehen, die effizient und schnell gemeinsam am Strang ziehen können. Man muss noch zwei weitere Kerne aus einem anderen CCD beauftragen, ebenfalls am Strang zu ziehen, doch bis dieses Telegramm den Empfänger erreicht hat, vergeht viel Zeit. So kommt es, dass ein TR 7960X satte 25 Prozent langsamer rechnet, wenn 8-Kern-Last gefragt ist (CPU Profile Benchmark). Wie Sie wissen, sind viele Spiele auf acht Kerne optimiert. Falls Sie ein HEDT-Spiele-System planen, dann halten Sie besser Abstand zum TR 7960X und nehmen den TR 7970X. Dieser hat mit 32 Kernen zwar mehr als PC-Spiele benötigen, legt dessen Kerne jedoch in 8er-Packs in die CCDs.

Noch schlimmer wird es, wenn die Teillast steigt, jedoch noch keine Volllast erreicht ist. Dieses Szenario repräsentiert der CPU Profile Benchmark im 16-Kern-Test. Hier ist ein TR 7960X satte 36 Prozent hinter TR 7970X und 7980X. Das ist kein kleiner Fisch mehr und deutlich bemerkbar. Das lässt sich durchaus mit Lasten vergleichen, die auf 16 Threads verteilt werden. Jedoch ist alles, was keine 24 Kerne komplett belegt, Teillast. Wie viele Spiele oder Anwendungen kennen Sie, die garantiert Volllast auf bis zu 48 Threads packt? Die übrigen Benchmarks, die Volllast erzeugen, bestätigen unsere These, denn TR 7960X leistet hier das, was man von 24 Kernen erwarten würde. *(dn)*

Fazit PCGH

Einfach mächtig

Sie wünschen sich Anwendungsleistung bis zum Abwinken, wollen aber keine fast 11.000 Euro für den 96-Kerner ausgeben? Dann gönnen Sie sich den TR 7980X, welcher viel günstiger ist. Probleme gibt es noch beim TR 7960X, zumindest auf Teillast bezogen.

Prozessoren

Auszug aus Testtabelle mit vielen weiteren Wertungskriterien

Prozessor	AMD Ryzen Threadripper 7980X	AMD Ryzen Threadripper 7970X	AMD Ryzen Threadripper 7960X
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/3047278	www.pcgh.de/preis/3047281	www.pcgh.de/preis/3047282
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 5.350,-/6	Ca. € 2.500,-/5-	Ca. € 1.600,-/5-
Für Mainboards mit ...	Sockel TR5	Sockel TR5	Sockel TR5
Codename	Storm Peak	Storm Peak	Storm Peak
Anzahl Kerne/Threads	64c/128t	32c/64t	24c/48t
Basistakt (Turbo für alle und einen Kern)	3,2 GHz, (4,8-5,65 GHz)	4,0 GHz, (4,8-5,65 GHz)	4,0 GHz, (4,8-5,65 GHz)
L1-Cache (Daten/Befehle, je Kern)	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/32 KiByte
L2-Cache (je Kern)/LLC (gesamt)	1.024 KiByte/256 MiByte	1.024 KiByte/128 MiByte	1.024 KiByte/128 MiByte
Heatspreader, Fertigung	Metall (verlötet), TSMC N5	Metall (verlötet), TSMC N5	Metall (verlötet), TSMC N5
Ausstattung (20 % der Endnote)	**1,94**	**1,94**	**1,94**
Integrierte Grafikeinheit	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden
Befehlssätze und Erweiterungen	AES-NI, AMD-V, AVX, AVX-512, AVX2, FMA3, MMX(+), SHA, SSE, SSE2, SSE3, SSE4.1, SSE4.2, SSE4a, x86-64	AES-NI, AMD-V, AVX, AVX-512, AVX2, FMA3, MMX(+), SHA, SSE, SSE2, SSE3, SSE4.1, SSE4.2, SSE4a, x86-64	AES-NI, AMD-V, AVX, AVX-512, AVX2, FMA3, MMX(+), SHA, SSE, SSE2, SSE3, SSE4.1, SSE4.2, SSE4a, x86-64
Integrierte PCI-Express-Lanes	8× PCI-Express 3.0 + 32× PCI-Express 4.0 + 48× PCI-Express 5.0	8× PCI-Express 3.0 + 32× PCI-Express 4.0 + 48× PCI-Express 5.0	8× PCI-Express 3.0 + 32× PCI-Express 4.0 + 48× PCI-Express 5.0
Eigenschaften (20 % der Endnote)	**4,71**	**4,55**	**4,62**
Offener Multiplikator*	Ja	Ja	Ja
Speicherkanäle (u. max. Geschw.*)	4× DDR5-5200 (RDIMM)	4× DDR5-5200 (RDIMM)	4× DDR5-5200 (RDIMM)
ECC-Support	Unterstützt	Unterstützt	Unterstützt
TDP laut Hersteller	350 Watt	350 Watt	350 Watt
TDP (Boost)	350 Watt	350 Watt	350 Watt
Leistung (60 % der Endnote)	**2,27**	**2,35**	**2,71**
Anwendungs-Index	100 Prozent	96,2 Prozent	82,2 Prozent
FAZIT	⊕ Extrem hohe Multi-Core-Leistung ⊖ Extrem hoher Preis	⊕ Bester Mittelweg aus Preis und Leistung ⊕ Münzt hohe TDP in mehr Leistung um	⊕ Günstiger Einstieg in die HEDT-Welt ⊖ 6-Kern-CCX-Konfiguration kostet Leistung
	Wertung: **2,69**	Wertung: **2,71**	Wertung: **2,94**

*Setzt Unterstützung durch das Mainboard voraus

LINUX MAGAZIN

amazon 5 EURO-GUTSCHEIN

SICHERN SIE SICH JETZT IHR GESCHENK!

EIN AMAZON-GUTSCHEIN ÜBER 5,00 €

33 % Rabatt

TESTEN SIE 3 AUSGABEN FÜR 21,00 €

OHNE DVD 17,00 €

ABO-VORTEILE

- Günstiger als am Kiosk
- Versandkostenfrei bequem per Post
- Pünktlich und aktuell
- Keine Ausgabe verpassen

Telefon: 0911 / 9939 90 98
E-Mail: computec@dpv.de

Einfach bequem online bestellen: shop.linux-magazin.de

Sockel TR5: Uber-HEDT

AMDs neue Threadripper sind nicht einfach nur neue Prozessoren, sondern sie haben auch eine komplett neue Plattform im Gepäck. Genauer gesagt sogar anderthalb Plattformen und ziemlich komplexe noch dazu.

Wenn man Mainstream-Desktop-Plattformen gewöhnt ist, wirkt ein Threadripper-7000-System auf den ersten Blick riesig. Auf den zweiten Blick, respektive wenn man ältere Threadripper oder konkurrierende Xeons kennt, sieht man dagegen viel Bekanntes. Ist der Sockel TR5 also langweilig? Nein, denn es ist eben *viel* Bekanntes. *Sehr viel*, um genau zu sein. Dazu kommt noch einiges geradezu Verwirrendes, das man auch auf den zweiten Blick nicht sieht, aber das wir im Laufe dieses Artikels erschließen wollen.

TR5? TRX5? TRX50? sTR5?

Das Durcheinander beginnt bereits mit dem Namen. Wie schon bei den Vorgängersockeln (s)WRX8 und (s)TRX4 spricht AMD in vielen Präsentationen vom „Socket sTR5". Das ist aber ähnlich falsch wie „LCD Display" oder „XMP Profil", denn das kleine „s" steht natürlich für „Sockel" und wird deswegen sowohl beim (s)TR4 als auch bei (s)AM4 und (s)AM5 weggelassen; PCGH übernimmt diese Schreibweise für den (s)TR5. Weitere Namen resultieren aus den zugehörigen I/O-Hubs, die AMD außerhalb des A620-/B650-/X670-Schemas stellt. Es gibt also keinen „X699", wie seinerzeit den X399 über dem X370, sondern einen „TRX50" und einen „WRX90", welche aber keinen Sockel benennen.

1 Plattform? 2 Plattformen?

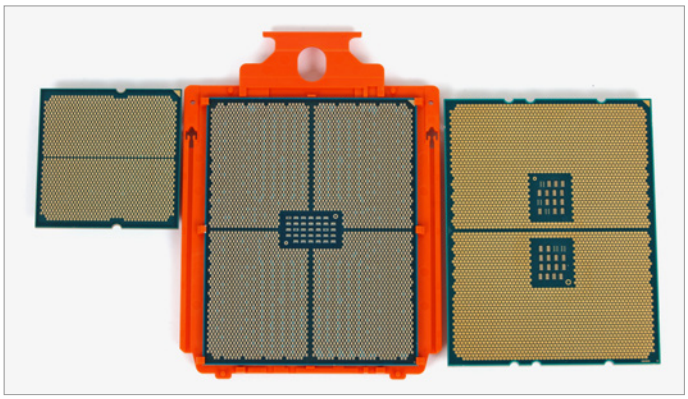
Dafür kennzeichnen die beiden I/O-Hubs verschieden Ausbaustufen der TR5-Plattform. Nicht, weil sich diese Begleitchips unterscheiden würden, sondern weil sie für unterschiedliche Prozessoren vorgesehen sind. Wie bereits im CPU-Test angesprochen, bezeichnet AMD die normalen Threadripper 7000 als „HEDT"-Prozessoren, obwohl das gesamte Angebot vom Preis über Anwendungsspektrum bis hin zu angebotenen Konfigurationen „kleine Workstation" schreit. Diese CPUs verfügen über ein Quad-Channel-Speicherinterface sowie eine reduzierte Anzahl von PCI-E-Lanes und sie laufen nur in Mainboards mit TRX50. WRX90-Platinen nehmen dagegen Threadripper Pro 7000 auf – den voll freigeschalteten, großen Bruder mit acht Speicherkanälen.

Eigentlich handelt es sich also um zwei getrennte Plattformen, die unterschiedliche Preisklassen ansprechen, aber beide das mechanisch wie elektrisch gleiche TR5-Format nutzen. Dadurch lassen sich Threadripper-Pro-7000-CPUs auch in TRX50-Mainboards betreiben. Ihre zusätzlichen Controller sind dort allerdings nutzlos, denn die zugehörigen Pins im Sockel werden nicht beschaltet. Lediglich der Zugriff auf CPUs mit 12, 16 und 96 Kernen würde die Pro-Produktlinie für TRX50-Käufer interessant machen, denn diese Ausbaustufen fehlen im HEDT-Portfolio. Allerdings zeichnet sich zu Redaktionsschluss ab, dass der „Pro"-16-Kerner teurer als ein für TRX50 ausgelegter „HEDT"-24-Kerner und damit nur bei Nutzung seiner acht Speicherkanäle interessant wird – also nicht in TRX50-Platinen. Die Gegenrichtung, also „HEDT"-CPUs in WRX90-Mainboards, sperrt AMD komplett. Beschnittene Prozessoren könnten die zusätzlichen Leiterbahnen und Anschlüsse des „großen" TR5 ohnehin nicht ansteuern. Intels konkurrierender LGA4677, ebenfalls als Quad- und Octa-Channel-Version erhältlich, nutzt eine beidseitige Kompatibilität aber zur Erweiterung der Mainboard-Auswahl. Diese ist preisklassenbedingt gering: Bis Redaktionsschluss wurden vier TRX50-Mainboards gezeigt, davon drei für den EU-Markt. Einige Spezialfälle werden mangels Vielfalt also nicht abgedeckt werden und hätten, ohne AMDs Sperre, von WRX90-Modellen übernommen werden können – vielleicht: Mehrere Wochen nach dem Plattform-(Paper-)Launch ist lediglich eins angekündigt.

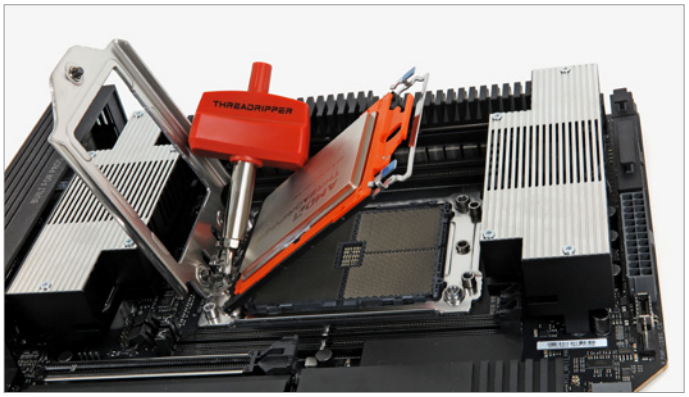
Der innere Aufbau

Dennoch wollen wir hier beide TR5-Geschmacksrichtungen betrachten – bereits die „kleine" Ausgabe dürfte aus Sicht vieler Leser schlicht „zu teuer" sein; technisches Interesse weckt die noch teurere WRX90-Ausbaustufe dafür umso mehr. CPU-intern gibt es dabei eher kleine Unterschiede. Wie bereits im CPU-Test angedeutet, nutzen alle Threadripper identische Compute-Chiplets – und genau die gleichen CCDs stellen auch die Basis für alle Ryzen-7000-Mainstream- und Mobile-CPUs (nicht aber für APUs) sowie für Epyc-9004-Server-Prozessoren. Ein einzelner CCD enthält dabei immer 32 MiB L3-Cache sowie sechs oder acht aktive Zen-4-Kerne. Im Desktop kennen wir dies bereits von Ryzen 5 7000 (ein CCD, 6 Kerne aktiv), Ryzen 7 7000 (ein CCD, 8 Kerne) und Ryzen 9 (2 CCDs, je 6 Kerne beim 7900X, je 8 beim 7950X). Threadripper 7000 erweitert diese Möglichkeiten um viermal sechs, viermal acht, achtmal acht und zwölfmal acht.

Entsprechend wachsen die Caches mit – 24- und 32-Kerner haben je viermal 32 MiB L3, der 64-Kerner achtmal 32 MiB. Genau wie bei den AM5-Ryzens gilt aber auch hier: Die CCDs kommunizieren nicht direkt miteinander, sondern sind nur an



TR5-CPUs (Mitte) haben eine andere Kontaktanordnung als TR4 (rechts, aus Hilfsrahmen genommen), aber das gleiche Format. AM5 (links) wirkt dagegen winzig.



Einfach? CPU im Hilfsrahmen in CPU-Führung, diese runterklappen, dann den SAM-Force-Frame darüber mit dem beiliegenden Drehmomentschlüssel festschrauben.

einen zentralen I/O-Chip angebunden. Das Infinity Fabric zu diesem IOD ist zwar flott genug für eine ungestörte Kommunikation nach draußen oder für den Austausch von Berechnungsergebnissen zwischen CCDs innerhalb einer Multi-Core-Anwendung. Die Geschwindigkeit und Latenz reicht allerdings nicht aus, damit ein Kern während einer laufenden Berechnung sinnvoll mit Daten arbeiten könnte, die im Cache eines anderen CCDs liegen – egal ob Ryzen 7700X, Threadripper 7960X oder Threadripper Pro 7995X: Ein einzelner Thread muss mit 32 MiB L3-Cache auskommen (weniger, wenn weitere Kerne im gleichen CCD aktiv sind). V-Cache-Versionen mit einer zusätzlichen Cache-Lage auf jedem CCD sind leider auch nicht angekündigt – in cache-lastigen Szenarien, zum Beispiel Spielen, sind Ryzen 7800X3D oder 7950X3D einem TR5-System also deutlich überlegen. Letzteres kann seine Stärken erst ausspielen, wenn viele Threads parallel auf vielen Kernen aktiv sind.

Das Speicher-Interface

Dazu trägt auch der im Sockel TR5 zentral liegende IOD bei, denn dieser wurde nicht nur in Sachen CCD-Anbindungen gegenüber seinen Sockel-AM5-Pendants aufgebohrt, sondern er trägt auch ein wesentlich breiteres PCI-E- sowie Speicher-Interface. Während letzteres bei AM5-Ryzens über zwei DDR5-Kanäle (mit je zwei Subkanälen) verfügt, sind es bei „HEDT"-Threadrippern, wie angedeutet, deren vier und bei Threadripper Pro sogar insgesamt acht. Der 7985WX hat also nicht nur viermal so viele CCDs und damit viermal so viele Kerne, sondern auch viermal so viele Speicher-Kanäle, wie ein Ryzen 9 7950X im Sockel AM5.

Die jeweiligen Speicher-Controller sind aber anders aufgebaut und stammen von den aktuellen „Genoa"-Epyc-Prozessoren ab (Sockel SP5, 12 Kanäle). Daher bestehen beide TR5-Ausbaustufen auf registered-RAM, ähnlich wie ihre Octa-Channel-Workstation-Vorgänger im Sockel WRX8. DDR5-RDIMMs haben dabei je zwei grundlegende Vor-, aber auch Nachteile: Bei ihnen sind die Speicherzellen über zwischengeschaltete Register vom Speicher-Bus entkoppelt, so kann mehr Speicher auf einem Modul verbaut werden (64 GiB sind üblich, bis 256 GiB im Fachhandel erhältlich) und mehrere Module beeinträchtigen die Stabilität und damit Geschwindigkeit des Busses weniger stark.

Andererseits kostet dieser Zwischenschritt auch Zeit, bringt also eine Latenz mit sich, und die zugehörigen Schaltkreise wollen bezahlt werden. Da RDIMM- und die viel weiter verbreiteten (Desktop-) unregistered-DIMM-Plattformen zueinander inkompatibel sind, verstärkt ein gewisser Exotenfaktor den Preisaspekt weiter – vor allem, wenn man die von AMD spezifizierten DDR5-5200 (Gleichstand zu AM5) und ein AMD-Expo-Profil wünscht. Umgekehrt haben TR5-Käufer wenig von der erweiterten Bestückbarkeit, denn Threadripper 7000 ist künstlich auf ein Modul je Kanal begrenzt. Im Gegensatz zur Xeon-Konkurrenz verfügen Quad-Channel-TRX50-Mainboards daher nur über vier DDR5-Slots, deren acht erfordern ein WRX90-System. Gegenüber zu AM5-Platinen mit vier Steckplätzen bleibt aber die Einzelanbindung jedes Slots. Das heißt, es liegt allgemein ein doppelt so breites, bei größeren Zugriffen also doppelt so schnelles Interface vor, und der RAM-Takt muss bei Vollbestückung gegenüber einem Betrieb mit nur zwei Modulen nicht reduziert werden.

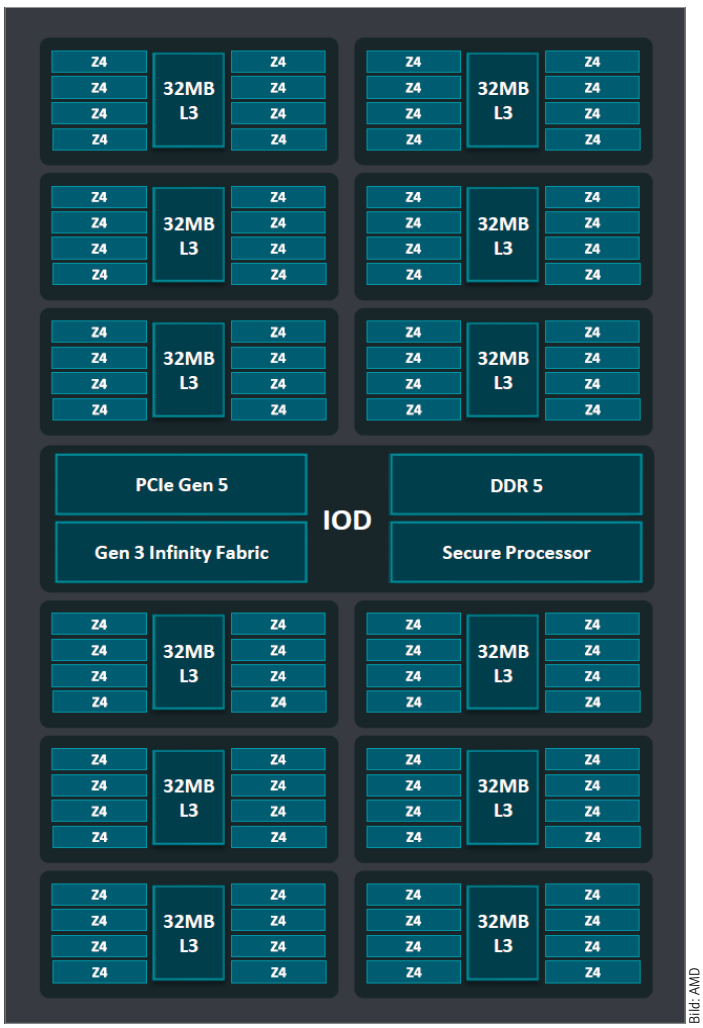


Bild: AMD

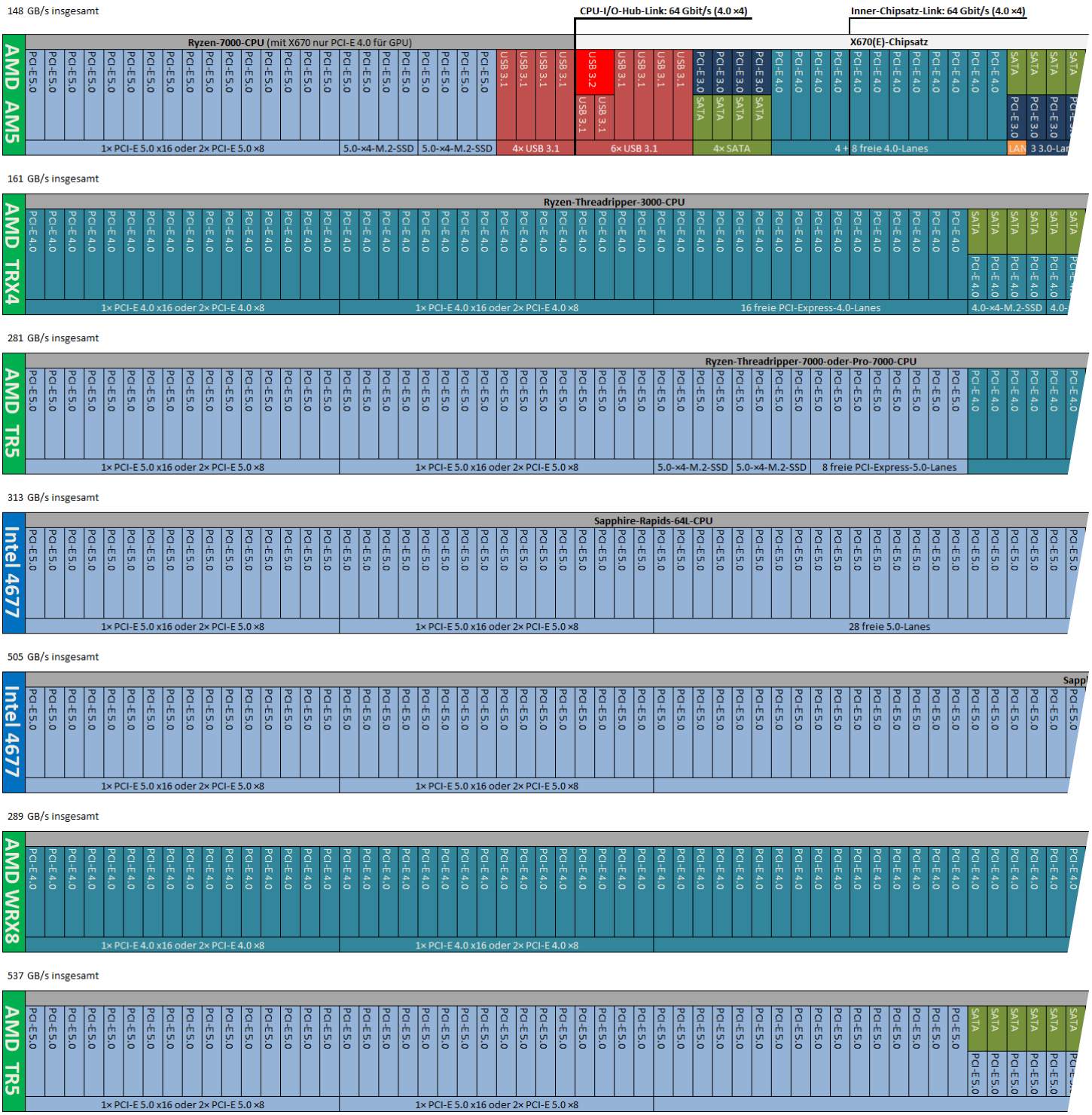
CCDs mit je acht Zen-4-Kernen und 32 MiB L3 Cache kennt man von Ryzen-7000-CPUs. Bei Threadripper (Pro) gruppieren sich bis zu 12 um einen IOD.

Schnittstellen en masse

Ebenso vervielfacht hat sich die Anbindung weiterer Systemkomponenten, beispielsweise Grafik- oder Erweiterungskarten und SSDs, wie unsere folgenden Balkengrafiken erahnen lassen. Normalerweise zeigen diese hübsch nebeneinander auf

einer (Hochkant-)Seite, über wie viele „schnelle“ Schnittstellen eine Plattform insgesamt verfügt. USB 2.0 wird also ausgeblendet, aber jeder Port ab 5 GBit/s aufwärts erhält eine eigene Zelle in der mittleren Reihe eines Balkens. Beherrscht der Port zwei verschiedene Funktionen, kann ihn ein Mainboard-Hersteller also beispielsweise als PCI-E-Lane oder als SATA-Anschluss routen, so wird diese Zelle noch einmal zweigeteilt. Darunter geben wir in einer flacheren Zeile normalerweise eine typische Beispielkonfiguration an, die am Ende ein paar PCI-E-Lanes für Mainboard-spezifische Schwerpunkte offen lässt (z.B. zusätzlicher M.2-Port: 4 Lanes, zusätzlicher USB-3.2-Controller: deren 2, WiFi: 1 Lane). Oben drüber steht jeweils, welcher Teil der Plattform (CPU oder I/O-Hub) den Port bereitstellt sowie, als Fähnchen, wie schnell diese Teile untereinander kommunizieren – zwei M.2-SSDs an einem (AMD-)I/O-Hub können beispielsweise in der Regel nicht gleichzeitig mit voller Geschwindigkeit lesen, da die I/O-Hub-Anbindung zum Flaschenhals wird. Eine SSD am I/O-Hub und zusätzlich eine direkt an der CPU ist dagegen kein Problem.

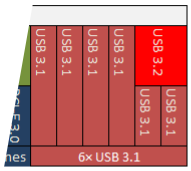
Dieses „übersichtliche“ Konzept gerät mit Threadripper Pro 7000 aber an seine Grenzen. Die Balken passen in lesbarer Größe nicht einmal auf zwei, geschweige denn auf eine Seite, sondern brauchen deren drei. Wir entschuldigen uns an dieser Stelle für die Blätterei – PCGH wird zwar eine überwiegend männliche Leserschaft nachgesagt, im Gegensatz zu klassischen Herren-

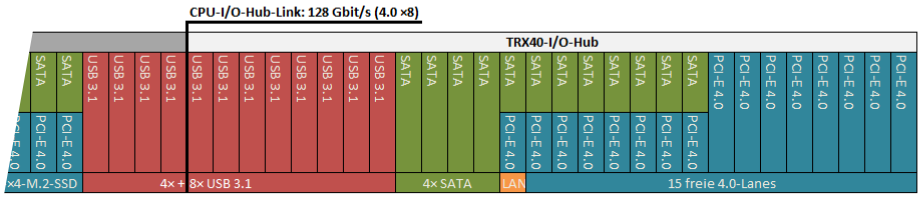


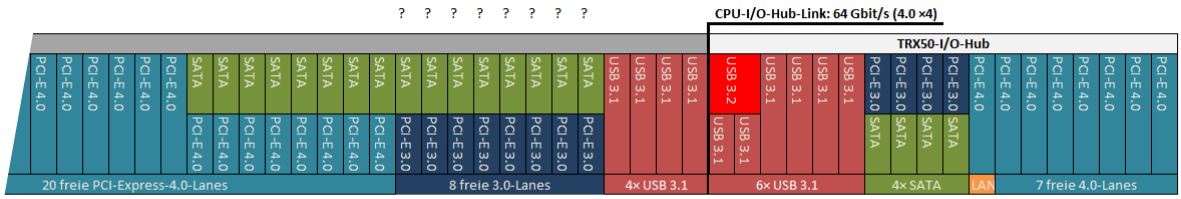
magazinen ist unser Druck aber nicht auf ein Centerfold vorbereitet. Auch unsere „typische“ High-End-Gaming-Beispielkonfiguration wird Workstationplattformen nicht gerecht und nutzt nur einen Bruchteil derer Ressourcen.

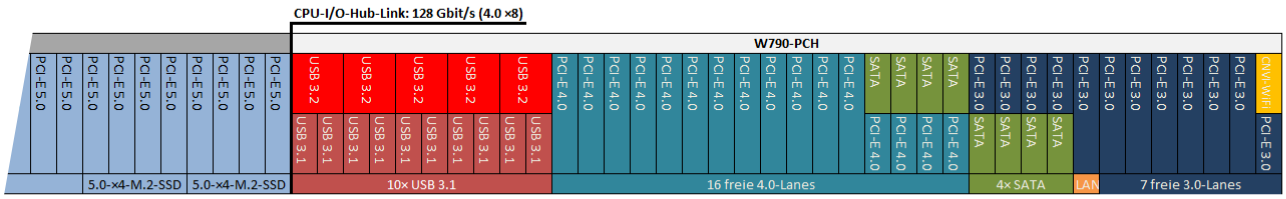
PCI-Express-Wahnsinn

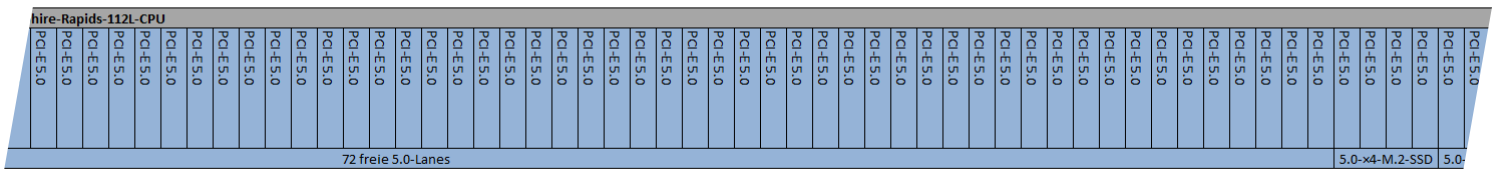
Den Löwenanteil bei Threadripper Pro 7000 machen dabei 128 PCI-Express-5.0 Lanes aus. Das sind 16, also eine komplette Grafikkartenanbindung, mehr als beim bisherigen Spitzenreiter Xeon W-3400 (alias Sapphire Rapids 112L) und damit genauso viele, wie es bei der vorangehenden High-End-Workstation-Plattform WRX8 als 4.0er gab. Bei AMD werden zwar noch vier (TR5) respektive acht (WRX8) Lanes für die Anbindung der I/O-Hubs verbraucht, so dass auf WRX90-Mainbaords „nur“ 124 PCI-E-5.0-Lanes zur Verfügung stehen, alle drei genannten Plattformen haben aber das gleiche Luxus-Problem: Im ATX-Formfaktor lässt sich so etwas gar nicht nutzen. Selbst mit einem vollwertigen ×16-Slot an jeder der sieben spezifizierten Öffnungen blieben noch Ressourcen für drei 16-GB/s-Onboard-M.2-Slots übrig. In der Praxis sind wassergekühlte Geforce RTX4090 oft dicker, als ein derartiges Single-Slot-Layout erlauben würde, und siebenmal 450 W TDP zuzüglich 350 W im CPU-Sockel, in der Summe also 3,5 kW, muss man auch erst einmal gekühlt bekommen. Verbaut man „nur“ in jedem zweiten Slot High-End-Beschleuniger, insgesamt also vier, bleiben schon 60 Lanes für Onboard-Funktionen übrig – das ist ungefähr doppelt so viel wie in einem kompletten Sockel-AM5-High-End-System. Dann legt Threadripper Pro 7000 auch noch acht PCI-Express-3.0-„Bonus“-Lanes (Original AMD-Bezeichnung) obendrauf, damit die 5.0-Ressourcen nicht für langsamere Onboard-Controller verbraucht werden müssen und zu guter Letzt kommt noch der WRX90-I/O-Hub hinzu (siehe unten). Wer unbedingt einen 96 kernigen Extrem-File-Server bauen möchte, kann alternativ 32 der PCI-Express-5.0-Lanes als SATA-Anschlüsse verbuchen, wird dann aber das gleiche Problem haben, wie die Mainboards selbst – so etwas passt in typische Desktop-Gehäuse, gar nicht rein. Um den TR5-Vollausbau auszureizen, braucht es zwingend eine maßgeschneiderte Workstation-Umgebung oder besser gleich ein größeres Server-Rack. Gleiches galt schon für den Vorgänger WRX8 sowie für die konkurrierenden Xeon W-3400 – vor sieben Jahren bedienten Spezialanfertigungen mit acht CPU-Sockeln dieses Segment.

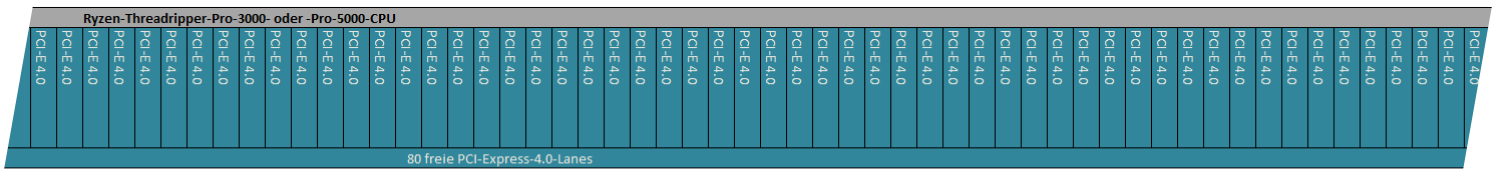


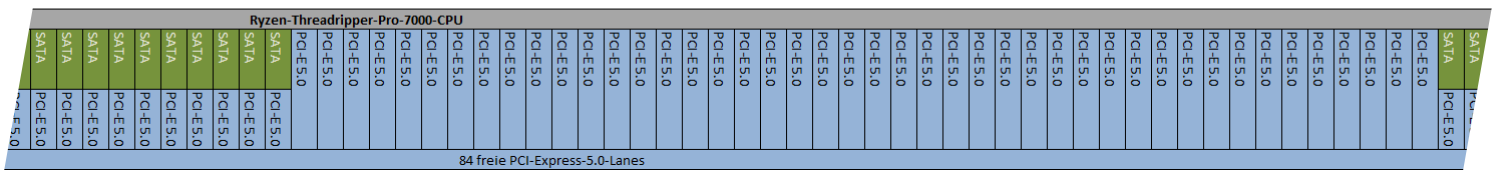












PCI-Express-Wirrwarr

Anders sieht dies bei den Quad-Channel-Plattformen aus. Für Xeon-W-2400- oder Threadripper-TRX4-Platinen ist die ATX-Norm eng, aber es geht. Die Mainboard-Hersteller können im Prinzip alle Features gleichzeitig ermöglichen, die im Sockel AM5 auf verschiedenen High-End-Mainstream-Platinen als Einzel-Highlight auftauchen und dann teilweise noch sharing-Konzepte mit Deaktivierung anderer Funktionen erfordern. Fragen wie „mehr M.2 oder eine zweite Grafikkarte oder andere Erweiterungskarten?“ und „10G-LAN oder Thunderbolt oder ein volles SATA-Kontingent?“ beantworten die vermeintlich „kleinen“ TR5-Mainboards schlicht mit „wieso oder?“.

Grob gesagt ist hier einfach alles gleichzeitig möglich. Detaillierte Aussagen sind dagegen komplex, denn bis Redaktionsschluss wusste AMD selbst nicht so recht, was Threadripper-7000-CPUs ohne „Pro“ denn eigentlich können:

PCI-Express 5.0: Zweifelsfrei 48 Lanes. Eindeutig ist die Quellenlage bei PCI-Express 5.0. Alle AMD-Dokumente und die Spezifikationen der vier TRX50-anbietenden Mainboard-Hersteller Asrock, Asus, Gigabyte und Supermicro bestätigen 48 Lanes des aktuell schnellsten Standards. Meist gibt es zwei vollwertige ×16-Grafikkarten-Slots, und zwei 5.0-M.2-Steckplätze. Gigabyte packt noch einen dritten dazu, Asrock und Asus nutzen die verbleibenden acht Lanes für einen weiteren Erweiterungskarten-Slot. In Anbetracht dessen, dass PCI-Express 5.0 im Endkundenmarkt bislang nur als SSD angekommen ist, als solche aber selten benötigt wird, gibt es bei dieser Verteilung noch kein „richtig“ oder „falsch“.

PCI-Express 4.0: Mindestens 24 Lanes. Die präziseste Angabe zu langsameren Lanes finden wir im Threadripper-Reviewers-Guide, der 32 4.0-Datenleitungen zusätzlich zu den 5.0ern verspricht. Aber das muss nicht die richtige Zahl sein, denn das gleiche Dokument illustriert auch 64 MiB L3 Cache je CCD und verspricht 88 CPU-Lanes insgesamt, was allen anderen AMD-Angaben widerspricht und von keinem Mainboard ausgereizt wird. Stattdessen nutzen Asrock und Asus 80 CPU-Lanes insgesamt, von denen 24 mit 4.0-Geschwindigkeit arbeiten, bei Gigabyte sind es 72 mit ebenfalls 24× 4.0. Garantiert dies, dass Threadripper 7000 zusätzlich zu seinen 48 PCI-E-5.0-Lanes über exakt 24 weitere mit 4.0-Geschwindigkeit verfügt? Nein. Wir halten dies zwar aufgrund weiterer Layout-Entscheidungen für wahrscheinlich. Aber Gigabyte lässt einige Ports brachliegen und sowohl Asrocks TRX50 WS als auch Asus' WS TRX50 Sage routen je acht Lanes zu Onboard-Controllern, die maximal PCI-Express 3.0 beherrschen. Wir können also nicht ausschließen, dass 32× 4.0-Geschwindigkeit genutzt werden *könnte* – sicher ist nur, dass das niemand macht.

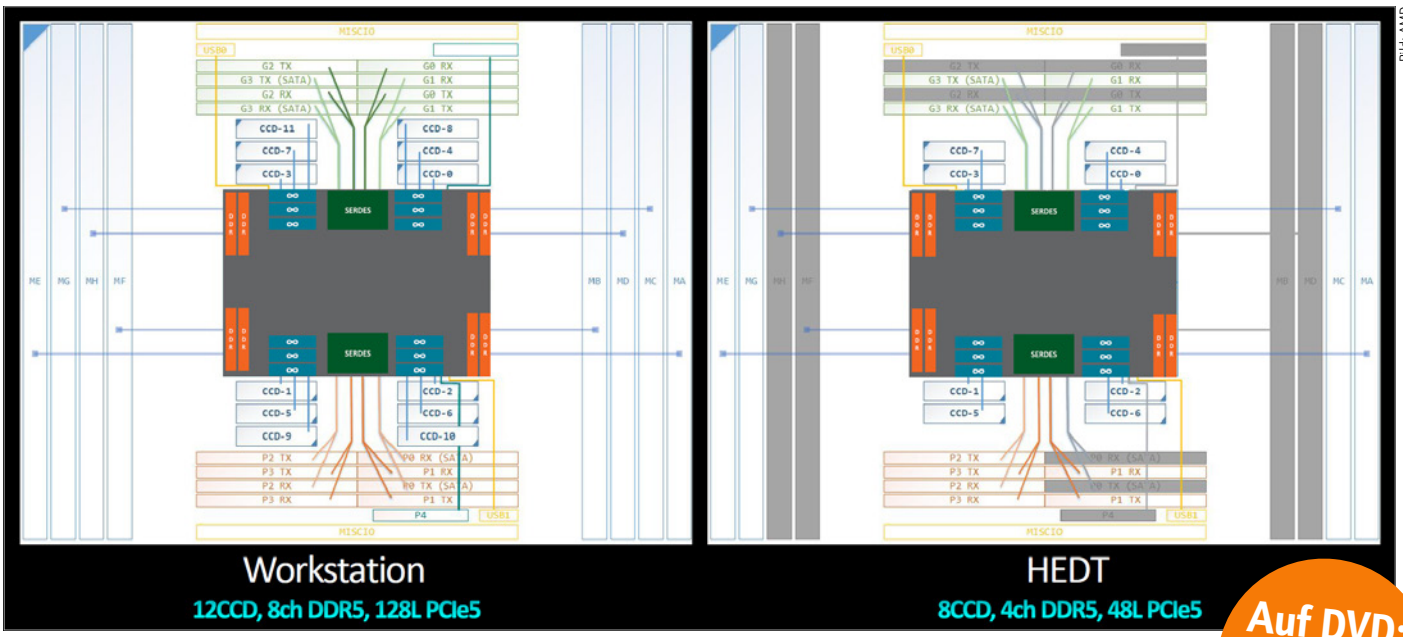
PCI-Express 3.0: Vermutlich 8 Lanes. Die Kehrseite der PCI-E-4.0-Abschätzung ist die 3.0-Ausstattung. Der AMD-Guide verspricht acht „Bonus Lanes“ wie bei Threadripper Pro. Die Launch-Präsentation macht gar keine Angabe, nennt aber 80 Lanes insgesamt, von denen 32 keine 5.0-Geschwindigkeit erreichen und praktisch realisiert wird bei Asrock und Asus eine Kombination aus 24 plus 8 sowie bei Gigabyte aus 24 plus 0 4.0- und 3.0-Lanes. Wir halten 24× 4.0 zuzüglich 8× 3.0 für wahrscheinlich, aber wenn 4.0-Geschwindigkeit an weiteren Ports unterstützt wird, sind andere Abstufung bis 32× 4.0 ohne weitere 3.0er denkbar. Die 32×-4.0-*plus*-8×-3.0-Angabe des Guides erscheint dagegen nicht glaubwürdig.

SATA-Zweitbelegung: 2? 4? 8? 16? Noch dürftiger sind, mehrere Wochen nach dem Verkaufsstart von Threadripper 7000, AMDs Informationen zur SATA-Zweitbelegung der PCI-E-Lanes bei kleineren Threadripper-Modellen. Launch-Präsentation und Reviewer-Guide machen gar keine explizite Angabe. Eine technische Zeichnung AMDs, die aber auf technisch unplausible Art ergänzt oder zensiert wurde, bestätigt, dass gegenüber Threadripper Pro einer der SATA-tauglichen Controller-Abschnitte deaktiviert ist. Dies würde für die „HEDT“-Ausführung maximal 16 native SATA-Anschlüsse übrig lassen. Mehrere Wochen nach einer PCGH-Anfrage konnte AMD diese Zahl aber weder bestätigen noch korrigieren und die hauseigenen online-Spezifikationen sprechen von gerade einmal zwei Ports im klassischen Format – zweifelsfrei ein Fehler, denn bei Gigabyte sind bereits deren vier und Asrock sogar acht im Einsatz. Letztere sind dabei mechanisch als Mini-SAS-Anschluss ausgeführt, der sich nicht nur auf vier einzelne SATA-Verbindungen adaptieren lässt, sondern auch auf eine einzelne NVME-Leitung für U.2- oder U.3-Laufwerke, dem verkabelten Server-Gegenstück zu M.2. Dass Asrock für diesen alternativen Betriebsmodus PCI-E-4.0-Geschwindigkeit zusagt, verrät, mit welchen PCI-Express-Controllern diese SATA-Zweifunktionalität den I/O-Port shared. Ob und wo es weitere acht Ports gibt, können wir bislang nicht sagen – am kundenfreundlichsten seitens AMD wäre eine Doppelbelegung auf den ohnehin langsamen PCI-E-3.0-Lanes (sofern vorhanden).

TRX50 und WRX90

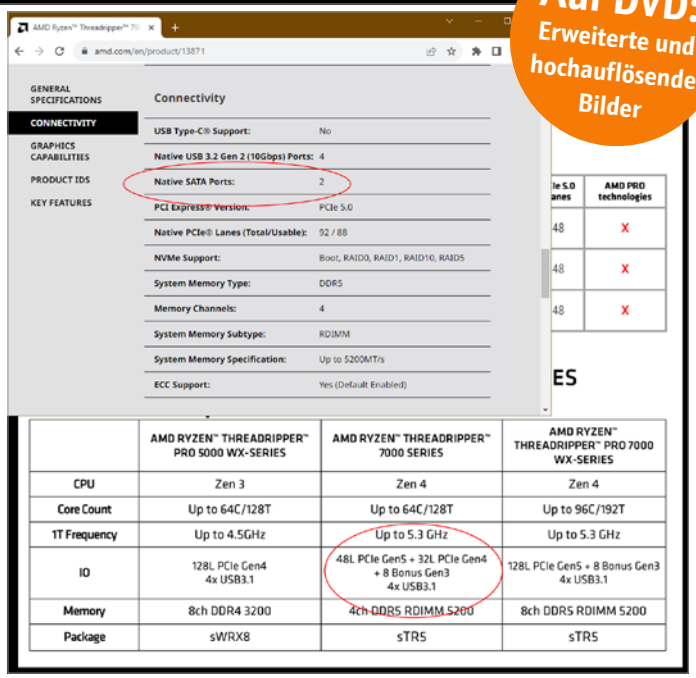
Unabhängig von der CPU-Ausstattung sieht AMD bei beiden TR5-Geschmacksrichtungen noch einen I/O-Hub vor – und zwar jeweils den gleichen, auch wenn unterschiedliche Namen verwendet werden. Tatsächlich kennen Desktop-Anwender das Promontory-21-Silizium hinter TRX50 und WRX90 auch schon als X670(E), B650(E) und A620. Letztgenannter stellt dabei eine beschnittene Version dar und der X670-Chipsatz ist eine Kombination aus zwei Chips. Der B650-Vollausbau entspricht derweil 1:1

Bild: AMD



Chaos pur: Laut AMD-Folie sind bei TRX50-Mainboards neben vier Speicher-Controllern auch die PCI-E-Blöcke P1, P2 und P3 mit je 16 5.0-Sende- und Empfangsleitungen aktiv sowie G1 und G3 mit weiteren 32 Lanes, welche auf maximal 4.0-Geschwindigkeit eingebremst werden. Der ohne Controller eingezeichnete „P4"-Bonus-Port der WRX90-Ausgabe wurde aber ausgegraut, obwohl seine acht 3.0-Lanes laut Reviewer's Guide weiterhin zur Verfügung stehen sollen (rechts). Gibt es also kein 3.0? Oder sind Teile von G1 oder G3 weiter eingebremst? Die reale Nutzung auf Platinen spricht für Letzteres. Unklar auch, ob alle 16 G1-Ports ihre SATA-Fähigkeiten nutzen dürfen. Für Threadripper Pro sagt AMD dies zu und zusätzlich weitere 16 SATA-Zweitbelegungen vom P0-PCI-E-Block. Aber für die HEDT-Ausführung werden nur zwei SATA-Ports versprochen – von denen Asrock acht nutzt.

Auf DVD: Erweiterte und hochauflösende Bilder



	AMD RYZEN™ THREADRIPPER™ PRO 5000 WX-SERIES	AMD RYZEN™ THREADRIPPER™ 7000 SERIES	AMD RYZEN™ THREADRIPPER™ PRO 7000 WX-SERIES
CPU	Zen 3	Zen 4	Zen 4
Core Count	Up to 64C/128T	Up to 64C/128T	Up to 96C/192T
1T Frequency	Up to 4.5GHz	Up to 5.3 GHz	Up to 5.3 GHz
IO	128L PCIe Gen4 4x USB3.1	48L PCIe Gen5 + 32L PCIe Gen4 + 8 Bonus Gen3 4x USB3.1	128L PCIe Gen5 + 8 Bonus Gen3 4x USB3.1
Memory	8ch DDR4 3200	4ch DDR5 RDIMM 5200	8ch DDR5 RDIMM 5200
Package	sWRX8	sTR5	sTR5

dem, was nun unter zwei weiteren Namen auf Sockel-TR5-Mainboards verkauft wird.

Die Ausstattung umfasst dementsprechend erneut acht PCI-E-4.0-Lanes im Downstream. Da als Upstream-Anbindung aber vier CPU-Lanes „verbraucht" werden, gewinnt die Plattform netto nur plus vier, weitere vier Ports arbeiten wahlweise als SATA oder PCI-Express 3.0. In Anbetracht der CPU-Ressourcen braucht man die I/O-Hubs aber eher für USB – dort stellt Threadripper selbst nur vier 3.1-Anschlüsse zur Verfügung, Promontory 21 ergänzt zwölf USB-2.0- und sechs USB-3.1-Ports. Von letzteren lassen sich zwei zu einem USB-3.2-Anschluss zu bündeln, sodass für B650(E)-, TRX50- oder WRX90-Systeme insgesamt acht 10-GBit/s- und ein 20-GBit/s-Port resultieren. Das ist weniger als auf X670(E)-Mainboards mit zwölf USB 3.1 und zweimal USB 3.2 oder gar Intels Z790/Z690 respektive dem mit letzterem identischen Xeon-I/O-Hub W790. Von deren bis zu fünf USB-3.2-Ports werden meist drei Stück als solche nach außen geführt. Vor allem aber ist es im Sockel TR5 zu wenig, um ohne Zusatz-Controller Front- *und* -Rear-USB-3.2 zu bieten. Zum Glück sind genug CPU-Lanes vorhanden. Diese egalisieren auch die gesamt-I/O-Port-Anzahl gegenüber der Xeon-Konkurrenz auf vier weniger (Quad-Channel) respektive vier mehr (Octa-Channel), wobei Intel auf der kleineren Plattform mit mehr und auf der großen mit weniger PCI-Express 5.0 aufwartet.

Ist das noch Desktop?

Zurück aber zu AMDs „HEDT". Hier erwarten wir also 48× PCI-Express 5.0, 20 CPU- und 8 I/O-Hub-Lanes mit 4.0- sowie 8 plus 4 mit 3.0-Geschwindigkeit. Dabei beherrschen vermutlich alle zwölf 3.0er sowie weitere acht CPU-4.0er alternativ SATA. Insgesamt sind das zwölf Ports und 80 GB/s mehr als beim Sockel TRX4, der letzten Heimanwender„Enthusiast"-Plattform.

Dieses auch „HEDT" (für „High End Desktop") genannte Segment liegt traditionell über dem eigentlichen High-End-Markt und soll laut AMD von Threadripper 7000 bedient werden. Die klassischen HEDT-Vorlagen, insbesondere Intels 1366- und 2011-v3-Plattformen waren sehr beliebt, hoben sich dabei von ihren jeweiligen Mainstream-Zeitgenossen wie folgt ab:

- 50 bis 100 Prozent mehr, jeweils ähnlich schnelle Speicherkanäle
- 50 bis 100 Prozent mehr Kerne, zum Zeitpunkt des Erscheinens in der Regel gleich schnell wie im Mainstream, aber ohne OC meist schnell wieder überholt
- Zwei- bis dreimal so viele PCI-Express-Lanes, um eine zweite Grafikkarte und noch weitere, schnelle Erweiterungen anzubinden
- Die nötigen Ressourcen für ungefähr doppelt so viele Laufwerke (früher SATA, heute M.2) wie im normalen Desktop.

Gleicht man dieses Profil mit AMDs „HEDT"-Threadripper-7000 in TRX50-Mainboards ab, so ist schnell klar: Quantitativ werden die Grenzen bei Weitem gesprengt, qualitativ die Anforderungen nicht immer erfüllt. Eine saubere Verdoppelung der Speicherkanäle, der PCI-Express-5.0- und der -3.0-Lanes

gegenüber dem Sockel AM5 passt gut und wenn man vier 4.0-PCI-Express-Leitungen für SATA nutzt, hat man auch bei diesen beiden Gruppen den Faktor 2 getroffen. Bei der Anzahl der CPU-Kerne springt der TR5 mit seiner Vervierfachung gegenüber den AM5-Topmodellen weit über das HEDT-Segment hinweg mitten in den Workstation-Bereich – und das wohlgemerkt ausgehend vom Ryzen 9 7950X, welcher bereits für praktisch alle Spiele überdimensioniert ist. Frühere HEDT-Plattformen boten sechs oder acht Kerne in einer Zeit, in der Quadcores das Mainstream-Optimum darstellten. Heute wären für HEDT also nicht 4× 16, sondern eher 2×8 Kerne angemessen – die gibt es als normalen Threadripper gar nicht. Umgekehrt erinnert auch die maximale Rechenleistung in wenig parallelisierten Anwendungen an Workstations, ist also viel niedriger als bei den Ryzen-X3D-Modellen. *Das* Kernversprechen von Enthusiast-CPUs, nämlich dass sie in Spielen mindestens so gut wie normale High-End-Modelle sind und für ihren fürstlichen Aufpreis nur *zusätzliche* Vorteile in Anwendungsszenarien bringt, erfüllt der Sockel TR5 somit nicht.

Stattdessen zeigt er sich, auch in der TRX50-Ausführung, genau so, wie es ein LGA4677 -Konkurrenten sollte: als eine Workstation. AMDs „HEDT"-Claim soll nur zusätzliche Aufmerksamkeit jenseits der eigentlichen Zielgruppe generieren – erfolgreich, wie diese PCGH-Ausgabe beweist, wenn man sie mit der bislang spärlichen Berichterstattung über Sapphire Rapids vergleicht, der ehrlich als „Workstation" vermarktet wird. AMDs Launch-Präsentation stimmt dieser Einschätzung übrigens insgeheim zu und zeigt von Threadripper 7000 ausschließlich Anwendungs-Benchmarks, die auch als typisches Anwendungsgebiet für den nicht-HEDT Threadripper Pro 7000 präsentiert werden.

Kühlung: Wie gehabt

In einem anderen Aspekt ist der Sockel TR5 dagegen 100 Prozent HEDT: Die CPU- und Kühlerhalterung wurde 1:1 vom TR(X)4 übernommen. Der eigentliche Sockel darunter hat zwar eine neue Pin-Matrix, aber vergleichbare Außenabmessungen und so werden die Prozessoren in (für Desktop-Anwender un-)gewohnter Weise erst mit einem Plastik-Hilfsrahmen in eine innere CPU-Halterung geschoben, welche sie passgenau in den riesigen Sockel klappt, ehe in einem zweiten Schritt der eigentliche „Socket Actuation Mechanism (SAM) Force Frame", AMDs Gegenstück zur ILM-Loadplate bei Intel-Endanwender-Sockeln, die nötige Anpresskraft aufbaut, um die CPU auf ihre Kontakte zu pressen. Hierfür werden erneut keine Hebel, sondern drei integrierte Torx-Schrauben genutzt. Ein einfacher Drehmoment-Schlüssel liegt jedem Threadripper-Prozessor bei.

Gehalten wird der gesamte Mechanismus vom „SAM stiffener Frame" auf der Mainboard-Vorderseite und einer simplen, aber sehr großen und massiven Backplate auf der Rückseite. Die gesamte Metallmenge ist schwerer als manch Einsteiger-Mainstream-Kühler und beinhaltet auch, ähnlich wie Intels Sockel 20XX, die nötigen Gewinde für die Kühlermontage in der von den SP3-Derivaten TR4, TRX4 und WRX8 bekannten, asymmetrischen Position. Nur die Anpresskraft-Spezifikationen hat(te) AMD formell von circa 270 bis 400 N auf 515 bis 650 N angehoben, um den elektrischen Kontakt der CPU im Sockel zu verbessern. Neueren Testergebnissen zufolge können bestehende TR4-Kühler aber unverändert für Sockel-TR5-Systeme weiterverwendet werden und AMD selbst legt den Threadripper-CPUs auch einen unveränderten, nicht unbedingt für hohe Anpresskräfte bekannten Halterahmen bei. Dieser ermöglicht die direkte Verwendung von Standard-Asetek-Kompaktwasserkühlungen, deren OEM-Basisdesign man in kompatibler Form beispielsweise bei Asus, NZXT oder älteren Corsair-Produkten findet.

Montageposition unverändert: Prinzipiell passen TR4-Kühler auf TR5-Mainboards und AMD selbst legt unveränderte Halterahmen für Asetek-KoWaKüs bei.

Obwohl die TDP ein weiteres Mal auf jetzt 350 W gestiegen ist (Ur-Threadripper: 180 W) kann Threadripper 7000 aber auch weiterhin mit Luft gekühlt werden. Noctua erreicht eigenen Angaben zufolge mit der Threadripper-Ausgabe des NH-U14S (also einem 140-mm-Single-Tower mit den beiden Lüftern des NH-D15) 545 W, bevor die Temperatur-Höchstgrenze überschritten wird. PCGH hat diese Angabe nicht überprüft, hält sie aber für glaubwürdig, denn ähnlich wie auch Xeon W-2400/-3400 geben Threadripper-CPUs ihre stattliche Abwärme auf einem viel größeren Areal als die Desktop-Pendants ab. Je nachdem, ob man die Kontaktfläche zwischen Heatspreader und Kühler oder den in der Desktop-Praxis eher limitierenden Wärmeübergang zwischen CCDs und Heatspreader betrachtet, würde ein Threadripper 7980X erst bei 920 W respektive jenseits der 1.000 W Package Power die Wärmedichte eines Ryzen 9 7950X oder 7 7700X erreichen. Wer die Übertaktungsfreigabe aller Threadripper-CPUs ausreizen möchte, was ausgehend von den niedrig-effizienten Basistaktraten vielversprechend erscheint, sollte sich umgekehrt darauf einstellen, enorme Wärmemengen abzuführen. Kompaktwasserkühlungen könnten hier schnell an ihre Grenzen geraten. *(tv)*

Bild: Gigabyte

Als einzige TR5-Platine am Markt verzichtet das TRX50 Aero D auf eventuell störende Spannungswandlerlüfter – aber auch ein Zusatzcontroller für Rear-USB-3.2 fehlt bei 750 Euro UVP.

Bild: Asrock

Mit Angeboten ab 880 Euro ist Asrocks TRX50 WS zu Redaktionsschluss günstiger als das oben gezeigte Asus TRX50-Sage für 990 Euro, liegt aber deutlich über Gigabytes UVP.

PCGH Digital im Abo

Jeden Monat neue Prämienvorteile!

Lesen Sie PCGH bequem am PC als Download-PDF, im Web oder auf Ihrem iOS-, Android- oder Amazon-Gerät!

1-Jahres-Abo

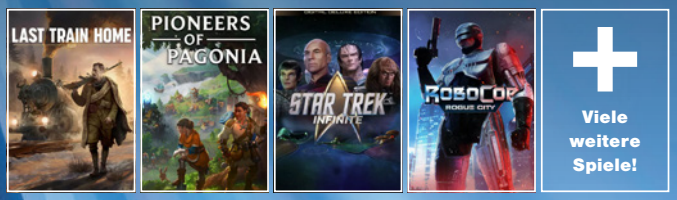
12 x PCGH amazon.de

mit 10-Euro-Gutschein

www.pcgh.de/digital-only

*1-Jahres-Abo: 59,99 Euro

2-Jahres-Abo



24 x PCGH GAMESPLANET

+ 1 brandaktuelles PC-Spiel als Key von Gamesplanet

www.pcgh.de/digital2

**2-Jahres-Abo: 119,98 Euro (In Deutschland)

Weitere Vorteile

- Werbefreier Zugang auf PCGH.de
- PCGH-Jahresarchive ab 2001 (PDF)
- Printartikel direkt kostenfrei im Webseitenlayout lesen – auf Desktop und Mobile!

PCGH +

www.pcgh.de/digitalabo

Full HD und 100 Hz: Battle der Billigheimer

Wir haben schon lange keinen Gaming-Monitor unterhalb von 120 Hz mehr getestet. Einfach deswegen, weil wir meinen, dass weniger Hertz dem (PC-)Gaming unwürdig sind – und wer derart wenig für einen Monitor ausgeben möchte, keine Ansprüche daran haben kann, für die man einen Test bräuchte. Nun überwog doch die Neugier, ob ein solches Full-HD-Panel mit 100 Hz noch brauchbar ist.

Es könnten Monitore sein, die schon ein paar Jahre auf dem Markt sind. Denn technisch bieten sie kaum etwas, das erahnen lässt, dass sie und ihre Panels erst 2023 auf den Markt kamen. Eigentlich lehnen wir bei Tests solcher „Gaming-Monitore" immer dankend ab, weil wir ohnehin nichts Gutes über sie schreiben könnten. Aber diesmal interessiert uns, was man von einem Monitor um die 100 Euro erwarten kann bzw. überhaupt bekommt. Abgesehen von den Limitierungen im Datenblatt gibt es weitere Einschränkungen, die nicht unbedingt sichtbar sind. Diese fallen besonders auf, wenn man einen „echten" Gaming-Monitor gewohnt ist.

Wir fangen mit der Ausstattung der ähnlichen Modelle an. Die 24er-VA-Panels samt Standfuß sind ungewöhnlich leicht. Klar, wenn am Standfuß sämtliche Ergonomiefunktionen fehlen, braucht man hier kein Metall zu verbauen und sie wiegen insgesamt nur rund 2,7 kg. Das macht sie fast schon zu „portablen" Displays. Die fehlende Drehbarkeit und Höhenverstellung ist einem bewusst bei dem Preis, nicht aber die lästige Neigung beider Panels. Auf einem Tisch ist das Display in etwa um fünf Grad nach unten geneigt. Was das soll, ist uns unverständlich, denn eine Neigung leicht nach oben wäre sinnvoller gewesen. Immerhin steht das Gerät trotz seiner Leichtigkeit und dem etwas erhöhten Schwerpunkt ausreichend stabil auf dem Tisch.

Die 100 Hz Bildwiederholrate sind in etwa die nicht ganz so goldene Mitte zwischen 60 und 144 Hz. Denn nicht nur rechnerisch, sondern auch in Sachen Bewegungsschlieren liegt das Panel gefühlt näher an 60 als an 144 Hz. Das VA-Panel beider Monitore schliert in dunklen Szenen typischerweise stärker und bietet auch im Durchschnitt relativ lahme Reaktionszeiten. Das immerhin integrierte Pixel-Overdrive kann hier auch nicht viel retten und könnte genauso gut weggelassen werden. VA-Panels bieten aber immerhin einen guten Kontrast mit einem niedrigen Schwarzwert, so auch diese beiden Vertreter. Die Farbqualität geht tatsächlich in Ordnung und schlägt jedes TN-Panel, welche vereinzelt noch in dieser Preisregion zu finden sind. Überraschenderweise ist die Farbtreue sehr gut, was aber lediglich für Grafiker und nicht für Gamer wichtig ist und die subjektive Bildqualität nicht unbedingt beeinflusst. Immerhin finden wir hier keinen Farbstich vor. Niedrig sind auch der Stromverbrauch und Input Lag. Beide Modelle unterscheiden sich nur im OSD und in der Optik, wobei der Cooler Master immerhin einige Gaming-Funktionen mehr bietet. Trotzdem würden wir empfehlen, 10 bis 20 Euro mehr zu investieren, denn dafür gibt es schon IPS mit 144 Hz. *(mc)*

Full-HD-Monitore Auszug aus Testtabelle mit 22 Wertungskriterien	23,8 Zoll	23,8 Zoll
Produktname	**GA241**	**H24V13**
Hersteller	Cooler Master	KTC
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 105,-/ausreichend	Ca. € 120,-/ausreichend
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/2975576	www.pcgh.de/preis/3065937
Ausstattung (20 %)	**2,75**	**2,75**
Anschlüsse	1× VGA, 1× HDMI 1.4, 1× Line-Out	1× VGA, 1× HDMI 1.4, 1× Line-Out
Max. Auflösung/Pixeldichte	1.920 × 1.080/92,6 ppi	1.920 × 1.080/92,6 ppi
Panel-Typ/Diagonale	VA/60,5 cm	VA/60,5 cm
Netzteil/VESA-Halterung	Extern/100 × 100	Extern/100 × 100
Gewicht/Maße (inkl. Standfuß)	2,7 kg/54 cm × 41 cm × 20 cm	2,6 kg/56 cm × 42 cm × 25 cm
Pivot 90 Grad/neigbar/höhenverst.	Nein/-/-	Nein/-/-
Garantie	2 Jahre	2 Jahre
Zubehör	HDMI-Kabel, Stromkabel	HDMI-Kabel, Stromkabel
Eigenschaften (20 %)	**1,74**	**1,89**
Bildwiederholrate/VRR	1–100 Hz/Freesync (KEIN G-Sync Compatible)	1–100 Hz/Freesync (G-Sync Compatible)
Farbtiefe/Farben	8 Bit/16,7 Mio. Farben	8 Bit/16,7 Mio. Farben
Kontrastverhältnis/Schwarzwert	3.467:1/0,1 cd/m²	3.453:1/0,1 cd/m²
Max. Leistungsaufnahme/Stand-by	18 Watt/0,1 Watt	17 Watt/0,1 Watt
Farbraumvolumen	94 %/65 %	93 %/64 %
Besonderheiten	Pixel-Overdrive, Fadenkreuz, Hz-Einblendung, Schwarzaufhellung	Pixel-Overdrive
Leistung (60 %)	**1,8**	**1,86**
Input Lag (Leo Bodnar/Nvidia LDAT)	4,7 ms/8,2 ms	6,3 ms/10,2 ms
Farbtreue (ø Delta E 2000)	1,5	1,7
ø Reaktionszeit (Min.-Max.)	15,3 ms (3,1–33,8 ms)	13,3 ms (4,5–28,8 ms)
Min.-max. Helligkeit, Abweichungen	16–291,2 cd/m², bis 12 %	14–297 cd/m², bis 18 %
VRR-Funktionalität	Voller Bereich	Voller Bereich
Schlieren-/Korona-Bildung	Sichtbar	Sichtbar
FAZIT	⊕ Geringer Stromverbrauch ⊖ Kein G-Sync, keine Ergonomie	⊕ Geringer Stromverbrauch ⊖ Kein G-Sync, lausiges OSD
	Wertung: **1,98**	Wertung: **2,05**

Sharkoon SGK50 S3 PBT: kompakt, modular, günstig, gut

Kompakte Keyboards, bei denen Sie die Tastenkappen und -schalter wechseln können, sind bei Gamern beliebt. Wir testen Sharkoons neuestes Modell.

Die mit ABS-Tastenkappen (80 Euro) und als Barebone (50 Euro) erhältliche Sharkoon SGK50 S3 PBT ist ein kompaktes 75-Prozent-Modell. Um Platz zu sparen, fehlt der Nummernblock und neun Tasten des Mittelblocks sind rund um die Eingabe- und Rücktaste angeordnet. Die fehlenden Druck-, Rollen und Pause-Tasten liegen als Doppelbelegung auf F10, F11 sowie F12. Dazu spendiert Sharkoon der Tastatur, deren Hot-Swap-Platine mit Silikon gedämmt ist und deren PBT-Tastenkappen eine angenehme Haptik bieten, eine Extrataste mit Sharkoon-Logo. Die ist frei belegbar, eine Software brauchen Sie dafür nicht, denn die Custom-Tastatur ist kompatibel zu den Open-Source-Programmen QMK und VIA. Wir nutzen die einfach bedienbare VIA-Software (https://via.evove.top). Diese können Sie auch dazu einsetzen, einen von 45 RGB-Effekten aufzurufen, dessen Einstellungen zu ändern oder die drei benutzerdefinierten Beleuchtungsprofile zu programmieren. Alternativ sind diese Aktionen, wie die Makroaufzeichnung, per Fn-Tastenkombis ausführbar. Mithilfe des Fn-Umschalters spielen Sie auch Medien ab, regeln die Lautstärke, sperren die Windowstaste oder nutzen die WASD- als Cusortasten. Die softwarefreie Bedienung ist genauso eine Stärke der Sharkon SGK50 S3 wie die Möglichkeit des Schalterwechsels. Unsere Testversion ist mit geschmierten Gateron-Switches G 3.0 Yellow (linear, 50 ± 15 gf, 2,0 ± 0,6 mm Auslöse und 4,0 ± 0,4 mm Hubweg) bestückt. Diese können Sie gegen jeden 3/5-Pin-Schalter tauschen – wir bestücken die SGK50 S3 PBT beispielsweise mit den sich butterweich anfühlenden Gamakay Phoenix-Tastern (linear 45 gf, 2,0 ± 0,6 mm Auslöse und 3,3 mm Hubweg). Doch auch Gaterons Taster überzeugte uns mit einem sehr samtigen Tippgefühl und softem Anschlag. Das macht die Gaming-Tastatur zu einem sehr guten Schreibgerät, zumal die Dämmung Tippgeräusche minimiert. Blindschreiber haben jedoch das Problem, dass diese aufgrund des kompakten Layouts oft die Bild auf/ab-Taste anstelle von Return oder Backspace betätigen. *(fs)*

SGK50 S3 PBT		
Fazit: Die SGK50 S3 PBT kombiniert eine gute Ausstattung, umfangreiche Beleuchtung und tolle Tastenschalter mit einem niedrigen Preis. Dazu eignet sich die 75-Prozent-Tastatur auch bestens für Custom-Einsteiger.		
Hersteller: **Sharkoon** Web: **https://de.sharkoon.com** Preis: **Ca. € 90,-** | Preis-Leistung: **Sehr gut**		
⊕ Sehr umfangreiche Beleuchtung	**Ausstattung**	**2,07**
⊕ Tippgefühl Gateron G 3.0 Yellow	**Eigenschaften**	**1,80**
⊕ Ausstattung, niedriger Preis	**Leistung**	**1,45**
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/3057756	
WERTUNG	**1,58**	

Astro A 50 X: Neuauflage des High-End-Headsets

Die Headsets von Astro sind in erster Linie bei Konsolenspielern beliebt. Nun gibt es mit dem A 50 X unter der Führung von Logitech ein neues Top-Modell.

Mit dem Astro A50 X Lightspeed Wireless wartet Astro respektive Mutterkonzern Logitech zum Jahresende mit einem neuen High-End-Headset auf. Das frische Dual-Wireless-Top-Modell richtet sich in erster Linie an Konsolen- und insbesondere Multi-Plattform-Spieler und kommt mit einer interessanten und bislang einzigartigen Playsync-Funktion. Sie können mehrere Systeme, etwa Playstation 5 und Xbox Series, zugleich via HDMI und USB-C mit der Basis- und Lade-Station verbinden. Ein einfacher Knopfdruck am Wireless-Headset genügt dann, zwischen den Konsolen umzuschalten. Das Interessante dabei: Nicht nur die Audioquelle wird gewechselt, via HDMI und USB wird zudem ein Signal an Konsole und TV gesandt, sodass sich diese ebenfalls um- beziehungsweise zuschalten. Auf diese Weise können Sie mit einem einzelnen Handgriff Konsole, Audioquelle sowie TV-Kanal wechseln, ohne aufzustehen, die Fernbedienung bemühen oder gar Kabel umstecken und neu verbinden zu müssen. Am PC wird das Headset wie gewohnt mit USB verbunden, die Switch-Funktion bleibt den Konsolen vorbehalten. Das Astro A 50 X bietet jedoch auch für PC-Spieler eine Vielzahl nützlicher Features und soll darüber hinaus mit Qualität punkten. Das A 50 X ist nach dem Open-Back-Design gefertigt und kommt mit Logitechs Pro-G-Graphene-Treibern, in diesem Fall mit 40 mm Durchmesser. Logitechs Lightspeed-Technologie kommt ebenfalls zum Tragen, eine weitere Besonderheit des neuen A 50 X ist die unkomprimierte Übertragung sowohl für Wiedergabe als auch Mikrofon. Letzteres bietet eine Vollspektrum-Aufzeichnung und soll Broadcast-Qualitäten erreichen. Von diesem Umstand konnten wir uns bereits im Videocall überzeugen. Nebenbei stehen parametrische Equalizer für sowohl Audiowiedergabe als auch Mikrofon zur Verfügung. Mit diesen lässt sich gar die Flankensteilheit konfigurieren, der Ton also umfangreich wie präzise individualisieren. Obendrein bietet das Astro A 50 X eine lebenslange Lizenz für Dolby Atmos sowie Bluetooth. Der Preis liegt bei (stolzen) 400 Euro, ein PCGH-Test ist bereits eingeplant. *(pr)*

Bild: Logitech

Bild: Backforce, Thunder X3

Polsterung vs. Netzbezug

Es tut sich was bei den Sitzmöbeln für Gamer. Die Synchronmechanik wird Standard und die klassische Polsterung wird durch Mesh-Bezüge ersetzt. Wir zeigen, was die neue Gaming-Stuhl-Generation zu bieten hat.

Gaming-Stühle sind ein von den Herstellern erschaffener Trend, der sich etabliert hat. Die Auswahl ist riesig, die Polster sind bunt, das Rennwagensitzdesign ist mal mehr, mal weniger ausgeprägt und die Lehnen sowie Sitzformen variieren stark. Trotzdem konnten wir die bisher erhältlichen Gaming-Stühle mit nur wenigen Ausnahmen in zwei Klassen aufteilen: Die eine Fraktion bilden die in fernöstlichen Großfabriken gefertigten Stühle mit Asynchronmechanik und Standardkonstruktion für Lehne und Sitz (Stahlrahmen und Elastikbändern). Zur anderen Gruppe gehören die Gaming-Stühle mit Bürostuhlbasis, bei denen die Polster auf Formholzplatten aufliegen und die dank Doppel-S-Lehne und Synchronmechanik ergonomischer sind. Diese Einteilung könnte schon bald nicht mehr stimmen, denn der Gaming-Stuhl-Markt scheint in Bewegung. Wie unser Test zeigt, fehlt bei keinem der fünf preislich sehr unterschiedlichen Sitzmöbeln eine Synchronmechanik. Atmungsaktives Mesh-Gewebe, statt Polsterung und Bezügen ist eine weitere aktuell zu beobachtende Entwicklung. Mit dem Razer Fujin Pro, Asus ROG Destrier Ergo und Sharkoon Office Pal CM 30 haben drei von fünf Testkandidaten die Polsteralternative im Angebot. Die überzeugt uns im Test mit hohem Sitzkomfort und ergonomischen Stützeigenschaften für den Rücken sowie Lendenbereich.

Folgende Produkte finden Sie im Test

- **Asus ROG Destrier**
- **Backforce Plus**
- **Razer Fujin Pro**
- **Sharkoon Office Pal CM30**
- **Thunder X3 Core Loft**

Backforce V Plus: Testsieger und Preis-Leistungs-Tipp in einem. Das Plus im Namen weist eindeutig darauf hin, dass der Backforce V Plus eine aufgewertete Version des Backforce V ist, die mit dem Plus an Ausstattung für noch mehr Sitzkomfort sorgt und die Ergonomie weiter optimiert. Das erste Extra des Backforce V Plus sind seine 5D-Armlehnen. Deren Auflagen sind einerseits

angenehm weich gepolstert. Andererseits können Sie die Armlehnen vor und zurück, in der horizontalen Eben nach links/rechts bewegen und drehen sowie nach hinten wegklappen. Mit diesem sehr bequemen Armlehnentyp waren bisher nur die Sondereditionen des Backforce V, etwa die PCGH-Edition bestückt.

Zu den Verbesserungen, die der Ergonomie zugutekommen, gehört zunächst der Synchronmechanik-Automat mit einer verstellbaren Gewichtsregulierung. Damit erhöhen oder senken Sie, passend zu Ihrem Körpergewicht und Ihrer Rückenmuskulatur, per Drehrad den Gegendruck der Lehne an den Rücken ergonomisch in vier Stufen. Ein weiteres Ausstattungsextra, das zur Verbesserung der Ergonomie des Backforce V Plus beiträgt, ist die in Lehne integrierte vertikal und horizontal verstellbare Lordosenstütze. Die Rückenlehne stützt zwar den Rücken und den Beckenbereich auch mit Ihrer Doppel-S-Form schon sehr ordentlich. Trotzdem können Sie sowohl die Position, als auch die Ausprägung der Stütze (Tiefe) für die fünf Lendenwirbel perfekt an die Anatomie Ihres Rückens anpassen.

Wie wir im Test (PCGH 10/2022) feststellten, ist bereits der Backforce V sehr bequem. Trotzdem spendiert der deutsche Hersteller dem Backforce V Plus mit der Sitztiefenverstellung, die ein Segen für alle Gamer mit langen Beinen und/oder einem großen Gesäß ist, und der Sitzneigungsverstellung weitere Zusatzausstattung, die den Sitzkomfort spürbar verbessern. Positiv für das Sitzgefühl ist auch die Polsterung des Sitzes, die anders als beim Backforce V gleich über zwei Zonen mit verschiedenen Härtegraden verfügt. Da sich die Sitzpolsterung perfekt an die Gesäßform anpasst, macht diese Konstruktion den Backforce V Plus besonders bequem. Der innere Bereich sinkt auch bei einem höheren Gewicht über 100 kg nicht zu stark ein und die etwas härter gepolsterten, nur leicht ausgeprägten Seitenwangen stützen das Becken optimal.

Dazu kommt, dass die Sitzneigungsfunktion sowie Sitztiefenverstellung, genauso wie die an die Größe und Anatomie des Rückens anpassbare Lordosenstütze in der Lehne eine perfekte Ergonomie garantieren. Die Tatsache, dass dafür insgesamt lediglich 500 Euro fällig werden, machen den Backforce V Plus nicht nur zum Top-Produkt, sondern auch zum Preis-Leistungs-Tipp, der sich unserer 5-Sterne-Wertung voll verdient!

Razer Fujin Pro: Wertige Fertigung, synchrone Mechanik und Netzbezug statt Polster. Razer hat die Bezeichnung „Mesh-Gaming-Stuhl" für den Fujin Pro mit Sicherheit ganz bewusst gewählt. Beim gerade erst auf den Markt gekommenen Modell, das in ca. 30 Minuten aufgebaut ist, verzichtet man auf die für den Iskur und Enki so typischen, auf eine Polsterung gespannten Bezüge aus PU Stoff oder Alcantara. Die ersetzt der Peripheriespezialist gegen ein atmungsaktives, aus thermoplastischen Elastomeren und Polyester-Gemisch gefertigtes Netzgewebe, das sich mit einer sehr guten Luftzirkulation und angenehmen Haptik bemerkbar macht. Dazu fehlen dem Razer Fujin Pro die bei vielen, vorwiegend in fernöstlichen Fabriken hergestellten Gaming-Stühle vorhandenen Seitenwangen an Rückenlehne und Sitzeinheit.

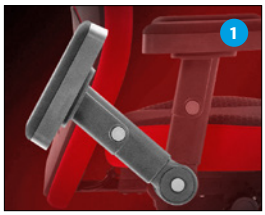
Neue Wege geht Razer auch beim Grundaufbau. Letzterer ähnelt einem „gepimpten" Bürostuhl, dessen zentrales Element eine Synchronmechanik bildet, die in puncto Ergonomie die Nase deutlich vor der Asynchronmechanik hat. Dazu kommt ein spezieller Aufbau von Lehne und Sitzfläche, bei der das Netzgewebe auf einen Rahmen aus stabilem Kunststoff gespannt wird. Bei der Sitzeinheit ist der Rahmen für die Mesh mit der stabilen Haltekonstruktion für den Automaten der Synchronmechanik verbunden. Bei der Lehne ist der Kunststoffrahmen für die Netzbespannung an einen Metallrahmen aus Alu angeschraubt. Dank dieses robusten Gestells mit sehr hoher Fertigungsqualität ist die Konstruktion des Razer Fujin Pro sehr verwindungssteif. Weiteres Zubehör, das eine Anpassung der Ergonomie an Ihre Anatomie möglich machen, sind die in der Höhe und Tiefe fein einstellbare Lordosenstütze sowie die abnehmbare, ebenfalls in der Höhe/Tiefe verstellbaren und dazu nach oben/unten neigbare Nackenstütze.

Backforce V Plus

Der Backforce V Plus hebt sich mit seinem Lehnen-Design optisch von der Masse der Gaming-Stühle ab. Dazu kombiniert er maximalen Sitzkomfort mit einer dank vieler Anpassungsmöglichkeiten optimalen Ergonomie.

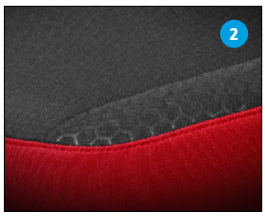
Armlehnen wegklappbar

Wie bei der PCGH-Edition des Backforce V und dem Backforce One Plus können Sie auch beim Backforce V Plus die gepolsterten 5D-Armlehen nach hinten wegklappen. So können Sie z.B. im Schneidersitz zocken.



Dual-Core-Sitzpolster

Die Sitzeinheit verfügt über zwei Polsterelemente mit verschiedenen Härten. Dank dieser Dual-Core-Konstruktion passt sich die Sitzpolsterung perfekt an die Gesäßform des Gamers an, und dieser sitzt sehr bequem.



Synchronmechanik

Für eine optimale Ergonomie verfügt der Backforce V Plus über ein Synchronmechanik mit Neigungsfunktion und Sitztiefenverstellung. Der Öffnungswinkel, um den sich die Doppel-S-Lehne nach hinten neigt, beträgt 21,2 Grad.

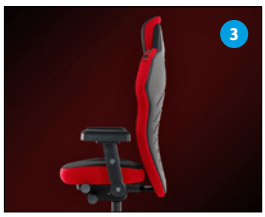


Bild: Backforce

Razer Fujin Pro

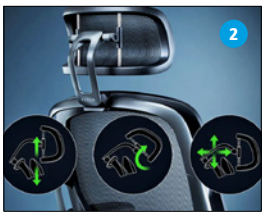
Der Fujin Pro ist nicht Razers erster Gaming-Stuhl, aber das erste Modell mit atmungsaktiven Mesh-Bezügen und Synchronmechanik. Dank der neuen Extras sitzen Sie hier besonders bequem und sehr ergonomisch.

4-Wege-Lordosenstütze

Im unteren Lehnenbereich ist eine in der Höhe und Tiefe verstellbare Lordosenstütze angebracht. Die besteht aus zwei horizontal gelagerten Elementen, die so geformt sind, dass sie sich an die Rückenform anpassen.

Flexible Nackenstütze

Am Ende der Lehne befindet sich die separat angebrachte, abnehmbare Nackenstütze. Die können Sie in der Höhe siebenstufig um 7 cm und in der Tiefe um fünf Stufen verstellen sowie auch nach oben/unten neigen.



Neue Sitzkonstruktion

Das Netzgewebe, das die Polster ersetzt, ist in einen Kunststoffrahmen gespannt. Bei der Sitzeinheit ist der Mesh-Rahmen mit der stabilen Haltekonstruktion für den Synchronmechanik-Automaten verbunden.

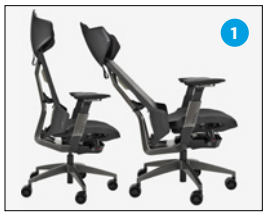
Bild: Razer

Asus ROG Destrier Ergo

Das futuristische Exoskelett-Design macht den Asus ROG Destrier Ergo zum Blickfang. Dazu ist er bequem und fällt mit vielen Anpassungsmöglichkeiten und der daraus resultierenden guten Ergonomie positiv auf.

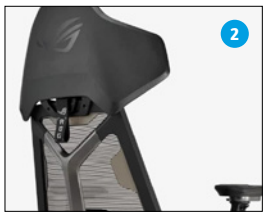
Aufbau wie ein Bürostuhl

Bei der Grundkonstruktion unterscheidet sich der optisch extravagante Stuhl mit Mesh-Bezug kaum von einem regulären Bürostuhl mit Gaming-Genen. Auch hier ist die Synchronmechanik zentrales Element.



Kopfstütze mit Hörschutz

Am Ende der Lehne, hinterm Akkustikschutz (Acoustic Panel), ist die Nackenstütze platziert. Die lässt sich für eine individuelle Anpassung an die Kopf- und Nackenform in ihrer Position (Höhe, Neigung) verstellen.



Lendenstütze beweglich

An der Innenseite der Aluminiumstrebe, die Teil der Lehnenkonstruktion ist, befindet sich die Lordosenstütze. Die können Sie um sieben Zentimeter vertikal (Höhe) und um einen Zentimeter in der Tiefe verschieben.

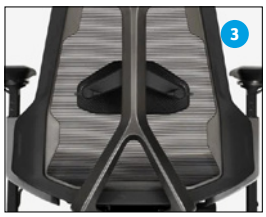


Bild: Asus

Bei unserer ausführlichen Sitzprobe ist uns sofort aufgefallen, dass der Razer Fujin Pro super bequem ist. Die Sitzfläche hält ausreichend Platz für alle Gesäßgrößen bereit und der Gegendruck, den Sie am Hintern und Rücken verspüren, können Sie mit einer mittelharten Polsterung vergleichen. Dabei fällt die Druckverteilung optimal aus, weil sich das atmungsaktive Mesh perfekt an die Gesäßform anpasst. Das Netzgewebe der Lehne gibt dem Rücken einen ausgezeichneten Widerstand und damit Halt. Eine weitere positive Eigenschaft des Razer Fujin Pro ist seine perfekte Ergonomie. Dafür sind die Synchronmechanik mit manueller Gewichtsregulierung, die Lehnenform und die individuell einstellbaren Lordosenstütze verantwortlich. Einen Kritikpunkt haben wir jedoch: da die an sich bequemen 4D-Armlehnen an die Rückenlehne und nicht an den Sitz montiert sind, bewegen sie sich bei Wippbewegungen zu sehr nach oben.

Asus ROG Destrier Ergo: Nicht nur optisch auffällig. Beim Design und der Optik des Asus ROG Destrier Ergo macht der Hersteller sein eigenes Ding. Bei der Grundkonstruktion des Gaming-Stuhls, auf den Asus trotz seines Preises von 900 Euro nur zwei Jahre Garantie gewährt, legt man sich auf eine Synchronmechanik als zentrales Element fest. Deren Vorteil bei der Ergonomie besteht darin, dass die Lehne nicht am Sitzelement selbst, sondern an dessen Unterbau mit dem Automaten der Mechanik angeschraubt ist. So bewegen sich Sitzfläche und Rückenlehne unabhängig voneinander in einem bestimmten Verhältnis – wir vermuten 3 zu 1. Dabei können Sie die Lehne um bis zu 135 Grad nach hinten neigen und in vier Stufen arretieren. Bei der speziellen Konstruktion von Lehne- und Sitzfläche liegen keine Polster auf einer Holzplatte auf und Bezüge kommen auch nicht zum Einsatz. Dafür verfügt der Gaming-Stuhl über ein atmungsaktives Netzgewebe aus Kunststoff (High-Tension Mesh), das mit hoher Spannung auf einen Kunststoffrahmen gespannt wird. Zur sehr guten Ausstattung des Asus ROG Destrier Ergo gehört auch eine um sieben Zentimeter in der Höhe und um einen Zentimeter in der Tiefe verschieben Lordosenstütze. Dazu kommen die etwas zu wackeligen 3D-Armlehnen, die sich bis zu 14 cm nach oben verschieben und um 360 Grad drehen lassen sowie eine separate Nackenstütze. Die umgibt ein von Asus als Accoustic Panel bezeichneten Akustikschutz.

Der ROG Destrier Ergo ist super bequem, obwohl Asus die fehlende Polsterung durch Mesh-Gewebe ersetzt. Der Gegendruck, den Sie an Ihrem Rücken und Ihrem Gesäß wahrnehmen, ist mit einem mittelharten Polster vergleichbar: Da das Netzgewebe des Sitzes mit einer sehr hohen Spannung auf dessen Kunststoffrahmen befestigt ist, sinkt es auch bei Gamern mit etwas mehr Gewicht nicht zu weit ein. Dabei ist die Druckverteilung sehr gut und der Mesh-Bezug passt sich perfekt an die Form Ihres Hinterteils an. Des Weiteren sorgt auch das Netzgewebe der Lehne für eine optimale Druckverteilung. Eine weitere positive Eigenschaft des Asus ROG Destrier Ergo ist seine ausgezeichnete Ergonomie. Dank der Kombination aus der Lehnenform sowie der individuell anpassbaren Lordosenstütze und Sitztiefe, nehmen Sie mit maximaler Ergonomie auf dem Gaming-Stuhl mit Exoskelett-Designs Platz.

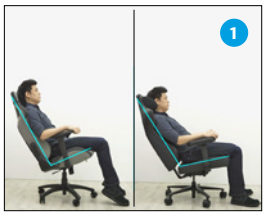
Thunder X3 Core Loft: Viel Ausstattung, sehr komfortabel, aber problematische Lordosenstütze. Hersteller Thunder X3 verspricht für den Core Loft ein besonders bequemes und ergonomisches Sitzvergnügen. Demzufolge wählt man für den Gaming-Stuhl, der mithilfe des hochkant gestellten Kartons in ca. 30 Minuten aufgebaut ist, eine spezielle Grundkonstruktion. Er besitzt weder den typischen Bürostuhlaufbau, bei dem die Polster auf einer Holzplatte aufliegen, noch ist nur eine Stahlrahmenkonstruktion vorhanden. Nicht zuletzt, um eine Synchronmechanik zu verbauen, mischt der Hersteller beide Bauweisen. Bei der Sitzeinheit finden wir den Stahlrahmen mit drei Elastikbändern und zwei Stahlstreben, an denen die gepolsterten 4D-Armlehnen und der Automat der Mechanik befestigt sind. Bei der Rückenlehne dient eine geformte Sperrholzplatte als Unterlage für das Polster und als Halterung für den Stahlbügel, der die Lehne mit dem Synchronmechanik-Automaten verbindet. Wir stellen fest, dass der Hybrid-Aufbau denselben festen Stand und

Thunder X3 Core Loft Grey

Um Gamern maximalen Komfort und eine überzeugende Ergonomie zu bieten, ist der Thunder-X3-Debütant mit Extras wie einer flexiblen Lendenstütze, Synchronmechanik und Sitzneigungsfunktion ausgestattet.

Wippen ist erlaubt!

Eine Synchronmechanik hat bei der Ergonomie Vorteile. Anders als bei der Asynchronmechanik sind Rückenlehne und Sitzfläche flexibel miteinander gekoppelt und bewegen sich in einem festen Verhältnis zueinander.



Sitzneigungsfunktion

Die Sitzneigungsfunktion um 5° sorgt dafür, dass der untere Bereich Ihres Rückens und die Lendenwirbel den Lehnenkontakt nicht verlieren, wenn Sie sich nach vorn lehnen. So bleibt die Stütze für den Rücken bestehen.

Sitztiefe verstellbar

Über die Sitztiefenverstellung von 7 Zentimetern freuen sich vor allem alle großen Gamer mit langen Beinen. Die haben oft das Problem, dass die Tiefe der Sitzfläche nicht mit der Länge ihrer Beine korrespondiert.

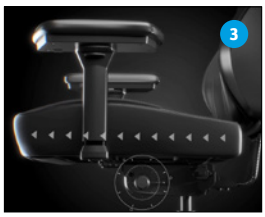


Bild: Thunder X3

Sharkoon Office Pal CM30

Sharkoons Bürostuhl ist nicht nur sehr günstig. Dank Synchronmechanik, höhenverstellbarer Lehne und einer speziellen Netz-Konstruktion sitzen Sie auf dem OfficePal C30M auch ergonomisch und bequem.

Stütze für die Lordose

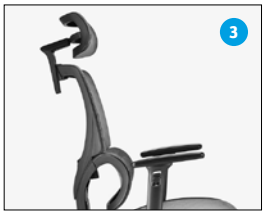
Im unteren Bereich der Lehnenkonstruktion platziert Sharkoon eine Lordosenstütze mit Netzstruktur. Deren Position können Sie nur ändern, indem Sie die Lehne in der Höhe in 5 Stufen um bis zu 60 mm verstellen.

Die Mechanik: synchron

Dank Synchronmechanik hält die Rückenlehne beim Vor- oder Zurücklehnen unverändert Kontakt zum Rücken. Insgesamt können Sie die Lehne um bis zu 35° nach hinten neigen und in vier Stufen arretieren.

Separate Nackenstütze

Eine weitere Besonderheit ist die am oberen Ende des Rahmens der Lehne montierte Nackenstütze mit Netzbezug. Die lässt sich in der Höhe in 5 Stufen um 10 cm, in drei Stufen nach vorn und bei der Neigung anpassen.



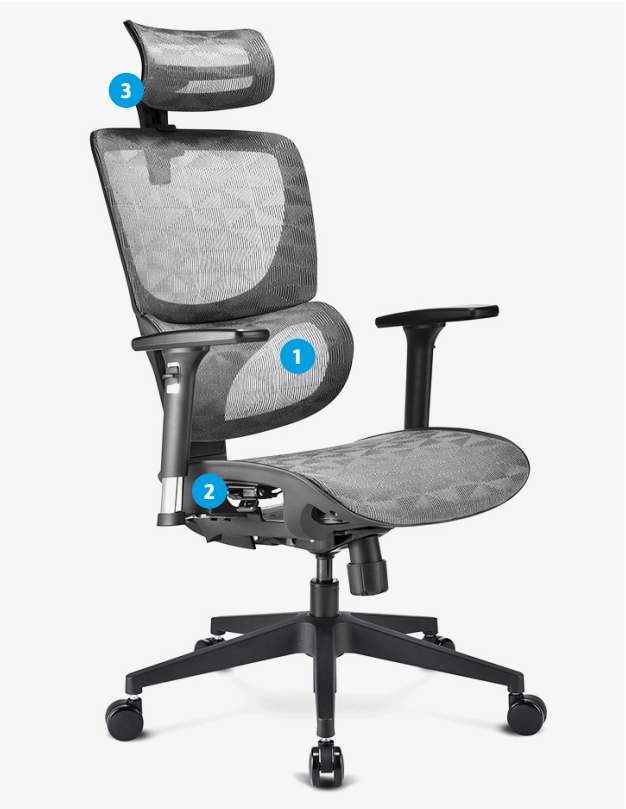


Bild: Sharkoon

Sitzkomfort bietet, wie ein Modell mit Bürostuhlaufbau. Verändern Sie jedoch die Sitztiefe und schieben den Sitz um 7 cm nach vorn, sollten Sie die Belastung der vorderen Sitzkante vermeiden. Sie ragt dann sehr weit über das Fußkreuz hinaus und es besteht Kippgefahr.

Die Ausstattung des Thunder X3 Core Loft ist sehr umfangreich und soll garantieren, dass Sie den Gaming-Stuhl perfekt an Ihren Körper und Ihre Sitzhaltung anpassen können. Darum spendiert Thunder X3 dem Core Loft neben der Synchronmechanik (SYNC6 Multi-Funktionsmechanik) weitere Features. Eines ist die Sitzneigungsfunktion, mit der Sie die Sitzfläche um 5° nach vorn neigen können. Das sorgt dafür, dass Ihr Rücken, besonders der untere Bereich und die Lendenwirbel den Kontakt zur Lehne nicht verlieren, wenn Sie sich beim Spielen oder Arbeiten nach vorn lehnen.

Ein weiteres besonderes Ausstattungsmerkmal ist die in die Rückenlehne integrierten Lordosenstütze. Diese als CORE.RDY Technologie bezeichnete Stütze für die Lendenwirbel passt sich eigenständig in allen Richtungen an Ihre Körperhaltung und -bewegung an, damit die Lordose und ein großer Teil des Rückens zu ausreichend gestützt werden. Dazu kommen noch die doppelseitige Unter-Tisch-Fußstütze und die mit ihren Seitenteilen dem Kopf und Nacken guten Halt bietende Kopfstütze. Über die ebenfalls vorhandene Sitztiefenverstellung von 7 cm freuen sich alle großen Gamer mit langen Beinen. Die haben oft das Problem, dass die Tiefe der Sitzfläche nicht ausreicht und die Oberschenkel zu weit über die vordere Sitzkante hinausragen.

Der Sitzkomfort ist wie versprochen hoch und die auf Elastikbändern aufliegende Polsterung ist zwar weich, sinkt aber ab erst ab einem hohen Gewicht von ca. 130 kg zu weit ein. Bei Spielern mit einem breiteren Becken stören auch die härter gepolsterten Sitzwangen nicht und die Gewichtsverteilung fällt gut bis sehr gut aus. Die weich gepolsterte, frei bewegliche Lordosenstütze dient als Stütze für den Lendenbereich sowie den Rücken und passt sich gut an die Rückenform an. Perfekt ist die Ergonomie trotz der vielen nützlichen Anpassungsmöglichkeiten jedoch nicht. Die flexible Lordosenstütze dient als Kontaktfläche für die Lendenwirbel und die Wirbelsäule bis zu den Schultern. Sie stützt beides nur dann optimal, wenn Sie gerade sitzen, die Stütze nur in der Mitte belasten und den Rücken nicht nach links oder rechts drehen. Drückt Ihr Rücken bei Drehbewegungen jedoch auf die seitlichen Bereiche der Lendenstütze, nimmt der Gegendruck abrupt ab. Dazu ist die gesamte Konstruktion sehr wackelig ist und der Widerstand zu gering.

Sharkoon Office Pal CM30: Günstig, gut ausgestattet, aber etwas klapprig. Der Name lässt es erahnen: der OfficePal C30M, den Sie mithilfe des Kartons in einer halben Stunde aufbauen, ist Sharkoons erster Bürostuhl. Dem spendiert man, anders als vorherigen Modellen, eine andere Grundkonstruktion. Die ist einerseits identisch mit der von Bürostühlen mit Gaming-Genen (Backforce V Plus). Andererseits ist auch hier das zentrale Element der grundlegenden Konstruktion die Synchronmechanik. Die ist, verglichen mit der Wippmechanik, dank ihrer allgemeinen Funktionsweise deutlich ergonomischer.

Wie beim Asus ROG Destrier Ergo und beim Razer Fujin Pro fehlen auch beim Sharkoon Office Pal C30M die Polsterelemente und die für Gaming-Stühle so typischen Seitenwangen an Sitz und Rückenlehne. Der Stuhl für das Home-Office setzt, ähnlich wie der Asus ROG Destrier Ergo und der Razer Fujin Pro, auf eine Netz-Konstruktion. Bei dieser wird das leider nicht optimal atmungsaktive Netzgewebe aus Kunststoff in einen zweiteiligen Nylon-Kunststoffrahmen gespannt. Der wird im Falle der Sitzeinheit zusätzlich durch Metallschrauben zusammengehalten.

Im unteren Bereich der Lehnenkonstruktion platziert Sharkoon eine Lordosenstütze. Deren Position können Sie nur ändern, indem Sie die Lehne in der Höhe in 5 Stufen um bis zu 60 mm verstellen. Das ist in puncto Ergonomie zwar hilfreich, die sehr ausgeprägte Form sorgt jedoch dafür, dass der untere Beckenbereich den Kontakt zur Lehne teils oder gar vollständig verliert. Eine weitere Besonderheit ist die Na-

02/2024 TOP-PRODUKT Backforce V Plus PCGH

Modell (Gaming-Chair)	V Plus	Fujin Pro	ROG Destrier
Hersteller/Vertrieb (Webseite)	Backforce/Interstuhl (www.backforce.gg/de)	Razer (www.razer.com/de-de)	Asus (https://rog.asus.com)
Link PCGH-Preisvergleich/Shop	www.pcgh.de/backforce-shop	www.pcgh.de/preis/3030242	www.pcgh.de/preis/2874929
Preis/Preis-Leistung/Garantie	€ 499,-/Note: 1/10 Jahre	€ 1.200,-/Note: 4-/5 Jahre (Gestell/Mechanik)	Ca. € 900,-/Note: 4/2 Jahre
Ausstattung			
Gesamthöhe (mit Basis)	Ca. 128,0 cm bis 141,0 cm	Ca. 120,0 cm bis 130,0 cm	Ca. 134,0 cm bis 144,0 cm
Breite (auf Schulterhöhe, auf Beckenhöhe)/Höhe Rückenlehne	Ca. 59,0 cm, ca. 37,0 cm/ca. 99,0 cm	Ca. 46,0 cm, ca. 51,0 cm/ca. 73,0 cm (mit Kopfstütze)	Ca. 36,0 cm, ca. 57,0 cm/ca. 88,0 cm (mit Kopfstütze)
Breite (Außenmaß/Innenmaß)/ Tiefe Sitzfläche	Ca. 51,0 cm/35,0 cm/ca. 46,5 cm	Ca. 53,5 cm/keine Sitzwangen/ca. 48 cm bis 54 cm	Ca. 57,0 cm/51,5 cm/ca. 50,0 cm
Gesamtgewicht	26,0 kg	37,75kg	24,65 kg
Material Fuß/Rollen/Konstruktion Sitz, Lehne/Polsterung/Bezug	Kunststoff/Kunststoff/Holzträgerplatte (Sitz) und Holzträgerplatte mit Stahlrückenbügel und Kunststoffplatte (Lehne)/unter Wärme geformter PU-Schaum (Dichte: 54/100 kg/m³)/100% recyceltes Polyestergarn aus PET Flaschen (Oeko-Tex 100 und Global Reycled Standard [GRS] zertifiziert)	Alu-Legierung/PU/Sitz: Kunststoff (Rahmen für Netzbespannung und Haltekonstruktion für Montage an Mechanik), Lehne: Aluminiumrahmen, an dem der Kunststoffrahmen für die Netzbespannung angeschraubt wird/PU Schaum (Kante vorn)/atmungsaktives Netzgewebe (Polyester)	Aluminium/Kunststoff (PU)/Kunststoffrahmen (Sitz) und Kunststoffrahmen mit außen angebrachter Strebenkonstruktion aus Aluminium (Lehne)/PU Schaum (vordere Sitzkante, Nackenstütze)/atmungsaktives Netzgewebe aus Kunststoff mit hoher Spannung (High-Tension Mesh)
Max. Belastung/Gasfederklasse	45 bis 130 kg/Klasse 4	Bis 136 kg/Klasse 4	Bis 150 kg/Klasse 4
Wippmechanik/Synchronmechanik	Synchronmechanik (Öffnungswinkel 91,8° - 113,0°) mit vierstufiger Gewichtsregulierung per Drehregler, vier Neigungsstufen für die Lehne	Synchronmechanik (Öffnungswinkel: keine Angabe) mit verstellbarer Gewichtsregulierung per Drehregler und vier Neigungsstufen für die Lehne	Synchronmechanik(Öffnungswinkel: keine Angabe) mit verstellbarer Gewichtsregulierung per Drehregler und vier Neigungsstufen für die Lehne
Weitere Extras	Sitztiefenverstellung (65 mm), Sitzneigungsfunktion, horizontal und vertikal mechanisch verstellbare Lordosenstütze, nach hinten klappbare und gepolsterte Armlehnen (5D), bestickbare Patches für die Lehne, Universalrollen für alle Böden,Dual Core Sitz, Gamer-Pulse-LED	Abnehmbare, in der Höhe (7 cm, siebenstufig), Neigung und horizontalen Position vierstufig anpassare Kopfstütze, in der Höhe und Tiefe anpassbare Lordosenstütze, Sitztiefenverstellung (6 cm), kratzfester und Flüssigkeit abweisender Netzstoff (keine Polsterung), gepolsterte 4D-Armlehnen	Separate Kopfstütze mit gesticktem Asus-Logo, verstellbare Lordosenstütze (7 cm vertikal und 1 cm Tiefe), Armstützen um 14 cm höhenverstellbar und um 360 Grad drehbar, Sitztiefenverstellung um 5 cm, Acoustic Panel für die Kopfstütze (System zur Geräuschdämmung)
Eigenschaften			
Zusammenbau/Zeit	Einfach (Karton ist dabei hilfreich/ca. 45 Min.)	Einfach (Karton ist dabei hilfreich/ca. 30 Min.)	Sehr einfach (Anleitung ausführlich)/ca. 30Min.)
Geeignet für Körpergröße	Von ca. 152 cm bis ca. 193 cm (laut Hersteller)	Von ca. 170 cm bis ca. 200 cm (laut Hersteller)	Von ca. 160 cm bis ca. 200 cm (laut PCGH)
Verarbeitung Fuß/Höhenverstellung + Mechanik/Sitz/Lehne	Gut bis sehr gut/sehr gut/sehr gut/sehr gut	Sehr gut/sehr gut/sehr gut/sehr gut	Sehr gut/sehr gut/gut bis sehr gut/sehr gut
Anpassbarkeit Rückenlehne (Winkel zur Sitzfläche)	Gut (91,8 bis 113,00 Grad verstellbar), 4 Positionen arretierbar	Sehr gut (90 bis 130 Grad verstellbar), 4 Positionen arretierbar	Sehr gut (90 bis 135 Grad verstellbar), 4 Positionen arretierbar
Armlehnen verstellbar (Höhe/ drehbar/vertikal/horizontal)	Ja(fünfstufig)/ja/ja/ja/ja (Armlehnen nach hinten klappbar)	Ja (sechsstufig)/ja/ja/ja	Ja (achtstufig)/ja/ja/nein(um 360° drehbar)
Sitzflächenhöhe verstellbar/alternative Gasfeder erhältlich?	Ja, stufenlos per Drucklufttheber (12,5 cm Hubhöhe)/nein	Ja, stufenlos per Drucklufttheber (10 cm Hubhöhe)/nein	Ja, stufenlos per Drucklufttheber (10 cm Hubhöhe)/nein
Leistung			
Polsterhärte	Mittelhart/sehr hart: 54 kg/m³/100 kg/m³ (Sitz/Lehne): Der innere Bereich des Sitzpolster sinkt bei einem Gewicht über 100 kg nicht übermäßig ein. Sehr gute Druckverteilung dank Dual-Core-Konstruktion. Das sehr harte Lehnenpolster, die Doppel-S-Form und die einstellbare Lordosenstütze stützen den Rücken und Lordose optimal	Mittelhart (Sitzfläche/Lehne): die Netzkonstruktion sinkt auch bei Gamern mit einem Gewicht zwischen ca. 120 kg und 136 kg (Maximalbelastung) nicht zu weit ein. Die Druckverteilung ist sehr gut, Mesh-Gewebe passt sich optimal an die Gesäßform an. Das Netzgewebe der Lehne bietet dem Rücken einen nicht zu harten Widerstand	Mittelhart (Sitzfläche/Lehne): Das mit hoher Spannung auf dem Rahmen des Sitzes befestige Netzgewebe, sinkt auch bei Gamern mit etwas mehr Gewicht nicht zu weit ein. Die Druckverteilung ist sehr gut (Gewebe passt sich perfekt an Gesäßform an). Das Netzgewebe der Lehne bietet dem Rücken einen sehr guten Widerstand
Standfestigkeit/Rolleigenschaften/alternative Rollen	Sehr gut/sehr leichtgängig/nein	Sehr gut/leichtgängig/nein	Sehr gut/sehr leichtgängig/nein
Sitzkomfort/Ergonomie/Anpassungsmöglichkeiten Ergonomie	Sehr bequem (die Sitzfläche ist ausreichend groß, auf für ein bereiteres Gesäß. Die zwei Polsterhärten garantieren optimale Gewichtsverteilung/maximalen Sitzkomfort/Sehr gut (die Doppel-S-Lehne gibt dem gesamten Rücken und Lenden-/Beckenbereich optimalen Halt)/sehr gut (einstellbare Lordosenstütze: Ergonomieverbesserung im Lendenbereich, Sitztiefenverstellungen für längere Beine, Sitzneigugsverstellung für eine ergonomische Sitzposition beim Vorbeugen)	Sehr bequem: Sitzfläche bietet ausreichend Platz für alle Gesäßgrößen, störende Wangen fehlen. Die Spannung des Netzgewebes passt auch bei hohem Gewicht ab ca.120 kg/Sehr gut: die Lehne mit ihrer bequemen Mesh-Konstruktion und der Doppel-S-Form gibt dem Rücken optimalen Halt. Ergonomsiche Stütze für den Lendenbereich durch in der Höhe und Tiefe angepassbare Stütze/sehr gut: Sitztiefe um 6 cm verstellbar, 4D-Armlehnen, 3D-Kopfstütze (Position verstellbar)	Sehr bequem: mit ihren Maßen bietet die Sitzfläche ausreichend Platz für alle Gesäßgrößen, die Spannung des Netzgewebes bleibt auch bei höherem Gewicht sehr hoch dadurch wird auch der Rücken sehr gut gestützt/sehr gut: die wie ein doppeltes S geformte Lehne mit Mesh-Konstruktion gibt dem gesamten Rücken und dem Lenden-/Beckenbereich optimalen Halt/sehr gut: Sitztiefe kann um 5 cm verstellt werden, bewegliche Lordosenstütze (7 cm vertikal/1 cm Tiefe)
Komfort Gamer-Haltung mit Maus und Tastatur (Winkel zwischen Lehne und Sitz beträgt 90° oder weniger)	Sehr bequem/ergonomisch: die Doppel-S-Form und harte Polsterung der Lehne stützt den Rücken bei der 90-Grad-Stellung optimal. Die Sitzneigungsfunktion macht die vorgebeugte Haltung ergonomischer, Position Lordosenstütze verstellbar	Sehr bequem/ergonomisch: die Lehnenform und der Widerstand des Mesh-Gewebes sorgen für eine optimale Stütze des Rückens bei der geringste Lehnenneigungsstufe. Verstellbare Lordosenstütze bietet dem Lendenbereich optimalen Halt	Sehr bequem/ergonomisch: die Lehnenform und der Widerstand des Mesh-Gewebes sorgen für eine optimale Stütze des Rückens bei der 90-Grad-Lehnenstellung. Verstellbare Lordosenstütze bietet dem Lendenbereich optimalen Halt
FAZIT	⊕ Optimale Rücken-/Lordosenstütze, Sitzkomfort ⊕ Synchronmechanik, Ergonomie, 5D-Armlehnen Wertung: ★★★★★	⊕ Ergonomie, Hohe Qualität, viel Ausstattung ⊖ Armlehnen bewegen sich mit der Lehne mit Wertung: ★★★★★	⊕ Optik, Sitzkomfort, otimale Rückenstütze ⊕ Synchronmechanik, Anpassungsmöglichkeiten Wertung: ★★★★★

Modell (Gaming-Chair)	Core Loft Grey	OfficePal C30M
Hersteller/Vertrieb (Webseite)	Thunder X3 (thunderx3.com/product/core-loft)	Sharkoon (https://de.sharkoon.com)
Link PCGH-Preisvergleich/Shop	www.pcgh.de/preis/2991570	www.pcgh.de/preis/2991570
Preis/Preis-Leistung/Garantie	Ca. € 399,-/2/2 Jahre	Ca. € 220,-/sehr gut/10 Jahre
Ausstattung		
Gesamthöhe (mit Basis)	Ca. 134,0 cm bis 144,0 cm	Ca. 115,0 cm bis 135,0 cm
Breite (auf Schulterhöhe, auf Beckenhöhe)/Höhe Rückenlehne	Ca. 59,0 cm, ca. 50,0 cm/ca. 91,0 cm	Ca. 50,0 cm, ca. 45,0 cm/ca. 56,0 cm bis 61 cm + 10 cm bis 20 cm (Höhe Kopfstütze)
Breite (Außenmaß/Innenmaß)/ Tiefe Sitzfläche	Ca. 55,0 cm/37,5 cm/ca. 48 bis 55 cm	Ca. 51,5 cm/keine Sitzwangen/ca. 50,0 cm
Gesamtgewicht	Keine Angabe	16,1 kg
Material Fuß/Rollen/Konstruktion Sitz, Lehne/Polsterung/Bezug	Aluminium (Druckguss)/Polyurethane/Stahlrahmen mit 3 Elastikbändern und 2 Querstreben (Sitz), Holzplatte vermutlich MDF mit Stahlbügel für die Seitenwangen (Lehne)/hochdichtem Formschaum aus Latex/Strickgewebe aus hochelastischem Garn (Baumwolle oder Leinenfasern)	Kunststoff (Nylon)/Kunststoff/zweiteiliger Nylonrahmen für Sitz und Lehne in den die Netzkonstruktion (Kunststofffaser) eingespannt ist/Rückenlehne und Sitzfläche bestehen aus einer Netz-Konstruktion ohne Polster, die vom Kunststoffrahmen gehalten wird/Netzgewebe aus Kunststoff
Max. Belastung/Gasfederklasse	Bis 150 kg/Klasse 4	120 kg/Klasse 4
Wippmechanik/Synchronmechanik	SYNC6-Synchronmechanik mit dreistufig verstellbarer Gewichtsregulierung per Drehregler, vier feststellbare Neigungsstufen für die Lehne	Synchronmechanik (Verhältnis 2:1) mit verstellbarer Gewichtsregulierung per Drehregler und vier feststellbaren Neigungsstufen für die Lehne
Weitere Extras	Sitztiefenverstellung (70 mm), Sitzneigungsfunktion, zentral in der Lehne gelagerte frei bewegliche Lordosenstütze (CORE.RDY 360 TECH), Kopfstütze mit Seitenstütze und Memory-Foam, Unter-Tisch-Fußstütze, Tasche auf der Rückenlehne, 75-mm-Universalrollen für alle Bodenarten	Lehnenhöhenverstellung (60 mm, fünfstufig), separate in der Höhe (10 cm bis 20 cm, fünfstufig), Neigung und der horizontalen Position dreistufig anpassare Kopfstütze, keine Polsterung, dafür in Kunstoffrahmen eingespannter atmungsaktiver Netzstoff, in die Lehne integrierte Lordosenstütze
Eigenschaften		
Zusammenbau	Sehr einfach (Karton ist sehr hilfreich/ca. 30 Min.)	Sehr einfach (Karton ist sehr hilfreich/ca. 30 Min.)
Geeignet für Körpergröße	Von ca. 160 cm bis ca. 200 cm (Herstellerangabe)	Von ca. 160 cm bis ca. 190 cm (laut PCGH)
Verarbeitung Fuß/Höhenverstellung + Mechanik/Sitz/Lehne	Sehr gut/sehr gut/gut bis sehr gut/gut bis sehr gut	Gut bis sehr gut/gut bis sehr gut/gut/gut
Anpassbarkeit Rückenlehne (Winkel zur Sitzfläche)	Sehr gut (Verstellwinkel: 90° bis 135°), 4 Positionen arretierbar	Sehr gut (90 bis 125 Grad verstellbar), 4 Positionen arretierbar
Armlehnen verstellbar (Höhe/drehbar/vertikal/horizontal)	Ja (fünfstufig)/ja/ja/ja/ja	Ja (achtstufig)/ja/ja/nein
Sitzflächenhöhe verstellbar/alternative Gasfeder erhältlich?	Ja, stufenlos per Druckluftheber (10,0 cm Hubhöhe)/nein	Ja, stufenlos per Druckluftheber (8 cm Hubhöhe)/nein
Leistung		
Polsterhärte	Weich (Sitz/Lehne bzw. flexible Lordosenstütze). Das auf Elastikbändern liegende Sitzpolster sinkt bei hohem Gewicht von 120 kg und mehr weit ein. Die Druckverteilung ist ordentlich, die Sitzwangen stören nicht. Das weiche Polster der den Rücken und Lendenbereich gut stützenden Lordosenstütze passt sich gut an die Rückenform an	Mittelhart (Sitzfläche/Lehne): die mit hoher Spannung auf dem Kunstoffrahmen des Sitzes befestigte Netzkonstruktion sinkt auch bei 100 kg bis 120 kg nicht zu weit ein und passt sich sehr gut an Gesäßform an. Das Netzgewebe der Lehne bietet dem Rücken einen nicht zu harten Widerstand mit sehr guter Druckverteilung bis zur Lordose
Standfestigkeit/Rolleigenschaften/alternative Rollen	Gut bis sehr gut/leichtgängig/nein	Gut/sehr leichtgängig/ja (Standard-Befestigungsmechanismus)
Sitzkomfort/Ergonomie/Anpassungsmöglichkeiten Ergonomie	Bequem (Sitzfläche ist ausreichend groß, auch für ein breiteres Gesäß ist Platz. Die Gewichtsverteilung sorgt für einen gut bis sehr guten Sitzkomfort, der bei höherem Gewicht abnimmt/gut bis sehr gut (die Lordosenstütze dient als Kontaktfläche für die Lendenwirbel und Wirbelsäule bis zu den Schultern. Beides wird gut aber nicht optimal gestützt, da bei seitlichen Bewegungen die Stütze verloren geht/sehr gut (bewegliche Lordosenstütze, Sitztiefenverstellung, Sitzneigungsfunktion)	Bequem: Sitzfläche passt für alle Gesäßegrößen, störende Wangen fehlen. Die Spannung des Netzgewebes bleicbt auch beim Gewicht von 100 kg oder mehr hoch/gut bis sehr gut: die Lehne mit ihrer bequemen Mesh-Konstruktion gibt dem Rücken bis zum Lendenwirbelbereich sehr guten Halt. Der Lenden- und Beckenbereich werden nicht optimal gestützt, da die Lordosenstütze zu weit ausgeprägt ist/gut bis sehr gut: Rückenlehne um 5 cm verstellbar, Lordosenstütze bewegt sich mit
Komfort Gamer-Haltung mit Maus und Tastatur (Winkel zwischen Lehne und Sitz beträgt 90° oder weniger)	Bequem/ergonomisch: Die Sitzneigungsfunktion verbessert die Ergonomie bei vorgebeugte Haltung. Dank Lordosenstütze verlieren Lendenwirbel und Wirbelsäule nicht den Kontakt zur Lehne, wenn sich Rücken und Schultern nach vorn bewegen	Bequem und Ergonomisch: Widerstand des Netzgewebes sorgt für ein bequemes Sitzgefühl. Die Haptik des Netzstoffes ist gewöhnungsbedürftig. Die Position der zu stark ausgeformten Lordosenstütze ist dank höhenverstellbarer Lehne anpassbar
FAZIT	⊕ Anpassung Ergonomie, Ausstattung, Synchronm. ⊖ Flexibilität Lordosenstütze horizontale Ebene Wertung: ★★★★½	⊕ Preis, Synchronmechanik, Ergonomie, Extras ⊖ Lordosenstütze nicht ergonomisch geformt Wertung: ★★★★½

ckenstütze, die sich in der Höhe in 5 Stufen (10 cm), nach vorn (drei Stufen) und bei der Neigung anpassen lässt. Bedauerlicherweise ist die Konstruktion zu wackelig, hat zu viel Spiel und die Arretierung greift oft nicht. Generell muss sich Sharkoons Bürostuhl die Kritik gefallen lassen, dass die Fertigungsqualität nur in Ordnung geht. Das ist dem günstigen Preis von ca. 220 Euro geschuldet. Zum einen ist der Stuhl mit Ausnahme der Halterungen für die 3D-Armlehnen aus Kunststoff gefertigt. Zum anderen ist die Rahmenkonstruktion der Lehne nicht verwindungssteif und das Material entsprechend klapperig.

Am Sitzkomfort gibt es dagegen nichts auszusetzen. Der Gegendruck, den man am Gesäß und Rücken spürt, ist in mit einer mittelharten Polsterung vergleichbar. Die Spannung des Netzgewebes auf der Sitzfläche bleibt auch bei einem Gewicht von ca. 110 kg noch sehr hoch. Die Lehne mit ihrer Konstruktion gibt dem Rücken bis zum Lendenwirbelbereich sehr guten Halt. Der Lendenbereich wird dagegen nicht so gut gestützt, da die Lordosenstütze zu weit ausgeprägt ist. Das wirkt sich leider auch auf den Beckenbereich aus, der dadurch nur teilweise an die Lehne drückt. Das einzig probate Mittel ist die Verschiebung der Lehne, mit der die Lordosenstütze fest verbunden ist, nach oben. Hiervon abgesehen gibt es keine weiteren Kritikpunkte bezüglich der Ergonomie, die insgesamt gut bis sehr gut ausfällt. Für letzteres sind natürlich auch die Lehnenform, die sich gut an die Form des Gesäßes und der Wirbelsäule anpassende Netz-Konstruktion, die Nackenstütze mit ihren Positionsmöglichkeiten und teils die Lordosenstütze verantwortlich. *(fs)*

Fazit PCGH

Vergleichstest

Obwohl mit dem Backforce V Plus, Razer Fujin Pro und Asus ROG Destrier Ergon drei Kandidaten eine 5-Sterne-Wertung erhalten haben, bekommt nur der Backforce-Gaming-Stuhl unseren Top-Produkt Award. Nur hier stimmt einfach alles. Spieler mit schmalen Geldbeutel schlagen bei Thunder X3 oder Sharkoon zu.

WIEDER AM FALSCHEN ENDE GESPART?

INKLUSIVE
Gutschein-Code
PCGH
SONDERHEFT

... nicht mit carbonite ultra

DIE PREMIUM-WÄRMELEITPASTE
FÜR GAMER!

www.pcgh-gear.de

DAS statt NAS:

Externes RAID direkt am Rechner

Wie lässt sich Speicherplatz erweitern, wenn die internen Laufwerke bereits voll sind? Klar gibt es Netzwerkspeicher oder USB-Sticks, aber Programme oder Spiele direkt darauf ausführen will man von dort nicht, dafür ist die Anbindung zu langsam. Nun gibt es Thunderbolt-SSDs, doch die sind teuer. Dazwischen liegt ein DAS – ein direkt angebundenes NAS. Ist das die Lösung? Wir haben's getestet.

In unserem umfassenden Test werden wir das Terramaster D5 Thunderbolt 3 unter die Lupe nehmen, um die Leistungsfähigkeit, Benutzerfreundlichkeit und Vielseitigkeit zu bewerten. Wir werden verschiedene RAID-Konfigurationen testen, um zu sehen, wie das Gerät in unterschiedlichen Szenarien, von maximaler Geschwindigkeit bis hin zur optimalen Datensicherheit, abschneidet. Ebenso wird die Kompatibilität mit verschiedenen Betriebssystemen und die Einrichtung des Geräts ein wichtiger Bestandteil unserer Bewertung sein.

Begleiten Sie uns auf dieser Reise, bei der wir herausfinden, ob das Terramaster D5 Thunderbolt 3 DAS die Anforderungen moderner Datenspeicherung erfüllt und vielleicht sogar neu definiert.

Direct Attached Storage – was das ist und was das soll

Was bitte ist DAS? Nein, wir schreiben DAS nicht (nur) groß, um den Blick hierhin zu lenken, es handelt sich hier um ein sogenanntes „Direct Attached Storage". Per definitionem ist das jeder USB-Stick oder sonstiger Speicher, der extern an einem Rechner oder Notebook hängt. In der Praxis aber ist damit ein Laufwerks-Gehäuse für SSDs oder HDDs gemeint, welches per USB oder (schnellerem) Thunderbolt angeschlossen wird. Physisch gleicht es einem NAS, denn die Laufwerkseinschübe sind im Grunde genommen gleich. Vom NAS

unterscheidet ein DAS sich aber im Anschluss, also Thunderbolt 3 statt Ethernet. Außerdem gibt es hier keine Web-Oberfläche wie beim NAS, welches als eigener kleiner Server im Netzwerk fungiert. Die Festplatten oder SSDs im DAS werden direkt vom angeschlossenen Client betrieben, der dann einen RAID-Treiber und eine Konfigurationssoftware braucht.

Während ein NAS in erster Linie für Netzwerkanwendungen konzipiert ist, bei denen mehrere Nutzer gleichzeitig auf gespeicherte Daten zugreifen, zielt das DAS auf eine direkte, schnelle Verbindung zu einem einzelnen Host-Computer ab. Diese Unterscheidung ist entscheidend, da sie sich direkt auf die Arbeitsabläufe, die Kollaborationsmöglichkeiten und die spezifischen Speicherbedürfnisse auswirkt.

In der Praxis bedeutet dies, dass das Terramaster D5 als DAS vor allem für Anwender geeignet ist, die eine schnelle und effiziente Datenverarbeitung benötigen, ohne die Komplexität eines Netzwerkspeichers. Kurzum: Es ist mit einem DAS günstiger, eine entsprechend schnelle Verbindung zum Rechner aufzubauen. Das kann für Kreative, die mit großen Videodateien arbeiten, oder für Einzelpersonen, die eine zuverlässige und schnelle Speicherlösung für umfangreiche Datensätze suchen, besonders vorteilhaft sein.

Ebenfalls denkbar ist so eine Lösung fürs externe Gaming, wenn auch nicht unbedingt praktikabel. Die Thunderbolt-Verbindung zum PC oder Notebook selbst ist schnell genug für SATA-SSDs. Zugegeben, bevor jemand 800 Euro für ein externes RAID-Gehäuse fürs Gaming kauft, sollte besser einfach über eine größere interne SSD nachgedacht werden, was an sich weitaus günstiger ist. Die RAID-Vorteile der Redundanz und schnellerer HDD-Geschwindigkeit bei gleichzeitig gewaltig hoher Kapazität (max. 5 x 20 TB) braucht ein Gamer trotz immer größer werdenden Spieleordnern dann doch (bislang) nicht.

Thunderbolt würde zwar auch PCI Express unterstützen, das Terramaster-DAS ist aber auf SATA beschränkt. Mal abgesehen davon, dass fürs Gaming die SATA-Geschwindigkeit ausreicht und NVMe-SSDs dafür nur unwesentlich schneller sind. Thunderbolt selbst ist bei Desktop-Mainboards leider nicht sehr weit verbreitet, sondern eher unter Apple-Computern oder Intel-Notebooks. Wohl auch deswegen, weil die Schnittstelle von diesen beiden Herstellern stammt. AMD-Notebooks nutzen aktuell USB 4.0. Nun gibt es so ein Terramaster-DAS zwar auch mit deutlich langsamerer USB-Schnittstelle, was aber den Geschwindigkeitsvorteil wieder zunichtemachen würde.

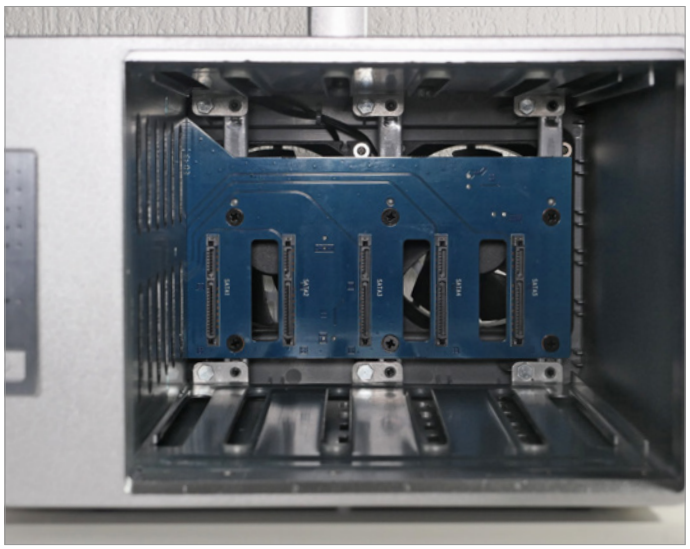
NAS vs. DAS im Workflow: Der Einsatz des Terramaster D5 Thunderbolt 3 DAS

Schauen wir uns das Terramaster D5 Thunderbolt 3 DAS näher an, fällt auf, dass seine Stärken lediglich in speziellen Einsatzszenarien liegen. Im Vergleich zu einem NAS, das für den gleichzeitigen Zugriff mehrerer Nutzer auf einem Netzwerk konzipiert ist, richtet sich der DAS an Nutzer mit Bedarf an einer direkten und schnell(er)en Verbindung zu einem einzelnen Host-Computer. Nun sind ähnlich schnelle Netzwerkverbindungen zwar ebenso möglich, aber ein 10-GBit/s-Netzwerk samt NAS mit entsprechend schneller LAN-Schnittstelle ist noch teurer.

In Szenarien, in denen mehrere Nutzer oder Cutter simultan auf dieselben Daten zugreifen müssen, bietet ein NAS klare Vorteile. Es ermöglicht das einfache Teilen von Dateien und funktioniert unabhängig von einem Host-Computer, was bedeutet, dass für den Zugriff auf die Daten kein zusätzlicher Rechner eingeschaltet sein muss. Ein NAS fungiert dabei als eigener Computer, der (meist nur) über einen Browser verwaltet werden kann.

Der Terramaster D5 DAS hingegen eignet sich besonders für Arbeitsabläufe, bei denen Daten schrittweise von einem Prozess zum nächsten weitergegeben werden. Wenn beispielsweise die Arbeit an einem Projekt von einer Phase in die nächste übergeht und die Daten nicht gleichzeitig von verschiedenen Personen bearbeitet werden müssen, ist der DAS eine passende Lösung. Obwohl es möglich ist, Ordner auf dem DAS über das damit verbundene Computersystem im Netzwerk

Mit zwei Thunderbolt-3-Anschlüssen lassen sich weitere Thunderbolt-Geräte hinter dem Gerät betreiben.



5× SATA, aber leider kein M.2-Slot. Mit Festplatten wird das D5 zum kleinen Brüllwürfel. Mit SSD bleiben aber die Lüfter aus und es arbeitet lautlos.

Die Einschübe sind vergleichbar mit denen eines NAS und ebenso flexibel, wenn auch nicht im Betrieb austauschbar.

zu teilen, erfordert dies, dass der Host-Computer ständig eingeschaltet ist, um den Zugriff zu ermöglichen.

Für Nutzer, die eine große Menge an Daten in einem linearen Prozess verarbeiten und dabei eine hohe Datenübertragungsgeschwindigkeit benötigen, bietet der Terramaster D5 eine optimale Lösung. Durch die direkte Verbindung zum Host-Computer und die Möglichkeit, große Speicherkapazitäten effizient zu verwalten, ist der DAS eine zuverlässige Wahl für (Video-)Content Creator, bei denen die Geschwindigkeit der Datenübertragung und der direkte Zugriff auf große Datenvolumen im Vordergrund stehen.

Ein NAS hingegen bietet als kleiner Extra-Server einfach mehr Funktionen: Wer etwa die interne Software samt Docker-Spielereien, die Mediaverwaltung oder die komfortablen Backup-Tools nutzt, kommt um ein NAS nicht herum, denn all das bietet kein DAS. Auch wenn beide Geräte scheinbar gleich aussehen oder heißen, eignen sie sich für vollkommen unterschiedliche Szenarien oder Ansprüche.

Die Konstruktion des Gehäuses aus Aluminium wirkt robust und kühlend, während Front- und Rückseite aus Kunststoff gefertigt sind. Das Design umfasst LED-Anzeigen für jede Festplatte sowie eine LED für die Stromversorgung und einen Ein-/Aus-Taster am unteren Ende des Geräts. Die Laufwerkseinschübe sind so konzipiert, dass sie den Ein- und Ausbau von Festplatten vereinfachen. Ein einfacher Schnapp-Mechanismus ermöglicht es, Festplatten schnell einzusetzen oder zu entfernen, ohne dass Werkzeuge oder Schrauben benötigt werden. Diese Einschübe sind kompatibel mit herkömmlichen 3,5-Zoll-Festplatten sowie mit SATA-SSDs im 2,5-Zoll-Formfaktor, wobei für letztere Schrauben zur Befestigung erforderlich sind. Das Gerät verfügt zudem über einen handlichen Griff, der das Tragen erleichtert. Dieser Griff kann jedoch die Platzierung des Geräts in bestimmten Regalen oder Schränken einschränken.

RAID-Stufen im Terramaster D5

Da es unerlässlich ist, sich mit den RAID-Stufen auseinanderzusetzen, wenn man ein DAS sinnvoll nutzen möchte, möchten wir hier einen kurzen Überblick darüber geben. Wer sich bereits auskennt, überspringt die folgenden Absätze. RAID ist die Abkürzung für „Redundant Array of Independent Disks" und ist eine Methode, um mehrere Festplatten in einem System zu organisieren. Diese RAID-Stufen werden je nach Anforderungen an die Datensicherheit, Geschwindigkeit und Speicherkapazität ausgewählt. Wichtig ist zu beachten, dass RAID-Systeme zwar eine Form der Datensicherung bieten, aber kein Ersatz für regelmäßige Backups sind. Hier sind die gängigsten RAID-Stufen mit ihren Voraussetzungen, Vor- und Nachteilen:

RAID 0 (Striping)

Voraussetzungen: Mindestens 2 Laufwerke.
VORTEILE: Erhöht die Geschwindigkeit durch paralleles Lesen/Schreiben auf mehreren Laufwerken.
NACHTEILE: Bietet keine Redundanz; bei Ausfall eines Laufwerks gehen alle Daten verloren.

RAID 1 (Mirroring)

Voraussetzungen: Mindestens 2 Laufwerke.
VORTEILE: Bietet Redundanz durch Duplizierung der Daten auf zwei Laufwerken; bei Ausfall eines Laufwerks bleiben Daten erhalten.
NACHTEILE: Effektive Speicherkapazität halbiert sich, da alle Daten dupliziert werden.

RAID 5 (Striped mit Parität)

Voraussetzungen: Mindestens 3 Laufwerke.
VORTEILE: Bietet eine Kombination aus Geschwindigkeit und Redundanz; bei Ausfall eines Laufwerks können Daten rekonstruiert werden.
NACHTEILE: Schreibvorgänge können langsamer sein; Wiederherstellung der Daten kann bei einem Laufwerksausfall zeitintensiv sein.

RAID 10 (oder 1+0, Mirrored Stripes)

Voraussetzungen: Mindestens 4 Laufwerke.
VORTEILE: Kombiniert die Vorteile von RAID 0 und RAID 1; bietet hohe Geschwindigkeit und Redundanz.
NACHTEILE: Hoher Bedarf an Laufwerken; nicht so schnell wie RAID 5, effektive Speicherkapazität ist nur 50 % der Gesamtkapazität.

Zudem ist JBOD eine einfache Methode, um mehrere Festplatten zu verbinden, ohne dass RAID-Konfigurationen oder -Algorithmen benötigt werden. Es ist besonders nützlich, wenn die volle Kapazität mehrerer Laufwerke genutzt werden soll, ohne dass eine Redundanz oder Leistungssteigerung erforderlich ist.

JBOD (Just a Bunch Of Disks)

Voraussetzungen: Keine (ab zwei Laufwerken).
VORTEILE: Erlaubt die Nutzung von Laufwerken unterschiedlicher Größe und Typen in einem einzigen logischen Laufwerk. Einfache Einrichtung und Maximierung der Gesamtspeicherkapazität durch die Addition der einzelnen Laufwerkskapazitäten.
NACHTEILE: Bietet keine Redundanz oder Leistungsverbesserung. Bei Ausfall eines Laufwerks gehen die darauf gespeicherten Daten verloren, wobei Daten auf anderen Laufwerken des JBOD-Arrays unbeeinflusst bleiben.

	Geschwindigkeit	Redundanz	Speichereffizienz
RAID 0	★★★★★	★☆☆☆☆	★★★★★
RAID 1	★★☆☆☆	★★★★★	★★☆☆☆
RAID 5	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆
RAID 6	★★★☆☆	★★★★★	★★★☆☆
RAID 10	★★★★☆	★★★★☆	★★☆☆☆
JBOD	★☆☆☆☆	★☆☆☆☆	★★★★★

Funktionalität des Terramaster D5 Thunderbolt 3 DAS:
Der Terramaster D5 Thunderbolt 3 DAS zeichnet sich durch seine umfangreichen Konfigurationsmöglichkeiten aus. Nutzer haben die Freiheit, das Gerät mit mehreren Festplatten oder SATA-SSDs, sei es mit ähnlicher oder unterschiedlicher Kapazität, zu bestücken. Die unterschiedlichen RAID-Stufen, die wir hier noch vorstellen, ermöglichen es, das Gerät entsprechend den individuellen Anforderungen an Geschwindigkeit und Datensicherheit (Redundanz, nicht Backup) einzurichten. Mit unterstützten Festplattenkapazitäten bis zu 20 TB pro Laufwerk bietet der Terramaster D5 ordentlich Luft nach oben, was insbesondere in der Videoproduktion oder bei datenintensiven Projekten von Bedeutung ist.

Neben der Kapazität ist die Geschwindigkeit ein weiterer Vorteil des Terramaster D5. Durch die Möglichkeit, die Festplatten in verschiedenen RAID-Konfigurationen zu organisieren, können Benutzer zwischen Geschwindigkeit, Redundanz oder einer Kombination aus beidem wählen. RAID 0 maximiert beispielsweise die Geschwindigkeit, während RAID 1 auf Redundanz abzielt. Weitere Konfigurationen wie RAID 5 bieten einen Kompromiss zwischen Geschwindigkeit und Sicherheit.

Was die Anschlussmöglichkeiten angeht, bietet der Terramaster D5 zwei Thunderbolt 3-Ports, die eine hohe Übertragungsgeschwindigkeit gewährleisten. Diese Ports sind nicht nur für die Verbindung mit dem Host-Computer gedacht, sondern können auch als Durchgang

für weitere Geräte (Daisy Chain), wie 4K-Displays, dienen. So kann das D5 etwa zwischen dem Notebook und einer Dockingstation zwischengeschaltet, oder direkt am DAS eben weitere beliebige Thunderbolt-Geräte angeschlossen werden. Praktisch geht mit dem Gerät kein Thunderbolt-Anschluss drauf, von denen die Notebooks ohnehin meist nur einen haben.

Der RAID-Konfigurator des Terramaster D5 ist nicht etwa vergleichbar mit dem vollwertigem Linux-Betriebssystem eines NAS und bietet lediglich das, was sein Name verspricht. Anschließend darf die Partition im Host-OS manuell formatiert werden.

Softwareseitige Ausstattung, Einrichtung und Installation

Gerade für Anwender von Mac-Systemen, insbesondere jenen mit Apple Silicon-Prozessoren wie M1 und M2 oder Intel-Macs mit T2-Chip, sind spezielle Schritte notwendig. Es gilt, den RAID-Treiber und die Kernel-Erweiterung zu installieren. Um diese Installation erfolgreich durchzuführen, muss der Nutzer in das EFI-System des Mac booten und die Boot-Sicherheitseinstellungen anpassen. Diese Schritte sind erforderlich, damit das Festplattengehäuse korrekt mit dem Macintosh-System kommunizieren kann. Terramaster hat eine detaillierte Anleitung bereitgestellt, die Nutzern hilft, diese Prozesse zu verstehen und durchzuführen. Die Dokumentation erwähnt, dass diese Einrichtungsschritte möglicherweise mehrmals durchgeführt werden müssen, um eine korrekte Konfiguration zu gewährleisten, insbesondere bei der Deaktivierung der Sicherheitseinstellungen. Die Einrichtung des Terramaster D5 ist nicht nur auf die Installation der erforderlichen Treiber beschränkt. Zumindest, wenn man einen RAID-Verbund erstellen möchte. Denn ohne RAID-Software erkennt der Rechner bis zu fünf individuelle Laufwerke, die jeweils auch nur einzeln genutzt werden können. Per Windows wird die Konfigurationssoftware einfach per Installer auf dem Rechner installiert. Die für den Mac mittlerweile auch – ältere Reviews zum Gerät berichteten noch eine umständliche manuelle Installation.

Das RAID wird dann über ein Web-Interface erstellt, welches aber bei Weitem nicht so komfortabel bedienbar ist wie in den jeweiligen

ANZEIGE

Top-Videos

Videos auf der aktuellen Heft-DVD Jetzt anschauen

Ryzen 7 7800X3D Tuning-Meisterklasse

Aus dem Effizienz-Monster Ryzen 7 7800X3D kann noch mehr rausgekitzelt werden. In diesem Video erfahren Sie, wie!

PC Games Hardware – das IT-Magazin für Gamer

PCGH

NAS-Betriebssystemen. Außerdem stehen lediglich standardmäßige RAID-Stufen zur Verfügung und nicht etwa modernere, die bereits bei gleicher Redundanz mehr Speicherplatz bieten, wie das TRAID von Terramaster(-NAS-SystemenI), ein Mix aus RAID 5 und RAID 1.

Um das Wichtigste gleich vorneweg zu klären: Um 4K-Videos direkt auf dem DAS-Gerät schneiden zu können, braucht es ein RAID 0 aus zwei SATA-SSDs oder eines aus drei Festplatten. Für anspruchslosen Videoschnitt ohne viel Effekten würde an sich auch eine einzelne SSD reichen, doch die kann schnell an ihre Grenzen stoßen und in aufwändigen (Pre-)Renderings als Flaschenhals fungieren. Die Thunderbolt-3-Schnittstelle bietet insgesamt 40 GBit/s, was brutto bis zu 5.000 MB/s wären. Damit bietet allein(!) die Schnittstelle schon ein Niveau, welches eine NVMe-SSD mit PCI Express 4.0 leisten würde. Nun leistet der Controller der Terramaster D5 aber maximal in etwa1.000 MB/s, behauptet zumindest das Marketing. Per Striping der RAID-0-Stufe käme man auch mit fünf HDDs knapp darunter, zumindest lesend. Zur Erinnerung: Striping bedeutet, die Daten sind über alle Laufwerke verteilt. Daher multipliziert sich die Transferleistung der einzelnen Laufwerke auch mit ihrer Anzahl - zumindest in der Theorie.

In der Praxis kommen wir auch mit drei SATA-SSDs, die jeweils bis zu(!) 520 MB/s schnell sind, nicht ganz an das Controller-Maximum von circa einem Gigabyte pro Sekunde. Der Black Magic Speed Test aber zeigt, dass sich drei SSDs gerade lesend durchaus lohnen. Wir haben die jeweils zwei bzw. drei SATA-SSDs in einen RAID-0-Verbund gesteckt, sodass stets das Maximum an Leistung

Konfigurationsvorschläge: RAID 5 für gute HDD-Leistung inklusive Redundanz

Weitere Tests sparen wir uns, da die Geschwindigkeit stets anhängig ist von Modell und Anzahl der jeweiligen Laufwerke. Mit den hier gewonnenen Erfahrungen möchten wir einige Konfigurationsvorschläge geben, wie so ein DAS sinnvoll verwendet werden kann, was aber auch für ein NAS gelten kann.

RAID 5 mit fünf HDDs: der Königsweg für Leistung und Redundanz

So ein DAS-Gerät bietet gerade den Vorteil große, aber eigentlich lahme Magnetfestplatten zu einem RAID zusammenzuschließen, welches schnell genug für den Videoschnitt ist und gleichzeitig Datensicherheit per Redundanz bietet. Wer also das Maximum an Vorteilen aus so einem Gerät herausholen möchte, bestückt es mit fünf Festplatten, die idealerweise alle gleich groß sind und verbindet sie per RAID 5.

Striping hat den Nachteil, dass die Daten nicht mehr lesbar sind, wenn nur ein Laufwerk ausfällt. Genau das wird mit der Redundanz hier ausgehebelt, indem die Kapazität einer Platte als Datensicherung vom Array verwendet wird. Das ist ein guter Kompromiss aus Leistung und Redundanz. An sich wäre auch RAID 10 möglich, welches noch mehr Redundanz bietet, aber eben auch mehr Kapazität erfordert und insgesamt etwas langsamer ist. An sich ist ein mächtiges RAID 5 auch per NAS möglich, erfordert aber dann eine schnelle Netzwerkanbindung von 10 GBit/s - und entsprechende Hardware ist eben teuer.

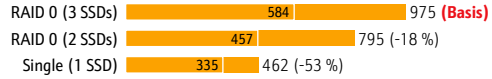
RAID 0 mit wenigen SSDs

Wer lediglich auf Geschwindigkeit setzt und die Datensicherheit dabei außen vor lässt, kann das Terramaster D5 auch mit wenigen SSDs im RAID 0 betreiben. Schon zwei reichen aus, um 4K-Videos flüssig wie von einer internen SSD zu schneiden. Da dieses RAID keinerlei Ausfallsicherheit bietet, also die Daten unbrauchbar sind, wenn nur eines der Laufwerke ausfällt, sollte gerade hiervon ein vollständiges Backup erstellt werden. Also idealerweise auf einem NAS oder anderem externem Laufwerk.

SATA-SSDs mit hohen Kapazitäten sind mittlerweile relativ erschwinglich geworden, wenn auch noch immer teurer als HDDs. Sie haben zusätzlich den Vorteil, dass das Terramaster D5 komplett lautlos betrieben werden kann, also die Lüfter im Gehäuse auch nie anspringen. Gerade bei den kurzen Thunderbolt-Kabeln steht das Gerät ja unmittelbar in Schreibtischnähe oder direkt darauf. Fünf ackernde Festplatten samt laufenden Geräuschlüfter sorgen dann doch für eine ordentliche Geräuschkulisse.

Transferleistung des Terramaster D5

Black Magic Disk Speed Test, Sample size: 2 GB



System: D5 auf Macbook Pro M1, div. SATA-SSDs **Bemerkungen:** Zwei SATA-SSDs reichen aus für flüssigen 4K-Videoschnitt direkt vom Gerät.

Schr. **Lesen**
▶ Besser

So eine Konfiguration erfüllt denselben Zweck einer externen SSD, die heutzutage ebenfalls gut 1.000 MB/s schnell sein können, aber kompakter und auch insgesamt günstiger sind. Im Vergleich damit lohnt sich so ein DAS also nur, wenn es dort Kapazitäten sein müssten, die es als USB-SSD nicht gibt oder wenn die freien Laufwerksschächte zusätzlich oder anderweitig genutzt werden.

JBOD ist (hier) weniger geeignet

Von einer JBOD-Konfiguration möchten wir hier abraten. Denn dabei handelt es sich lediglich um ein Zusammenschnüren mehrerer Laufwerke. Hier bleibt zwar die gesamte Kapazität erhalten, aber man hat dadurch weder Redundanz noch einen Geschwindigkeitsvorteil. Wer so ein Array möchte, kommt mit einem NAS oder externen USB-Gehäusen deutlich günstiger weg. Das Terramaster D5 wäre dafür einfach die sprichwörtliche Kanone für Spatzenschüsse.

Fazit: Tolle, aber teure Alternative zu schnellen NAS

Terramaster ist einer der wenigen Hersteller, die so ein Thunderbolt-DAS anbieten. Direkte Konkurrenz gibt es lediglich OWC und vereinzelt von Western Digital, wenn es ein Laufwerksgehäuse mit mehreren (HDD-)Schächten sein soll. An sich ist die Nische der Anwender recht schmal für solche Geräte: Geht es um eine ähnliche Kapazität, aber weniger Geschwindigkeit, ist ein herkömmliches NAS oft günstiger. Gleiches gilt für externe Thunderbolt- oder USB-SSDs, wenn es denn weniger Kapazität sein darf.

Das Terramaster D5 mit Thunderbolt 3 hält, was es verspricht: Sowohl die Leistung ist nicht übertrieben als auch alle RAID-Modi mit PC oder Mac umsetzbar - wenn auch softwareseitig etwas holprig. Ist aber alles eingerichtet, läuft der Direct Attached Storage wie ein Uhrwerk. Die aufgerufenen 700 Euro sind eine Stange Geld für so ein Gerät, aber es gibt hier eben kaum Konkurrenz. Zumal es eine deutlich günstigere Version des DAS mit nur zwei Laufwerkseinschüben gibt.

Die Nische beschränkt sich auf Content Creator, die auf Geschwindigkeit und Kapazität setzen. Ähnliches (und mehr) bietet zwar auch ein NAS, welches per 10G-LAN angebunden ist, was aber insgesamt teurer, umständlicher und unnötig ist, wenn es sich ohnehin nur um einen Schnittrechner handelt, also etwa um ein Macbook, dessen interne SSD-Kapazität relativ gering ist.

Wohl auch, weil es sich um ein ziemliches Nischenprodukt handelt, geht die Evolution hier schleppend voran. Leider bietet das Gerät nur einen Bruchteil der Transferleistung, welche die Thunderbolt-3-Schnittstelle zur Verfügung stellt. Zumindest wurde mit dem D5 das „alte" Produkt mit USB abgelöst und nun reicht die Leistung aus für flüssigen 4K-Videoschnitt, aber eben auch nicht mehr. Wer sich so ein System leistet, bekommt sicherlich auch schon Berührungspunkte mit höher aufgelösten Material oder solchem mit HDR bzw. 10 oder mehr Bit. Dann nämlich wird es selbst damit wieder eng. NVMe-Slots wären praktisch gewesen, mit schnellerem RAID-Controller. Aber das ist hoffentlich in zukünftigen DAS-Geräten zu finden. Es gibt bereits NAS-Geräte mit mehreren nativen NVMe-Slots, nur sind die meistens ziemlich teuer. In meisten Geräten ist der (eine) M.2-Slot dann auch nur für den Cache – also lediglich indirekt nutzbar. Falls Sie derartige Themen über externen aber schnellen Speicher interessiert, schreiben Sie uns an post@pcgh.de. *(mc)*

Leserwahl 2023

Welche Hardware, Spiele und welcher Hersteller haben Ihnen im Jahr 2023 mit innovativen, außergewöhnlichen oder einfach sehr guten Produkten am meisten Freude bereitet?

Jedes Jahr aufs Neue kürt PC Games Hardware zusammen mit seinen Lesern und Zuschauern die besten Produkte und Hersteller. Die Leserwahl 2023 folgt dem bewährten Prinzip der Vorjahre. Die Optionen, per Brief oder im PCGH-Forum abzustimmen, fallen zugunsten von Survey Monkey (www.surveymonkey.de) weg. Bei Letzterem handelt es sich um eine komfortable Möglichkeit, Umfragen mit zahlreichen Optionen zu erstellen, ohne dass eine Registrierung notwendig ist. Dadurch ermöglichen wir es jedem Interessierten, an der PCGH-Leserwahl teilzunehmen – ein Account im PCGH-Forum oder dergleichen ist nicht notwendig.

Die 29 Kategorien, welche Sie unten sehen, sind gegenüber 2022 unverändert. Somit sind weiterhin 87 Awards für die Plätze 1 bis 3 zu vergeben. PCGH wünscht viel Vergnügen beim Abstimmen – ob Ihre Favoriten gewinnen? Die Auflösung präsentieren wir sowohl online als auch im nächsten Heft. *(rv)*

Alle Kategorien im Überblick

- **Prozessoren** – Die stärksten Prozessoren
- **Grafikchip** – Die besten Pixelschubser
- **Grafikkarten** – Die beliebtesten Hersteller
- **Hauptplatinen** – Mainboard-Highlights
- **Arbeitsspeicher** – Der flotteste DDR-RAM
- **Monitore** – UHD, breit oder superschnell?
- **Festplatten** – Große Datengräber
- **SSDs** – Groß, schnell oder bezahlbar?
- **Soundkarten** – Gehören zum guten Ton
- **Luftkühler** – So einen besitzt jeder!
- **Kompaktwasserkühlung** – Das Beste beider Welten
- **Modulare Wasserkühlungen** – Die potentesten Kaltmacher
- **Lüfter** – Die besten Propellerjungs
- **Tastaturen** – Mechanik oder Gummikuppel?
- **Mäuse** – Optisch oder Laser?
- **Netzteile** – Die effizientesten Stromspender
- **Gehäuse** – Von Mini-ITX bis zum Big Tower
- **Notebooks** – Spielen oder arbeiten?
- **Kopfhörer/Headsets** – Guter Klang direkt am Ohr
- **Lautsprecher** – Die beste Bühne und Bass
- **Komplett-PCs** – Bauen lassen statt Basteln
- **Hardware-Versender** – Der Dealer Ihres Vertrauens
- **Produkt des Jahres** – Absolute Hardware-Highlights
- **Preis-Leistungs-Tipp** – Riesenspaß zum Vernunftpreis
- **Energiesparer** – Wahre Effizienzmeister
- **Spiele: Top-Technik** – Die beste Grafik und der knackigste Sound
- **Spiele: Top-Gameplay** – Jagged Alliance 3 & Co. – wenn die Technik zweitrangig ist
- **Most Wanted** – Ihre Herzenswünsche bei Spielen und Technik

Die Redaktion

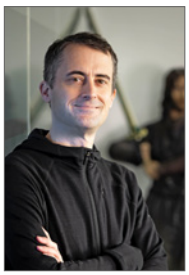
THILO BAYER

Chefredakteur | post@pcgh.de | Aufgabengebiete: Heft, Website, Mädchen für alles

PC aktuell: (Immer noch) viel Jagged Alliance 3 im Koop, viel Photoshop und Bilder-Organisation für Jahreskalender – das sind meine aktuellen Projekte am PC. Leider ist es auf dem Dachboden etwas zu kalt, um da länger zu sitzen.

Meine Tipps gegen den Winter-Blues: Kamera plus Stativ schultern und den Weihnachtszauber fotografieren. Es gibt bei jedem Wetter gute Motive. Schnee und Weihnachtsmärkte bieten die Extraportion Motivation zum Rausgehen, um danach bei einem warmen Getränk die Nachbearbeitung am PC durchzuführen.

Privat-PC: Ryzen 7 3700X, G.Skill Ripjaws 32 GiB DDR4-3200, MSI X570 Gaming Edge, Asus ROG Strix RTX 2070 Super, Acer XF270HUA



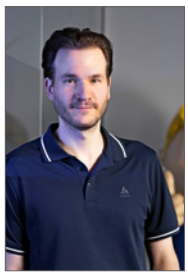
RAFFAEL VÖTTER

Leitender Redakteur | post@pcgh.de | Fachbereiche: Artikelplanung, Grafikkarten, GPU-Kühler, Spiele ...

PC aktuell: Nachdem der neue OLED-TV (#leidergeil) mir den Kopf verdreht hat, schiele ich in Richtung von OLED-Monitoren. Aber das Technik-Budget ist mehr als verbraten und die nächste GPU-Generation kommt bestimmt. Daher ist Sparen alias Schuldenbremse angesagt, auch wenn ich gerade für Sondervermögen bzw. Schattenhaushalt wäre.

Meine Tipps gegen den Winter-Blues: Was für'n Ding? Ernsthaft, ich verstehe diesen Zustand nur bedingt. Das liegt daran, dass ich jahreszeitenunabhängig immer mehr oder minder müde bin (und jeder Jahreszeit ihre Schönheit anerkennen kann, gerade Winter).

Privat-PC: AMD Ryzen 9 5950X @ 16T/UV/Eco, Biostar B550GTA, 32 GiB DDR4, MSI RTX 4090 Suprim X, 2 TByte NVME-SSDs, Viewsonic XG320U



ANDREAS LINK

Leitender Redakteur Online | post@pcgh.de | Fachbereich: Online-Auftritt (pcgh.de)

PC aktuell: Wenn einem klar ist, dass man die Reise in The Witcher 3 hinter sich hat und nicht so recht weiß, wie man die Leere füllt. Ich glaube sogar, dass der spezielle Charme gar nicht ersetzt werden kann.

Meine Tipps gegen den Winter-Blues: Glühwein „bingen"? Um einen erstgemeinten Ratschlag zu geben, etwas unternehmen ist vermutlich ein guter Anfang. Und wenn es nur der nächstgelegene und als kitschig empfundene Weihnachtsmarkt ist. Der in Nürnberg ist zwar mit Touristen überflutet, aber ganz hübsch sind die Lichter im Dunkeln schon. Ersatzweise, wer kann, reist zu einem Südseeidyll seiner Wahl.

Privat-PC: Macbook Pro und Asus Zenbook, Desktop-Systeme mit Core i7-8700K und Geforce GTX 980 Ti sowie Pentium 3 und Radeon 64 DDR

MANUEL CHRISTA

Leitender Redakteur Video | post@pcgh.de | Fachbereiche: Videoplanung, Monitore, SSDs, Notebooks

PC aktuell: Ich spiele an der Hauselektronik herum und habe Spaß daran, elektrische Rollos und Lichtschalter mit einem WLAN-Relais auszustatten. Am PC könnte ich mal Baldur's Gate 3 ausprobieren, wenn ich nicht noch immer nicht GTA V durchgespielt hätte.

Meine Tipps gegen den Winter-Blues: Was habt ihr alle gegen Blues? „But I still got the Blues for you", sang schon Gary Moore! Perfektes Lied gegen Melancholik. Ich bin ja ziemlich audiophil (Grüße, Kollege!) und kann bei (richtiger) Musik generell entspannen, die da aktuell von Lorna Shore, Shadow Of Intent oder Parkway Drive kommt.

Privat-PC: Ryzen 9 3900X, B550-Board, Zotac RTX 3070, 32 GiB DDR4, Samsung 960 Evo 500 GB, Viewsonic XG2703-GS; Macbook Pro 16 M1

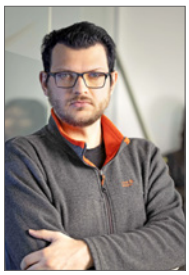
DAVID NEY

Redakteur | post@pcgh.de | Fachbereiche: Prozessoren, Grafikkarten, Spiele

PC aktuell: Der hat die letzten Wochen nur Stellaris beschleunigt. Was tut ein CPU-Fachredakteur nicht alles für einen guten CPU-Benchmark. Okay, zwischendrin habe ich weiter am Arbeitsspeicher-OC gearbeitet, aber die letzten Wochen vor dem Jahresende sind irgendwie immer so anstregend und alles zieht sich, ich weiß auch nicht warum.

Meine Tipps gegen den Winter-Blues: Hmm, Vitamin D3? Ich könnte vieles empfehlen, aber das meiste davon verstößt gegen die „normale" Denkweise, insofern gibts hier den Standard-Kram, viel Spaß: Machen Sie Sport, schalten die Heizung an und trinken heißen Tee. Bäm.

Privat-PCs: Ryzen 7 7800X3D@24 Watt@13700K-Leistung, Asrock X670E Pro RS, 32 GiB DDR5-6400, Geforce RTX 3090 FE @ 1,7 GHz @ 0,75 Volt



PHILIPP REUTHER

Redakteur | post@pcgh.de | Fachbereiche: Spiele, Sound & Grafik

PC aktuell: Neben Baldur's Gate 3 fesselt mich Crusader Kings 3 an den Bildschirm. Bin aber froh, im Winterurlaub PC-Auszeit zu bekommen.

Meine Tipps gegen den Winter-Blues: Ein Tapetenwechsel bzw. Urlaub – bestenfalls auf der anderen Seite des Äquators. Es muss aber keine Weltreise sein, ins Helle reicht. Und auch Schnee ist lichter, reflektiert ein Plus an Sonnenlicht auf müde, fahle, todesbleiche Winterhaut, als das ewig muffig trist-graue Schmuddelwetter hier es könnte. Selbst kühle, brisige Meeresluft kann helfen, Trübsal hinfortzublasen. Ansonsten: harter Metal, Sauna, Lakritzlikör, in finnischer Tradition. Plus Vitamin D.

Privat-PC: Ryzen 9 3900X, Liquid Freezer II, 32 GiB DDR4-3600, Zotac RTX 3090 Ti, Sound Blaster AE-7, 2× 27" WQHD, 144 Hz (Gsync, Freesync, HDR)

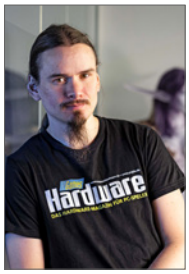
TORSTEN VOGEL

Redakteur | post@pcgh.de | Fachbereiche: Mainboards, WaKü, ext. Print-Redakteure, Leitung Moderation

PC aktuell: Mein RAM-OC-Projekt zieht sich noch mehr als befürchtet. Nachdem ich ein halbes Dutzend Clock-Skew-Settings durchprobiert habe, läuft zwar eine weitere Taktstufe stabil, aber welche andere Option mir die mit Skylake stabilen -3200 oder gar die erträumten >-3333 versperrt, weiß ich auch 80 weitere Tests später nicht.

Meine Tipps gegen den Winter-Blues: Einfach nicht raus, sondern in virtuelle Welten gucken? Das hilft jedenfalls gegen hässlichen Herbst. Bei Problemen mit echtem Winter kann ich dagegen nicht mitreden, ich finde Schnee geil. Ist meine zweitliebste Jahreszeit nach dem Sommer.

Privat-PC: i9-9900K, Z170, 64 GiB DDR4-3100 (vorerst!), Zotac RTX 2080 Ti AMP – alles @ Wakü; 32 Zoll QHD, Nytro XF1440 800 GB, Win7



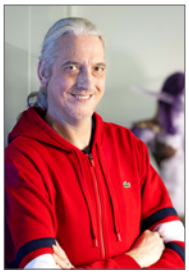
FRANK STÖWER

Redakteur | post@pcgh.de | Fachbereiche: Peripherie (Mäuse, Tastaturen, Gamepads, Stühle & Tische)

PC aktuell: Die Mission Home-Office-PC ist abgeschlossen und ein mit einem Ci7 6700K und einer RX 6600 XT bestückter Mini-PC (Gehäuse: Hyte Revolt 3 mit Netzteil) steht bereit. Damit sollten alle Office-Tasks und Testspiele wie Forza und der MS Flugsimulator in Full HD laufen.

Meine Tipps gegen den Winter-Blues: Holen Sie sich eine RGB-Stehlampe, Leuchtstreifen und RGB-Lampenbirnen ins Wohn- und Schlafzimmer. Dann noch ein Philips-Ambilight-TV und alles wird schön bunt und gemütlich. Wenn die Lichterpracht dann noch zu flotter Musik leuchtet, ist das Schmuddelwetter und das trübe Tageslicht ganz schnell vergessen!

Privat-PC: R9 3900X, Asus Strix X370-F, 16 GiB DDR4-3200, MSI RTX 2080 Gaming X Trio, Viewsonic VX4380 (43"), Fractal Design Define S2 Vision RGB



RICHARD ENGEL

Redakteur | post@pcgh.de | Fachbereiche: Netzteile, Gehäuse, Spiele, Allerlei

PC aktuell: Ich nahm, ich sah, ich wechselte zurück. Wie in der vorherigen Ausgabe geschrieben, lieh ich mir die Top-Radeon für einen Praxistest des aktuellen AFMF aus (FG über Treiber). Ich bin leider bislang nicht überzeugt. Zu viele Artefakte, zu instabil, zu fummlig. Die Effizienz der XTX schmeckt mir, auf 250 Watt runtergetunt, auch nicht sonderlich. AMD muss sich ranhalten, um Nvidia technisch zu schlagen.

Meine Tipps gegen den Winter-Blues: Elektronische Heizdecken. Die sind so verdammt gemütlich. Dazu viele bunte Lichter, was Warmes zu trinken und eine gute Serie/Spielesession. Was will man mehr?

Privat-PC: i7-12700K, MSI Pro Z690-A, 32 GiB DDR5-5200, Palit Gamerock RTX 4080, SB AE-9, SN850 2 TB, Thor 2 1.000 W, Define 7, AOC 4K 144Hz

TRISTAN HESSER

Praktikant | post@pcgh.de | Fachbereich: Reinschnuppern

PC aktuell: Auf dem Retro-System läuft aktuell Need for Speed Most Wanted, am Hauptrechner schlage ich mich mit Freunden durch die „Green Hell". Falls ich tatsächlich einmal in einem tropischen Urwald stranden sollte, decke ich mich auf jeden Fall mit Kokosnüssen ein!

Meine Tipps gegen den Winter-Blues: Wusste gar nicht das es sowas gibt, aber am besten das Radio ausmachen, dann muss man es nicht hören. Ansonsten das Tageslicht ausnutzen. Wenn das nicht reicht, kann man sich natürlich noch vor dem Bildschirm bräunen. Diesen Herbst ist ja wirklich genug rausgekommen, der Weihnachtsurlaub kann kommen.

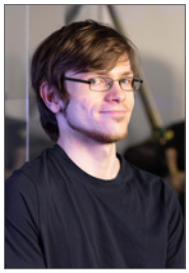
Privat-PC: i9-9900K, Asus Prime Z390-A, 32 GiB DDR4-3600, Zotac GTX 1080 AMP Extreme, Fractal XL 2, AG272FG4 27 Zoll, verschiedene SSDs

OLIVER JÄGER
Online-Redakteur | post@pcgh.de | Fachbereich: Online-Auftritt (pcgh.de)

PC aktuell: Der sollte bestenfalls nicht einfrieren. Das war eigentlich nie ein Problem, eher die Überhitzung. Die bekommt man derzeit ab und an unter der Bettdecke zu spüren.

Meine Tipps gegen den Winter-Blues: Koks, Nutten und literweise Grog - nein, Raff, so nicht! Der Verzicht ist wichtig in dieser gnadenbringenden Weihnachtszeit. Zudem kann man dem Winter auch positiv gegenübertreten, denn wer glaubt, dass der Frühlings-Blues, der Sommer-Blues und der Herbst-Blues besser zu bewältigen seien, der irrt. Einfach (saftige) Elisenlebkuchen (die besten™) essen und einschlafen.

Privat-PC: Intel Core i3-2310M @ 2,10 GHz mit HD Graphics 3000, 4 GiB RAM, Kingston SSD Now UV400 240 GB (Aldi-Notebook)

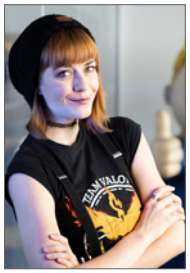


SANTANA RAUS
Video-Redakteurin | post@pcgh.de | Fachbereich: Videos aller Art

PC aktuell: Mein erster Run in Baldur's Gate 3 ist mit 150 Stunden durch. Ich würde gerne noch einen zweiten starten. Cyberpunk ist so dystopisch düster, dass ich es erst in Richtung Neujahr verorte (nein, ich drücke mich nicht vor dem nächsten Content-Monster).

Meine Tipps gegen den Winter-Blues: Kunterbunte Rhythm-Games wie Hatsune Miku: Project Diva Mega Mix+ lenken schnell vom Schmuddelwetter und den fehlenden Farben des Sommers ab. Beat Saber würde mich nach dem letzten Test auch glücklich machen, da muss sich Santa Claus aber ran halten.

Privat-PC: Ryzen 7 5800X, RTX 3080 Ti AMP Extreme, MSI B550-A PRO, 32 GiB Kingston Hyper X, Samsung 970 Evo Plus 1 TB, WD Black 1 TB

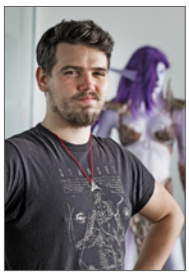


FELIX KELLIG
Video-Volontär | post@pcgh.de | Fachbereich: Videos aller Art

PC aktuell: Mit dem Release der neuen Threadripper steht ein Upgrade meines Arbeitsrechners im Raum. Wir haben uns zwar noch nicht entschieden, was am Ende verbaut wird, aber ich freue mich auf die Verbesserung und werde berichten.

Meine Tipps gegen den Winter-Blues: Outer Wilds ist für die kalten Wintertage fantastisch – es füttert meinen Entdeckerdrang und ist gefüllt mit unfassbar vielen Momenten, die mich mit kindlicher Faszination erfüllt haben. Ansonsten würde ich noch Hi-Fi Rush und En Garde empfehlen. Beide schön bunt und hell, mit fantastischen Soundtracks.

Privat-PC: AMD Ryzen 7 1700, Asrock AB350 Pro4, Sapphire Pulse Radeon RX 6600, 16 GiByte RAM, Crucial MX500 1TB



JAN HAUCK
Werkstudent | post@pcgh.de | Fachbereiche: Lüfter, Luftkühlung, AiOs

PC aktuell: Der ist im Winterschlaf, genau wie ich. Sollte ich meinen Blutkreislauf irgendwann in den nächsten Monaten hochfahren, fahre ich vielleicht auch den Wasserkreislauf meines Rechners hoch.

Meine Tipps gegen den Winter-Blues: So lange sich mit Lebkuchen vollstopfen, bis das von Neurosen geplagte Gehirn durch die schiere Menge an Zucker und Fett in Trance versetzt wird. Denn wer Baldur's Gate 3 gespielt hat, kann es bestätigen: Das Gehirn ist das Problem. Abschalten, an was anderes denken und entspannen, meine Tipps für alle, die sich besser als ich ernähren wollen.

Privat-PC: i7-9700K @ 5 GHz, MSI Z390, 32 GiB DDR4-3200, RTX 2080 @ 2.130 MHz – alles @ WaKü, 970 Evo 1 TB, Raijintek Pean, Acer 165 Hz

PCGH auf Youtube

https://www.youtube.com/@pcgh

PCGH produziert schon seit der Gründung im Jahr 2000 Videos, damals und in den Folgejahren jedoch exklusiv für die Heft-CD respektive -DVD. Nun möchten wir Sie in unseren Youtube-Channel einladen.

Alte Hasen (und PCGH-DVD-Heftabonnenten) erinnern sich an diese glänzenden Scheiben, die sich auch als Frisbees oder Spiegel missbrauchen lassen. Die junge Generation konsumiert Videos hingegen bei Youtube und Konsorten, wo PCGH seit 2008 aktiv ist. Das Zuschauer-Feedback gerade in den vergangenen Jahren führte dazu, dass wir die Qualität und den Output massiv verbessert haben.

PCGH-Videos: Tests und Infotainment

Wer des Lesens überdrüssig ist, findet auf dem PCGH-Youtube-Kanal zahlreiche Videos zu allen möglichen PC-Komponenten, allen voran natürlich Grafikkarten und Prozessoren, aber auch Gehäuse-Tests, Mainboard-Analysen, Berichte zur Preisentwicklung, Praxistipps für alle PC-Komponenten und Windows, Retro-Ausflüge, Spezial-Projekte wie eine Steam-Deck-Wasserkühlung aus dem 3D-Drucker und vieles mehr. Damit nicht genug, jeden Freitag präsentieren wir Ihnen die News der Woche in Video-Form, charmant vorgetragen von unserer Video-Fee Santi. Wenn eines keinen Sinn ergibt, dann, all das weiter mit Worten zu erklären – klicken Sie doch mal rein!

PCGH-Videos: Ihre Wünsche

Keine Sorge, wir werden niemals damit aufhören, Artikel zu schreiben. Video ist ein Zusatzangebot, eine Ergänzung. Einige Themen lassen sich wesentlich besser über ein Video vermitteln, andere funktionieren besser als Artikel. Bei den Videos verlassen wir bewusst hin und wieder die seriöse und objektive Schiene, welche Sie von PCGH kennen und schätzen – etwa bei unserem Quizformat „Schlag den Raff". Sie haben Themenvorschläge oder Wünsche? Dann schicken Sie diese gerne an post@pcgameshardware.de.

AM5-Gaming-Rechner

In jeder Ausgabe stellt PC Games Hardware zwei Beispielkonfigurationen zusammen, an denen Sie sich orientieren können, um einen eigenen PC zu bauen.

Zwar gibt es gerade in der preiswerten Mittelklasse immer noch solide AM4-Konfigurationen, etwa mit dem Sechskern-Klassiker Ryzen 5 5600 für ca. 135 Euro, doch AMDs neuere AM5-Plattform mit DDR5-Arbeitsspeicher findet berechtigterweise immer mehr Anklang. Im Alltag ist der Unterschied zwischen dem Ryzen 7 5800X3D und dem Ryzen 5 7600 am ehesten in rein CPU limitierten Spielesze-narien spürbar. Und während die Ryzen-5000-Serie am Ende möglicher Aufrüstbarkeit angelangt ist, frohlockt der Sockel AM5 nicht nur zum jetzigen Zeitpunkt direkt mit möglicher Mehrleistung, sondern auch in Zukunft mit kompatiblen CPU-Generationen bis erwartungsgemäß mindestens 2025. Inwieweit die Nachfolger der Ryzen-7000-Reihe weiter in Punkten wie Effizienz gegenüber der Konkurrenz abliefern können, nicht zuletzt dank des sinnvollen Einsatzes des 3D-V-Cache-Konzepts, bleibt spannend – Budget-übergreifend. *(re)*

Preis-Leistung für 1.200 Euro

Komponente	Hersteller und Produkt	Preis ca.
Prozessor	AMD Ryzen 5 7600 (6 Kerne)	€ 200,-
CPU-Kühler	Mitgelieferter Boxed-Kühler	€ 0,-
Grafikkarte (AMD)	Radeon RX 7800 XT mit 16 GiB	€ 540,-
Grafikkarte (Nvidia)	Geforce RTX 4070 mit 12 GiB	€ 590,-
Mainboard	Asrock A620M Pro RS	€ 125,-
Arbeitsspeicher	Patriot Viper Ven. 32 GiB, DDR5-6000 CL36	€ 95,-
SSD (M.2)	Crucial P3 mit 1 TByte	€ 55,-
Netzteil (ATX 3.0)	Be Quiet Pure Power 12 M mit 650 Watt	€ 95,-
Gehäuse	Montech Air 1000 Premium	€ 75,-
Gesamtpreis (ab)		**€ 1.185,-**

AMD Ryzen 5 7600
Als AM5-Sechskerner mit über 5 GHz ist der Ryzen 5 7600 ein starker, effizienter Basis-Prozessor mit einem Verbrauch von ca. 60 W in Spielen. Zum Vergleich: Intels i5-13400F für ca. 215 Euro liefert im Schnitt etwas weniger Fps in Spielen und hinkt sogar in Anwendungen minimal nach.

Nvidia Geforce RTX 4070
Bei Raytracing-Belastung kann die leichtgewichtige RTX 4070 mit der Radeon RX 7900 XT mithalten – und in Bezug auf Fps pro Watt nicht nur AMD, sondern auch die stärkere Ti-Schwester besiegen. In Raster-Spielen wird die Karte mit 12 GiB jedoch von allen Alternativmodellen überholt.

Alternativ-Komponenten

- **Der Ryzen 5 7500F verzichtet auf eine iGPU, performt nahezu identisch und kostet ca. 20 Euro weniger – jedoch nur als Tray-Version erhältlich.**
- **Mittelklasse-Karten wie die Radeon RX 6700 XT bieten sich ebenso an.**

Oberklasse unter 2.000 Euro

Komponente	Hersteller und Produkt	Preis ca.
Prozessor	AMD Ryzen 7 7800X3D (8 Kerne, V-Cache)	€ 370-
CPU-Kühler	Thermalright Peerless Assassin 120 SE	€ 40,-
Grafikkarte (AMD)	Radeon RX 7900 XT mit 20 GiB	€ 800,-
Grafikkarte (Nvidia)	Geforce RTX 4070 Ti mit 12 GiB	€ 830,-
Mainboard	MSI Pro B650-S Wifi	€ 170,-
Arbeitsspeicher	Corsair Vengeance 48 GiB, DDR5-6000 CL36	€ 160,-
SSD (M.2)	WD Blue SN580 mit 2 TByte	€ 105,-
Netzteil (ATX 3.0)	Thermaltake Toughpower GF3 mit 750 Watt	€ 105,-
Gehäuse	Be Quiet Pure Base 500 FX	€ 125,-
Gesamtpreis (ab)		**€ 1.875,-**

AMD Ryzen 7 7800X3D
Der „heilige Gral" für Spieler ist nicht nur ein High-End-Traum, sondern auch vorbildlich effizient. In unserem CPU-Spiele-Index schafft es der 3D-V-Cache-Vertreter um 3 Prozent vor den i9-14900K. Bei Anwendungen sieht es dagegen im Vergleich schwächlich aus, wenn auch stets sparsam.

AMD Radeon RX 7900 XT
Die schnellste Grafikkarte für Rasterizing-Szenen um die 800 Euro ist die RX 7900 XT mit üppigen 20 GiB VRAM. Die Geforce RTX 4070 Ti kann dort um ca. 12 Prozent geschlagen werden. Genau andersherum sieht es mit Raytracing aus – die Ti ist dort um satte 24 Prozent schneller.

Alternativ-Komponenten

- **Die vermutlich im Januar erscheinenden „RTX 4000 Super"-Grafikkarten könnten bei ähnlichem Preis mehr Leistung liefern.**
- **Der Aufpreis von ca. 100 Euro zum Ryzen 7900X3D lohnt sich hier nicht.**

Einkaufsführer

Das Auf und Ab am Hardware-Markt

Während Nvidias Geforce RTX 4090 in alten Preishöhen fliegt, wird AMDs Top-CPU günstiger.

Nvidias Spitzenmodell wird knapper und steigt weiterhin im Preis. Wer sich zwischen den Jahren unbedingt eine Geforce RTX 4090 zulegen wollen würde, müsste entsprechend mindestens 1.900 bis 2.000 Euro über die Ladentheke wandern lassen. Inwieweit das im individuellen Fall sinnvoll ist, gerade für den reinen Privatgebrauch beim anspruchsvollsten Spielen in ganzer Raytracing-Pracht, sollte genau abgewogen werden. Gerüchteweise wurden bestehende Produktionskapazitäten von Nvidia für die im vermuteten Zeitraum Januar bis Februar erscheinenden Super-Karten abgestellt. Zum Redaktionsschluss werden die Geforce 4070 Super (Mitte Januar), 4070 Ti Super und 4080 Super (Ende Januar/Anfang Februar) erwartet. Eine offizielle Ankündigung soll auf der IT-Messe CES 2024 erfolgen. Für Interessierte der Grafikkarten-Oberklasse könnte sich das Abwarten lohnen, auch oder gerade bei der Geforce RTX 4080 für aktuell ca. 1.200 Euro. Denn welche Preispolitik der grüne GPU-Gigant bei den neuen und vorhandenen Karten fährt, ist noch nicht sicher absehbar. Im besten Falle bringt etwa die RTX 4080 Super mehr Performance für den gleichen Preis.

Wer länger mit einem CPU-Upgrade der High-End-Klasse gewartet hat, könnte jetzt mit dem Preisfall des AMD Ryzen 9 7950X3D ruhigen Gewissens zuschlagen. Ähnliches gilt auch für den erforderlichen DDR5-Arbeitsspeicher. Während die im Vergleich äußerst ineffiziente Konkurrenz von Intel mit dem Core i9-14900K ca. 610 Euro abverlangen würde, schafft es AMDs CPU, mit acht 3D-V-Cache- und acht regulären Kernen die praktisch gleiche Leistung in Spielen und (!) Anwendungen für ca. 530 Euro zu liefern. Für reine Spieler, die weder streamen noch professionell Projekte rendern oder anspruchsvolle Anwendungsszenarien im Alltag erwarten, bleibt der Ryzen 9 7950X3D jedoch vergleichsweise überdimensioniert und teuer. Der Performance-Unterschied zum Effizienztraum Ryzen 7 7800X3D für ca. 370 Euro ist beim Gaming oft marginal. In jedem Fall: erstklassige Prozessoren mit angenehmer Preisentwicklung. *(re)*

Bild: Adbox

Exemplarischer Preisverlauf der Spitzenklasse

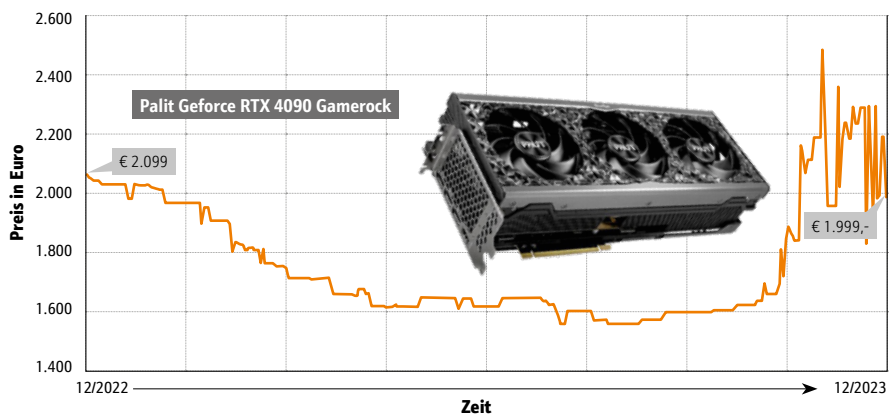


Bild: Palit

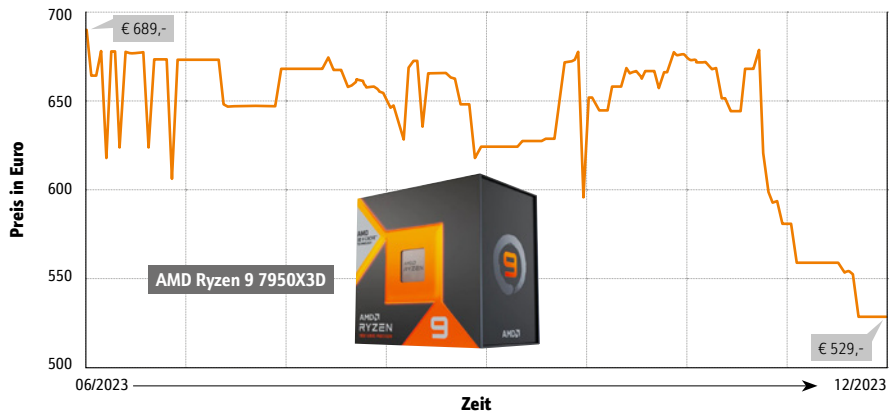


Bild: AMD

Einkaufsführer Grafikkarten

Preise: Stand 14.12.2023

PCGH PREIS-LEISTUNGS-TIPP PCGH SPAR-TIPP

Gaming-Grafikkarten

Nvidia Geforce	Circa-Preis	Grafik-speicher	3D-Taktung (GPU-Boost/RAM eff.)	Verbrauch (2D/3D/Ernstfall)	Länge/(Slot-)Breite	Benötigte Stromstecker	Lautheit (2D/3D/Ernstfall)	Wertung	Test in PCGH	PCGH-Preisvergleich
Asus RTX 4090 TUF Gaming OC	€ 2.300,-	24.576 MiB	2.565+/10.502 MHz	19/447/451 Watt	35,5/7,2 cm	1× 16 / 4× 8-Pol	0,0/2,4/2,5 Sone	1,36	01/2023	www.pcgh.de/preis/2816194
PNY RTX 4090 XLR8 RGB Triple Fan	€ 2.300,-	24.576 MiB	2.520+/10.502 MHz	19/446/450 Watt	34,0/7,0 cm	1× 16 / 4× 8-Pol	0,0/0,9/1,1 Sone	1,37	01/2023	www.pcgh.de/preis/2816397
Gigabyte RTX 4090 Gaming OC	€ 2.100,-	24.576 MiB	2.535+/10.502 MHz	23/430/440 Watt	35,0/7,3 cm	1× 16 / 4× 8-Pol	0,0/2,5/2,7 Sone	1,38	01/2023	www.pcgh.de/preis/2816413
MSI RTX 4090 Suprim X	€ 2.300,-	24.576 MiB	2.625+/10.502 MHz	34/440/444 Watt	35,0/7,2 cm	1× 16 / 4× 8-Pol	0,0/1,7/1,8 Sone	1,40	01/2023	www.pcgh.de/preis/2820514
Nvidia RTX 4090 Founders Edition	€ 1.800,-	24.576 MiB	2.595+/10.502 MHz	23/442/449 Watt	30,5/6,0 cm	1× 16 / 4× 8-Pol	0,0/3,0/3,2 Sone	1,43	12/2022	www.pcgh.de/preis/2815453
Zotac RTX 4090 AMP Extreme Airo	€ 2.300,-	24.576 MiB	2.580+/10.502 MHz	31/431/435 Watt	36,9/7,1 cm	1× 16 / 4× 8-Pol	0,0/2,6/2,8 Sone	1,44	01/2023	www.pcgh.de/preis/2815650
Manli RTX 4090 Gallardo	N. lieferb.	24.576 MiB	2.520+/10.502 MHz	19/446/449 Watt	36,0/6,5 cm	1× 16 / 4× 8-Pol	0,0/2,2/2,4 Sone	1,47	01/2023	www.pcgh.de/preis/2829611
Nvidia RTX 4080 Founders Edition	€ 1.330,-	16.384 MiB	2.580+/11.202 MHz	18/310/315 Watt	30,5/6,0 cm	1× 16 / 3× 8-Pol	0,0/2,1/2,3 Sone	1,77	01/2023	www.pcgh.de/preis/2815454
Nvidia RTX 4070 Founders Edition	€ 660,-	12.288 MiB	2.500+/10.502 MHz	13/208/213 Watt	24,3/4,0 cm	1× 16 / 2× 8-Pol	0,0/1,7/1,8 Sone	2,25	06/2023	www.pcgh.de/preis/2931158
Inno3D RTX 3050 Twin X2 OC	€ 250,-	8.192 MiB	1.822+/7.001 MHz	7/132/132 Watt	24,5/3,3 cm	1× 8-Pol	0,0/2,1/2,1 Sone	3,11	07/2022	www.pcgh.de/preis/2665546
Gigabyte RTX 3050 Eagle 8G	€ 280,-	8.192 MiB	1.777+/7.001 MHz	11/131/131 Watt	21,5/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/3,2/3,2 Sone	3,12	07/2022	www.pcgh.de/preis/2665388
Manli Geforce RTX 3050	N. lieferb.	8.192 MiB	1.777+/7.001 MHz	8/134/134 Watt	25,3/3,5 cm	1× 8-Pol	0,6/2,0/2,0 Sone	3,19	07/2022	www.pcgh.de/preis/2725375
AMD Radeon	**Circa-Preis**	**Grafik-speicher**	**3D-Taktung (GPU-Boost/RAM eff.)**	**Verbrauch (2D/3D/Ernstfall)**	**Länge/(Slot-)Breite**	**Benötigte Stromstecker**	**Lautheit (2D/3D/Ernstfall)**	**Wertung**	**Test in PCGH**	**PCGH-Preisvergleich**
AMD RX 7900 XTX*	€ 1.100,-	24.576 MiB	2.200+/10.000 MHz	17/350/353 Watt	28,8/4,7 cm	2× 8-Pol	0,0/3,3/3,5 Sone	1,74	02/2023	https://shop-eu-en.amd.com
AMD RX 7900 XT*	€ 940,-	20.480 MiB	2.150+/10.000 MHz	15/313/315 Watt	27,7/4,7 cm	2× 8-Pol	0,0/1,3/1,4 Sone	1,92	02/2023	https://shop-eu-en.amd.com
AMD RX 7900 GRE*	Nur OEM	16.384 MiB	2.000+/9.000 MHz	10/252/252 Watt	26,7/4,7 cm	2× 8-Pol	0,0/1,8/1,9 Sone	2,07	Online	https://www.memorypc.de
MSI RX 6950 XT Gaming X Trio	N. lieferb.	16.384 MiB	2.455+/9.000 MHz	11/381/432 Watt	32,3/5,5 cm	3× 8-Pol	0,0/1,5/1,6 Sone	2,15	08/2022	www.pcgh.de/preis/2731615
AMD RX 7800 XT*	€ 550,-	16.384 MiB	2.300+/9.750 MHz	9/248/248 Watt	26,7/4,7 cm	2× 8-Pol	0,0/1,9/2,0 Sone	2,19	10/2023	https://shop-eu-en.amd.com
Asrock RX 6950 XT OC Formula	N. lieferb.	16.384 MiB	2.495+/9.000 MHz	13/392/397 Watt	33,2/6,1 cm	3× 8-Pol	0,0/3,0/3,1 Sone	2,24	08/2022	www.pcgh.de/preis/2731843
AMD RX 6800 XT*	N. lieferb.	16.384 MiB	2.190+/8.000 MHz	8/302/303 Watt	26,7/4,5 cm	2× 8-Pol	0,0/2,1/2,1 Sone	2,29	01/2021	https://shop-eu-en.amd.com
AMD RX 7600*	€ 300,-	8.192 MiB	2.400+/9.000 MHz	6/164/165 Watt	20,4/3,8 cm	1× 8-Pol	0,0/1,6/1,7 Sone	2,64	07/2023	https://shop-eu-en.amd.com
Intel Arc	**Circa-Preis**	**Grafik-speicher**	**3D-Taktung (GPU-Boost/RAM eff.)**	**Verbrauch (2D/3D/Ernstfall)**	**Länge/(Slot-)Breite**	**Benötigte Stromstecker**	**Lautheit (2D/3D/Ernstfall)**	**Wertung**	**Test in PCGH**	**PCGH-Preisvergleich**
A770 Limited Edition	€ 400,-	16.384 MiB	2.100+/8.750 MHz	47/230/232 Watt	26,9/3,5 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,1/2,5/2,8 Sone	2,75	12/2022	www.pcgh.de/preis/2818267
A750 Limited Edition	€ 260,-	8.192 MiB	2.250+/8.000 MHz	42/226/229 Watt	26,9/3,5 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,1/2,6/2,8 Sone	2,89	12/2022	www.pcgh.de/preis/2825703

*Beliebiges Modell im Referenzdesign („Made by AMD", MBA); bis auf Beigaben und Garantiebedingungen sind diese gleichwertig.

ANZEIGE

Die besten Schnäppchen

Der PCGH-Schnäppchenführer
Die besten Hardware-, Spiele- und Filmschnäppchen – täglich aktualisiert!
www.pcgh.de/spartipps

PC Games Hardware – Das IT-Magazin für Gamer

PCGH

Einkaufsführer Prozessoren & RAM

Preise: Stand 14.12.2023

PCGH PREIS-LEISTUNGS-TIPP PCGH SPAR-TIPP

Prozessoren

Prozessoren	Preis	Leistung*	Stromverbrauch**	Kerne	IGP	Taktfrequenz (Boost)	Fertigung	RAM	Sockel	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Noten, Leistungsdaten und Werte auf Basis des CPU-Index für Spiele und Anwendungen												
AMD Ryzen 9 7950X3D	Ca. € 529,-	100,0 %/91,8 %	68/120	16c/32t	RDNA2	4,20 GHz (5,70 GHz)	TSMC N5	DDR5-5200	AM5	1,50	***	www.pcgh.de/preis/2871976
AMD Ryzen 7 7800X3D	Ca. € 360,-	97,4 %/63,0 %	51/72	8c/16t	RDNA2	4,20 GHz (5,05 GHz)	TSMC N5	DDR5-5200	AM5	1,75	***	www.pcgh.de/preis/2872148
Intel Core i9-14900K	Ca. € 600,-	94,9 %/100,0 %	187/292	8p+16e/32t	UHD 770	3,20/2,40 GHz (6,00/4,40 GHz)	Intel 7+	DDR5-5600/ DDR4-3200	1700	1,81	12/23	www.pcgh.de/preis/3043102
Intel Core i7-14700K	Ca. € 425,-	92,7 %/90,1 %	155/270	8p+12e/28t	UHD 770	3,40/2,50 GHz (5,60/4,30 GHz)	Intel 7+	DDR5-5600/ DDR4-3200	1700	1,96	12/23	www.pcgh.de/preis/3043151
AMD Ryzen 9 7950X	Ca. € 520,-	77,4 %/96,0 %	118/212	16c/32t	RDNA2	4,50 GHz (5,80 GHz)	TSMC N5	DDR5-5200	AM5	2,10	***	www.pcgh.de/preis/2801222
Intel Core i5-14600K	Ca. € 330,-	86,7 %/73,9 %	116/186	6p+8e/20t	UHD 770	3,50/2,60 GHz (5,30/4,00 GHz)	Intel 7+	DDR5-5600/ DDR4-3200	1700	2,22	12/23	www.pcgh.de/preis/3043173
AMD Ryzen 9 7900X	Ca. € 375,-	76,4 %/82,4 %	105/179	12c/24t	RDNA2	4,70 GHz (5,70 GHz)	TSMC N5	DDR5-5200	AM5	2,30	***	www.pcgh.de/preis/2801226
Intel Core i5-13600K	Ca. € 305,-	85,2 %/71,5 %	111/172	6p+8e/20t	UHD 770	3,50/2,60 GHz (5,10/3,90 GHz)	Intel 7+	DDR5-5600/ DDR4-3200	1700	2,32	***	www.pcgh.de/preis/2810186
AMD Ryzen 7 7700X	Ca. € 310,-	75,2 %/67,7 %	75/136	8c/16t	RDNA2	4,50 GHz (5,55 GHz)	TSMC N5	DDR5-5200	AM5	2,38	***	www.pcgh.de/preis/2801229
AMD Ryzen 5 7600X	Ca. € 220,-	70,4 %/58,8 %	61/108	6c/12t	RDNA2	4,70 GHz (5,45 GHz)	TSMC N5	DDR5-5200	AM5	2,51	***	www.pcgh.de/preis/2801237
Intel Core i9-12900K	Ca. € 400,-	76,0 %/75,2 %	112/201	8p+8e/24t	UHD 770	3,20/2,40 GHz (5,20/3,90 GHz)	Intel 7	DDR5-4400/ DDR4-3200	1700	2,51	***	www.pcgh.de/preis/2613475
Intel Core i7-12700K	Ca. € 280,-	73,3 %/67,8 %	104/180	8p+4e/20t	UHD 770	3,60/2,70 GHz (5,00/3,80 GHz)	Intel 7	DDR5-4400/ DDR4-3200	1700	2,65	***	www.pcgh.de/preis/2613520
AMD Ryzen 7 5800X3D	Ca. € 280,-	84,1 %/52,5 %	63/109	8c/16t	-	3,40 GHz (4,55 GHz)	TSMC N7	DDR4-3200	AM4	2,70	***	www.pcgh.de/preis/2660252
Intel Core i5-12600K	Ca. € 200,-	67,8 %/58,5 %	84/123	6p+4e/16t	UHD 770	3,70/2,80 GHz (4,90/3,70 GHz)	Intel 7	DDR5-4400/ DDR4-3200	1700	2,74	***	www.pcgh.de/preis/2613572
PCGH AMD Ryzen 7 5700X	Ca. € 160,-	64,0 %/51,4 %	57/76	8c/16t	-	3,40 GHz (4,65 GHz)	TSMC N7	DDR4-3200	AM4	2,96	***	www.pcgh.de/preis/2709092
PCGH Intel Core i5-13400F	Ca. € 215,-	65,4 %/53,8 %	64/88	6p+4e/16t	-	2,50/1,80 GHz (4,60/3,30 GHz)	Intel 7	DDR5-4400/ DDR4-3200	1700	2,98	***	www.pcgh.de/preis/2870748
PCGH AMD Ryzen 5 5600	Ca. € 130,-	59,5 %/45,3 %	44/67	6c/12t	-	3,50 GHz (4,45 GHz)	TSMC N7	DDR4-3200	AM4	3,00	***	www.pcgh.de/preis/2709114
PCGH Intel Core i3-13100F	Ca. € 120,-	55,1 %/40,6 %	63/78	4c/8t	-	3,40 GHz (4,50 GHz)	Intel 7	DDR5-4400/ DDR4-3200	1200	3,34	***	www.pcgh.de/preis/2871147

* Normierte, gewichtete Leistung in Spielen/Anwendungen **Prozessor-Verbrauch in Watt (Ø Spiele/Ø Anwendungen) *** Nachtest mit neuen Formeln

Arbeitsspeicher (Wertungen von DDR5- und DDR4-RAM nicht miteinander vergleichbar!)

DDR5 (64 GiByte)	Produktnummer	Preis	Speichertyp	Latenzen	Aufbau*	Höhe	Spannung	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
PCGH G.Skill Trident Z5 RGB	F5-6000J3040G32GX2-TZ5RS	Ca. € 240,-	2× 32 GiByte DDR6-6000	30-40-40-96	Dual Rank	4,4 cm	1.40 Volt	2,17	08/22	www.pcgh.de/preis/2722052
Crucial	CT2K32G48C40U5	Ca. € 200,-	2× 32 GiByte DDR5-4800	40-39-39-77	Dual Rank	3,2 cm	1,10 Volt	4,36	08/22	www.pcgh.de/preis/2627506
DDR5 (32 GiByte)	**Produktnummer**	**Preis**	**Speichertyp**	**Latenzen**	**Aufbau***	**Höhe**	**Spannung**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Corsair Dominator Platinum RGB	CMT32GX5M2X6600C32	Ca. € 210,-	2× 16 GiByte DDR5-6600	32-39-39-76	Single Rank	5,6 cm	1.40 Volt	1,89	08/22	Nur im Corsair-Webshop
PCGH G.Skill Trident Z5 RGB	F5-6400J3239G16GX2-TZ5RK	Ca. € 135,-	2× 16 GiByte DDR5-6400	32-39-39-102	Single Rank	4,4 cm	1.40 Volt	1,99	04/22	www.pcgh.de/preis/2669242
Adata XPG Caster RGB	AX5U6400C4016G-DCCARGY	Ca. € 325,-	2× 16 GiByte DDR5-6400	40-40-40-77	Single Rank	4,3 cm	1,40 Volt	2,01	08/22	www.pcgh.de/preis/2720769
Corsair Dominator Platinum RGB	CMT32GX5M2X6200C36	Ca. € 175,-	2× 16 GiByte DDR5-6200	36-39-39-76	Single Rank	5,6 cm	1,30 Volt	2,06	04/22	www.pcgh.de/preis/2667444
Teamgroup T-Force Delta RGB	FF3D532G6600HC34DC01	Ca. € 145,-	2× 16 GiByte DDR5-6600	34-40-40-84	Single Rank	4,6 cm	1,40 Volt	2,11	08/22	www.pcgh.de/preis/2829460
Adata XPG Lancer RGB	AX5U6000C4016G-DCLARBK	Ca. € 140,-	2× 16 GiByte DDR5-6000	40-40-40-76	Single Rank	4,4 cm	1,35 Volt	2,17	04/22	www.pcgh.de/preis/2661264
Teamgroup T-Force Delta RGB	FF3D532G6400HC40BDC01	Ca. € 120,-	2× 16 GiByte DDR5-6400	40-40-40-84	Single Rank	4,7 cm	1,35 Volt	2,22	04/22	www.pcgh.de/preis/2638340
G.Skill Trident Z5 RGB	F5-5600J2834F16GX2-TZ5RK	Ca. € 130-	2× 16 GiByte DDR5-5600	28-34-34-89	Single Rank	4,4 cm	1,35 Volt	2,29	08/22	www.pcgh.de/preis/2747415
PCGH Patriot Viper Venom	PVV532G620C40K	Ca. € 110,-	2× 16 GiByte DDR5-6200	40-40-40-76	Single Rank	4,4 cm	1,35 Volt	2,36	08/22	www.pcgh.de/preis/2724585
DDR4 (64 GiByte)	**Produktnummer**	**Preis**	**Speichertyp**	**Latenzen**	**Aufbau***	**Höhe**	**Spannung**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
PCGH Mushkin Redline Lumina	MLA4C360GKKP32GX2	Ca. € 180,-	2× 32 GiByte DDR4-3600	16-19-19-39	Dual Rank	3,8 cm	1,40 Volt	2,51	04/22	www.pcgh.de/preis/2593446
Kingston Fury Beast RGB	KF436C18BBAK2/64	Ca. € 165,-	2× 32 GiByte DDR4-3600	18-22-22-39	Dual Rank	4,2 cm	1,35 Volt	2,67	04/22	www.pcgh.de/preis/2564488
PCGH Patriot Viper Elite II	PVE2464G360C0K	Ca. € 130,-	2× 32 GiByte DDR4-3600	20-26-26-46	Dual Rank	4,1 cm	1,35 Volt	3,16	12/21	www.pcgh.de/preis/2539054
Patriot Viper Steel RGB	PVSR464G360C0K	Ca. € 130,-	2× 32 GiByte DDR4-3600	20-26-26-46	Dual Rank	4,7 cm	1,35 Volt	3,17	08/21	www.pcgh.de/preis/2458104
DDR4 (32 GiByte)	**Produktnummer**	**Preis**	**Speichertyp**	**Latenzen**	**Aufbau***	**Höhe**	**Spannung**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
G.Skill Trident Z Royal	F4-4400C17D-32GTRS	Ca. € 250,-	2× 16 GiByte DDR4-4400	17-18-18-38	Dual Rank	4,4 cm	1,50 Volt	1,73	08/21	www.pcgh.de/preis/2533957
G.Skill Trident Z Royal Elite	F4-4000C16D-32GTEG	N. lieferbar	2× 16 GiByte DDR4-4000	16-19-19-39	Dual Rank	4,4 cm	1,40 Volt	2,15	12/21	www.pcgh.de/preis/2547528
Kingston Fury Renegade	KF442C19RB1K2/32	Ca. € 130,-	2× 16 GiByte DDR4-4266	19-26-26-45	Dual Rank	4,3 cm	1,40 Volt	2,38	12/21	www.pcgh.de/preis/2564515
Kingston Fury Renegade RGB	KF436C16RB1AK2/32	Ca. € 100,-	2× 16 GiByte DDR4-3600	16-20-20-39	Dual Rank	4,3 cm	1,35 Volt	2,70	04/22	www.pcgh.de/preis/2564469
PCGH Corsair Vengeance RGB Pro SL	CMH32GX4M2D3600C18	Ca. € 90,-	2× 16 GiByte DDR4-3600	18-22-22-42	Dual Rank	4,5 cm	1,35 Volt	2,75	08/21	www.pcgh.de/preis/2460384

* Aufbau von den meisten Herstellern nicht garantiert, Abweichungen möglich

Einkaufsführer Kühlung

Preise: Stand 14.12.2023

PCGH PREIS-LEISTUNGS-TIPP PCGH SPAR-TIPP

Lüfter (neues Testsystem)

120-mm-Lüfter	Preis	Drehzahl 100 %	Anschluss/ Kabellänge	Kühlleist. als Gehäuselüfter (Kelvin)* 0,2 | 0,3 | 0,5 | 1,0 | 2,0 Sone | Vollast	Kühlleist. als Radiatorlüfter (Kelvin)** 0,2 | 0,3 | 0,5 | 1,0 | 2,0 Sone | Vollast	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Be Quiet Silent Wings Pro 4	Ca. € 29,-	2950 U/min	4-Pin PWM/53 cm	49,9 | 48,2 | 44,7 | 43,2 | 40,4 | 37,2	20,9 | 20,2 | 18,7 | 17,1 | 14,4 | 12,5	1,63	10/2023	www.pcgh.de/preis/2763758
Cooler Master Mobius 120P	Ca. € 29,-	2430 U/min	4-Pin PWM/31 cm	47,8 | 46,1 | 43,3 | 41,3 | 38,7 | 38,0	20,6 | 19,6 | 18,1 | 15,9 | 13,8 | 13,1	1,71	10/2023	www.pcgh.de/preis/2807712
Noctua NF-A12x25	Ca. € 29,-	2123 U/min	4-Pin PWM/53 cm	47,7 | 47,4 | 46,2 | 43,6 | – | 40,5	22,0 | 20,6 | 18,9 | 16,3 | – | 14,6	1,78	10/2023	www.pcgh.de/preis/1813140
Be Quiet Silent Wings 4	Ca. € 20,-	1620 U/min	4-Pin PWM/51 cm	49,7 | 48,8 | 45,7 | – | – | 44,6	22,1 | 20,8 | 19,3 | – | – | 18,8	2,14	10/2023	www.pcgh.de/preis/2763710
Arctic P12 PST (Ref. 3)	Ca. € 9,-	2005 U/min	4-Pin PWM/36 cm	50,8 | 49,5 | 45,6 | 44,1 | – | 42,0	23,4 | 21,0 | 19,2 | 17,0 | – | 16,4	2,34	10/2023	www.pcgh.de/preis/1920159
Deepcool FK120	Ca. € 12,-	1936 U/min	4-Pin PWM/28 cm	50,8 | 48,2 | 46,1 | 44,0 | 41,2 | 39,9	22,1 | 20,3 | 19,1 | 16,5 | 14,8 | 14,4	2,34	10/2023	www.pcgh.de/preis/2731342
Arctic P12 Max	Ca. € 8,-	3420 U/min	4-Pin PWM/43 cm	– | 55,0 | 49,7 | 44,7 | 41,2 | 35,3	– | 24,6 | 21,8 | 17,8 | 15,1 | 12,0	2,57	10/2023	www.pcgh.de/preis/2902291
Alpenföhn Jetstream	Ca. € 17,-	1640 U/min	4-Pin PWM/45 cm	55,8 | 51,5 | 49,7 | 45,1 | – | 41,3	26,9 | 24,5 | 20,7 | 18,0 | – | 16,3	2,71	10/2023	www.pcgh.de/preis/2939420
Seasonic Magflow	Ca. € 28,-	2037 U/min	4-Pin PWM/70 cm	55,9 | 51,8 | 48,2 | 45,1 | 41,9 | 40,1	26,6 | 26,1 | 23,7 | 18,1 | 15,5 | 14,4	2,79	10/2023	www.pcgh.de/preis/2875269
Sharkoon Silent Storm	Ca. € 11,-	1345 U/min	4-Pin PWM/46 cm	55,2 | 52,1 | 49,4 | 46,2 | – | 45,7	24,9 | 23,5 | 21,6 | 19,4 | – | 18,7	3,02	10/2023	www.pcgh.de/preis/2727353
Corsair QX120	Ca. € 50,-	–	Proprietär/–	59,0 | 55,9 | 51,7 | 48,5 | 44,2 | 41,1	27,7 | 23,8 | 21,3 | 19,7 | 17,1 | 15,0	3,21	10/2023	www.pcgh.de/preis/2976271
Gelid Stella	Ca. € 14,-	1640 U/min	4-Pin PWM/52 cm	63,1 | 55,4 | 50,2 | 46,1 | – | 45,0	31,8 | 28,1 | 25,4 | 21,7 | 18,4 | 18,2	3,35	10/2023	www.pcgh.de/preis/2470305

*Temperaturdifferenz CPU/Luft, niedriger ist besser, Wärmequelle: 10900K (120 W TDP) **Auf Alphacool-Nexxxos-ST30-120-mm-Radiator, Temperaturdifferenz Wasser/Luft, niedriger ist besser, Wärmequelle: 12900K (200 W TDP)

Lüfter (altes Testsystem)

120-mm-Lüfter	Preis	Anschluss/Kabellänge	Regelung	Drehzahl 100%	Kühlleistung*	Lautheit	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Noctua NF-A12x25 PWM	Ca. € 29,-	4-Pin PWM/52 cm	Spannungsadapter	2.000 U/min	7,9/10,1/15,0 Kelvin	1,8/0,7/0,1 Sone	1,83	09/2018	www.pcgh.de/preis/1813140
Noiseblocker Eloop B12-PS	Ca. € 22,-	4-Pin PWM/75 cm	–	1.500 U/min	10,9/14,1/19,0 Kelvin	0,7/0,1/0,1 Sone	2,35	09/2018	www.pcgh.de/preis/820091
Arctic P12 PWM PST Black	Ca. € 9,-	4-Pin PWM/39 cm	–	1.800 U/min	9,8/13,0/17,8 Kelvin	1,5/0,4/0,1 Sone	2,43	06/2020	www.pcgh.de/preis/1920159 PCGH
140-mm-Lüfter	**Preis**	**Anschluss/Kabellänge**	**Regelung**	**Drehzahl 100%**	**Kühlleistung***	**Lautheit**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Noiseblocker Eloop X B14X-P-BL	Ca. € 35,-	4-Pin PWM/75 cm	–	1.500 U/min	6,6/8,4/12,0 Kelvin	2,2/0,9/0,1 Sone	1,94	01/2020	www.pcgh.de/preis/2191788
Noiseblocker Eloop B14-PS	Ca. € 28,-	4-Pin PWM/75 cm	–	1.200 U/min	8,8/11,0/15,2 Kelvin	1,1/0,2/0,1 Sone	2,01	10/2018	www.pcgh.de/preis/1313838
Noctua NF-A14 FLX	Ca. € 26,-	3-Pin/53 cm	2 Spannungsadapt.	1.200 U/min	9,5/12,0/16,9 Kelvin	0,9/0,2/0,1 Sone	2,21	10/2018	www.pcgh.de/preis/870798
Arctic P14	Ca. € 7,-	3-Pin/40 cm	–	1.700 U/min	7,4/9,5/13,9 Kelvin	1,5/0,5/0,1 Sone	2,28	01/2020	www.pcgh.de/preis/1920528 PCGH
Silverstone SST-FQ141	Ca. € 11,-	4-Pin PWM/29 cm	Spannungsadapter	1.000 U/min	10,3/12,9/17,6 Kelvin	0,9/0,2/0,1 Sone	2,36	10/2018	www.pcgh.de/preis/1170330
Noiseblocker Black Silent Pro PK-2	Ca. € 15,-	3-Pin/75 cm	–	1.200 U/min	10,2/12,8/18,1 Kelvin	1,1/0,3/0,1 Sone	2,37	10/2018	www.pcgh.de/preis/476867
Be Quiet Shadow Wings 2 Wh. PWM	Ca. € 16,-	4-Pin PWM/51 cm	–	900 U/min	11,5/14,6/20,6 Kelvin	0,3/0,1/0,1 Sone	2,53	01/2020	www.pcgh.de/preis/2119064
Noctua NF-A14 Ind.-PPC-2000 PWM	Ca. € 31,-	4-Pin PWM/40 cm	–	2.000 U/min	6,9/8,1/11,8 Kelvin	4,0/1,6/0,4 Sone	2,78	10/2018	www.pcgh.de/preis/1115473
Be Quiet Pure Wings 2 140mm	Ca. € 10,-	3-Pin/45 cm	–	1.000 U/min	11,8/15,6/21,1 Kelvin	0,5/0,1/0,1 Sone	2,89	10/2018	www.pcgh.de/preis/994425

* Auf Alphacool-Nexxxos-XT45-120-/-140-mm-Radiator, Differenztemperatur Wasser/Luft. Wärmequelle: Xeon E5-2687W (150 W TDP).

CPU-Kühler (neues Testsystem)

Produkt	Preis	Maße (B × H × T);Gewicht	Temperaturdelta CPU/Umgebungsluft bei: 0,2|0,3|0,5|1,0|2,0 Sone	Temperaturdelta/Lautheit unter Vollast	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Cooler Master Masterair MA824	Ca. € 110,-	166 × 151 × 162 mm; 1485,4 g	38,9|37,3|35,5|34,4|32,9 Kelvin	32,5 Kelvin/2,6 Sone	1,34	01/2024	www.pcgh.de/preis/2976519 NEU
Be Quiet Dark Rock Elite	Ca. € 110,-	168 × 136 × 145 mm; 1339,3 g	38,6|37,7|36,6|35,6|34,6 Kelvin	34,2 Kelvin/2,7 Sone	1,37	01/2024	www.pcgh.de/preis/3038733 NEU
Noctua NH-D15	Ca. € 110,-	168 × 150 × 161 mm; 1318,6 g	39,4|38,7|37,4|36,0|35,0 Kelvin	34,3 Kelvin/3,0 Sone	1,43	01/2024	www.pcgh.de/preis/1098241 NEU
Deepcool Assassin IV	Ca. € 100,-	144 × 147 × 164 mm; 1390,6 g	40,5|40,1|38,3|36,3|34,7 Kelvin	33,2 Kelvin/3,7 Sone	1,46	01/2024	www.pcgh.de/preis/2976866 NEU
Be Quiet Dark Rock Pro 5	Ca. € 95,-	168 × 136 × 145 mm; 1287,3 g	39,1|38,4|37,5|36,5|35,4 Kelvin	35,1 Kelvin/2,3 Sone	1,47	01/2024	www.pcgh.de/preis/3038718 NEU
Jonsbo HX7280	Ca. € 80,-	155 × 140 × 160 mm; 1746,6 g	43,2|40,8|38,8|36,6|35,2 Kelvin	33,1 Kelvin/5,9 Sone	1,79	01/2024	www.pcgh.de/preis/2685015 NEU
Montech Metal DT24 Premium	Ca. € 80,-	158 × 124 × 134 mm; 1255,5 g	41,6|41,1|39,7|37,6|36,7 Kelvin	35,5 Kelvin/3,3 Sone	1,82	01/2024	www.pcgh.de/preis/2856404 NEU
Arctic Freezer 34 eSports DUO	Ca. € 40,-	157 × 124 × 103 mm; 745,2 g	42,0|41,2|39,4|38,4|36,8 Kelvin	35,5 Kelvin/2,6 Sone	1,91	01/2024	www.pcgh.de/preis/2183330 NEU
Alpenföhn Brocken 4 Max	Ca. € 80,-	158 × 127 × 129 mm; 1111,7 g	45,8|43,4|41,2|39,4| – Kelvin	37,9 Kelvin/1,9 Sone	2,16	01/2024	www.pcgh.de/preis/2907687 NEU

CPU-Kühler (altes Testsystem)

Produkt	Preis	Maße (B × H × T); Gewicht	CPU-Temp. 1,0 Sone	CPU-Temp., (100/75/50%)	Lautheit (100/75/50%)	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Be Quiet Dark Rock Pro 4	Ca. € 85,-	136 × 163 × 146 mm; 1.150 g	49,8 °C (1.320 U/min)	48,5/51,0/57,7 °C	1,4/0,4/0,1 Sone*	1,81	08/2018	www.pcgh.de/preis/1794846
Noctua NH-D15	Ca. € 110,-	151 × 175 × 162 mm; 1.310 g	49,3 °C (1.110 U/min)	47,5/49,9/53,8 °C	2,7/0,9/0,1 Sone	1,86	08/2018	www.pcgh.de/preis/1098241
Noctua NH-U12A	Ca. € 120,-	127 × 159 × 113 mm; 1.150 g	50,3 °C (1.500 U/min)	48,4/50,7/56,7 °C	2,4/0,8/0,1 Sone	1,87	05/2019	www.pcgh.de/preis/2015118
Noctua NH-U14S	Ca. € 90,-	152 × 166 × 80 mm; 938 g	49,4 °C (1.220 U/min)	47,9/50,8/57,1 °C	1,7/0,7/0,1 Sone	1,88	08/2018	www.pcgh.de/preis/929404
Thermalright Le Grand Macho RT	Ca. € 60,-	150 × 162 × 148 mm; 1.110 g	50,1 °C (1.280 U/min)	50,1/52,8/59,1 °C	1,0/0,2/0,1 Sone	1,92	08/2018	www.pcgh.de/preis/1442034 PCGH
Be Quiet Dark Rock 4	Ca. € 70,-	136 × 162 × 96 mm; 910 g	50,6 °C (1.260 U/min)	50,1/53,1/62,8 °C	1,3/0,4/0,1 Sone*	2,10	08/2018	www.pcgh.de/preis/1794867
Be Quiet Pure Rock 2	Ca. € 34,-	132 × 154 × 89 mm; 620 g	51,7 °C (1.410 U/min)	50,4/53,9/63,1 °C	1,5/0,5/0,1 Sone	2,17	10/2020	www.pcgh.de/preis/2279763 PCGH
Noctua NH-U12S chromax.black	Ca. € 90,-	144 × 157 × 89 mm; 750 g	53,6 °C (1.260 U/min)	52,2/56,1/65,7 °C	1,4/0,6/0,1 Sone	2,20	10/2020	www.pcgh.de/preis/2152745
Enermax ETS-T50 Axe Silent Edition	Ca. € 43,-	142 × 164 × 110 mm; 940 g	Nicht mögl. (max. 0,8 Sone)	54,0/58,8/68,6 °C	0,8/0,3/0,1 Sone	2,46	05/2019	www.pcgh.de/preis/1960640
Be Quiet Dark Rock Slim	Ca. € 60,-	127 × 161 × 71 mm; 620 g	Nicht mögl. (max. 0,8 Sone)	55,1/58,4/66,5 °C	0,8/0,3/0,1 Sone	2,48	12/2019	www.pcgh.de/preis/2045242
Be Quiet Shadow Rock TF2	Ca. € 55,-	137 × 112 × 167 mm; 730 g	53,8 °C (1.280 U/min)	52,8/56,1/66,6 °C	1,2/0,4/0,1 Sone	2,71	05/2018	www.pcgh.de/preis/1629017
Thermalright True Spirit 120 Direct	Ca. € 36,-	129 × 143 × 70 mm; 470 g	56,4 °C (1.280 U/min)	56,4/60,4/66,4 °C	1,0/0,3/0,1 Sone*	2,80	05/2018	www.pcgh.de/preis/1676633

* Messung mit analoger Ansteuerung. Bei PWM-Ansteuerung gegebenenfalls zusätzliche Störgeräusche.

Einkaufsführer Wasserkühlung & Mainboards

Preise: Stand 14.12.2023

PCGH PREIS-LEISTUNGS-TIPP PCGH SPAR-TIPP

Kompaktwasserkühlungen

Produkt	Preis	Radiator (B × H × D)	CPU-Temp. 1,0 Sone	CPU-Temp. (100/75/50 %)	Lauth. (100/75/50 %/Pumpe)	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
PCGH Arctic Liquid Freezer II 240	Ca. € 75,-	278 × 120 × 64 mm	45,7 °C (1.530 U/min)	44,6/46,5/51,7 °C	2,0/0,6/0,1/0,1 Sone	1,64	01/2020	www.pcgh.de/preis/2152684
Alphacool Eisbaer 240	Ca. € 120,-	274 × 124 × 55 mm	49,5 °C (1.080 U/min)	47,2/48,5/52,2 °C	3,3/1,6/0,6/0,1 Sone	1,84	12/2018	www.pcgh.de/preis/758311939
Alphacool Eisbaer 240 LT	Ca. € 110,-	271 × 120 × 51 mm	50,8 °C (1.080 U/min)	47,9/50,2/53,4 °C	3,0/1,3/0,4/0,1 Sone	1,88	12/2018	www.pcgh.de/preis/1774559
Cooler Master Master Liquid ML240L V2 RGB	N. verfüg.	276 × 120 × 55 mm	48,6 °C (1.280 U/min)	45,7/48,0/52,7 °C	3,0/1,3/0,4/0,1 Sone	1,89	02/2021	www.pcgh.de/preis/2242706
Alphacool Eisbaer Aurora 240	Ca. € 130,-	276 × 124 × 55 mm	53,5 °C (1.330 U/min)	49,2/52,5/57,1 °C	3,2/1,4/0,3/0,1 Sone	1,92	02/2021	www.pcgh.de/preis/2218605

Temperatur- und Lautheitsmessungen entsprechen Luftkühlern, aber das Benotungssystem weicht ab. Wertung nicht vergleichbar!

Mainboards für AMD- und Intel-Prozessoren, diverse Sockel

Sockel AM4 (mit Ryzen 3000/5000)	Preis	IOH/ Format	PCI-E CPU (4.0. APUs 3.0) & IOH (X570: 4.0; B550: 3.0)	M.2-Anbindung	Audio-Codec	USB extern/intern 3.2 | 3.1 | 3.0 | 2.0	Lüfter (PWM)	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Asus Crosshair VIII Dark Hero	N. verfüg.	X570/ATX	×16*/×0* & ×1/×4	2× 4.0×4	S1220	0/0 | 8/1 | 4/2 | 0/4	8 (8×)	2,05	06/2021	www.pcgh.de/preis/2413242
Asus X570-Plus WiFi	N. verfüg.	X570/ATX	×16 & ×1/×4/×1	2× 4.0×4	S1200A	0/0 | 3/0 | 4/2 | 0/4	6 (6×)	2,11	02/2020	www.pcgh.de/preis/2079100
Asus Crosshair VIII Hero WiFi	N. verfüg.	X570/ATX	×16*/×0* & ×1/×4	2× 4.0×4	S1220	0/0 | 8/1 | 4/2 | 0/4	8 (8×)	2,12	03/2020	www.pcgh.de/preis/2079085
PCGH Asrock B550 Steel Legend	Ca. € 170,-	B550/ATX	×16 & ×1/×4/×1	4.0×4; 3.0×2**	ALC1220	0/0 | 2/0 | 2/3 | 4/4	7 (7×)	2,21	09/2020	www.pcgh.de/preis/2295849
Asrock X570 Taichi	Ca. € 300,-	X570/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×4*	2× 4.0×4; 4.0×0*	ALC1220	0/0 | 2/1 | 6/2 | 0/5	6 (6×)	2,25	03/2020	www.pcgh.de/preis/2078228
Asus TUF B550M-Plus	Ca. € 130,-	B550/µATX	×16 & ×1/×4	4.0×4; 3.0×4	S1200A	0/0 | 2/0 | 4/2 | 2/4	4 (4×)	2,39	03/2021	www.pcgh.de/preis/2295451
MSI B550 Tomahawk	Ca. € 150,-	B550/ATX	×16 & ×0*/×4*/4*	4.0×4; 3.0×0*	ALC1200	0/0 | 2/0 | 2/3 | 2/4	8 (8×)	2,45	09/2020	www.pcgh.de/preis/2294990
Asrock B550M-ITX/ac	Ca. € 130,-	B550/ITX	×16	4.0×4	ALC887	0/0 | 0/0 | 4/2 | 2/2	3 (3×)	2,51	03/2021	www.pcgh.de/preis/2299233
Asrock X570 Pro4	Ca. € 170,-	X570/ATX	×16 & ×1/×4/×1	2× 4.0×4	ALC1200	0/0 | 2/0 | 6/4 | 0/3	5 (5×)	2,52	02/2020	www.pcgh.de/preis/2089825
MSI B550-A Pro	Ca. € 120,-	B550/ATX	×16 & ×1/×4*/×1	4.0×4; 3.0×0*	ALC892	0/0 | 2/0 | 2/3 | 4/4	8 (8×)	2,56	03/2021	www.pcgh.de/preis/2295021
Gigabyte B550 Aorus Elite V2	Ca. € 130,-	B550/ATX	×16 & ×2/×1/×1	4.0×4; 3.0×4	ALC1200	0/0 | 2/0 | 3/3 | 2/4	5 (5×)	2,68	06/2021	www.pcgh.de/preis/2420565
PCGH Asrock B550M Pro4	Ca. € 100,-	B550/µATX	×16 & ×1/×4	4.0×4; 3.0×2**	ALC1200	0/0 | 2/0 | 4/4 | 2/4	6 (6×)	2,87	03/2021	www.pcgh.de/preis/2298943
Sockel AM5	**Preis**	**IOH/Form.**	**PCI-E CPU (5.0) & IOH (4.0)**	**M.2-Anbindung**	**Audio**	**3.2 | 3.1 | 3.0 | 2.0**	**Lüfter**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Gigabyte B650E Aorus Master	Ca. € 400,-	B650/ATX	×16* & ×4/×2	2× 5.0×4; 2× 5.0×0*	ALC1220	0/1 | 5/0 | 4/2 | 4/4	10 (10×)	1,60	02/2023	www.pcgh.de/preis/2824250
Gigabyte X670E Aorus Xtreme	Ca. € 710,-	X670/E-ATX	×16* & ×4/×2(3.0)	2× 5.0×4; 2× 5.0×0*	ALC1220	1/1 | 7/0 | 0/4 | 4/4	10 (10×)	1,75	12/2022	www.pcgh.de/preis/2791717
PCGH Asrock X670E PG Lightning	Ca. € 270,-	X670/ATX	×16/×4(4.0) & ×1/×1	5.0×4; 4.0×4; 3.0×4; 4.0×2	ALC897	1/1 | 1/0 | 6/4 | 4/4	6 (6×)	1,79	12/2022	www.pcgh.de/preis/2812512
Asus B650E-F Gaming WiFi	Ca. € 290,-	B650/ATX	×16 & ×1/×1/×4*	5.0×4; 4.0×4; 4.0×4*	ALC4080	1/0 | 3/1 | 4/2 | 4/4	7 (7×)	1,81	02/2023	www.pcgh.de/preis/2824307
Asus TUF B650-Plus	Ca. € 210,-	B650/ATX	×16(4.0) & ×1/×4*/×1	5.0×4; 4.0×4; 4.0×4*	S1200A	1/0 | 3/0 | 0/3 | 4/4	7 (7×)	1,84	02/2023	www.pcgh.de/preis/2824312
NZXT N7 B650E	Ca. € 340,-	B650/ATX	×16 & ×2/×2	5.0×4; 4.0×4; 4.0×2	ALC1220	0/1 | 3/0 | 4/4 | 2/6	7 (7×)	1,91	03/2023	www.pcgh.de/preis/2825886
MSI X670E Ace	Ca. € 820,-	X670/E-ATX	×16*/×0*/×4(alternativ: 2. USB 3.2)	1× 5.0×4; 3× 4.0×4	ALC4082	1/1 | 9/1 | 0/4 | 0/4	8 (8×)	1,91	12/2022	www.pcgh.de/preis/2791720
Asrock B650E PG Riptide WiFi	Ca. € 240,-	B650/ATX	×16/×4(3.0; 4.0 teilw. möglich) & ×1	5.0×4; 4.0×4; 3.0×2	ALC897	0/1 | 2/0 | 2/2 | 6/3	6 (6×)	1,92	02/2023	www.pcgh.de/preis/2824283
PCGH Asrock B650 PG Lightning	Ca. € 180,-	B650/ATX	×16(4.0) & ×1/×2/×1	5.0×4; 4.0×4; 4.0×2	ALC897	1/0 | 0/1 | 7/2 | 4/4	6 (6×)	2,00	03/2023	www.pcgh.de/preis/2824293
Asus Crosshair X670E Hero	Ca. € 640,-	X670/ATX	×16*/×0* & ×1	2× 5.0×4; 2× 4.0×4	ALC4082	1/1 | 11/0 | 0/4 | 0/6	8 (8×)	2,05	12/2022	www.pcgh.de/preis/2791726
MSI Pro B650-P WiFi	Ca. € 210,-	B650/ATX	×16(4.0) & ×1(3.0)/×4/×1(3.0)	2× 4.0×4	ALC897	1/0 | 3/1 | 4/2 | 0/4	6 (6×)	2,06	05/2023	www.pcgh.de/preis/2824301
MSI B650 Tomahawk WiFi	Ca. € 210,-	B650/ATX	×16(4.0) & ×2*/×1(3.0)	2× 4.0×4; 4.0×2*	ALC4080	1/0 | 3/1 | 4/2 | 2/4	8 (8×)	2,06	03/2023	www.pcgh.de/preis/2824300
Asrock B650M PG Riptide	Ca. € 170,-	B650/µATX	×16(4.0) & ×1(3.0)/×1(3.0)/×4	5.0×4; 4.0×4	ALC897	0/0 | 2/0 | 2/5 | 4/4	5 (5×)	2,35	05/2023	www.pcgh.de/preis/2824297
Asus Prime B650-Plus	Ca. € 180,-	B650/ATX	×16(4.0) & ×1/×4/×1	5.0×4; 4.0×4	ALC897	0/0 | 4/0 | 2/3 | 2/4	6 (6×)	2,74	05/2023	www.pcgh.de/preis/2825939
Asus TUF A620M-Plus	Ca. € 130,-	A620/µATX	×16(4.0) & ×1(3.0)/×1(3.0)	2× 4.0×4	ALC897	0/0 | 0/0 | 2/3 | 4/4	3 (3×)	2,92	08/2023	www.pcgh.de/preis/2924749
Gigabyte A620M Gaming X	Ca. € 120,-	A620/µATX	×16(4.0) & ×1(3.0)	4.0×4	ALC897	0/0 | 1/0 | 3/3 | 2/2	3 (3×)	2,95	08/2023	www.pcgh.de/preis/2924907
Sockel 1700	**Preis**	**IOH/Form.**	**PCI-E CPU (5.0) & IOH (3.0)**	**M.2-Anbindung**	**Audio**	**3.2 | 3.1 | 3.0 | 2.0**	**Lüfter**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Gigabyte Z690 Aorus Master	N. verfüg.	Z690/E-ATX	×16 & ×4*/×4	3× 4.0×4; ×4**; 3.0×0*	ALC1220	1/1 | 6/0 | 4/4 | 0/4	10 (10×)	1,57	08/2022	www.pcgh.de/preis/2625065
Gigabyte Z690 UD	N. verfüg.	Z690/ATX	×16 & ×1/×1/×1/×4	3× 4.0×4	ALC897	1/0 | 1/1 | 4/2 | 4/4	6 (6×)	1,84	07/2022	www.pcgh.de/preis/2625167
Asus Maximus Z690 Hero	Ca. € 540,-	Z690/ATX	×16*/×0* & ×4+4(4.0)	2× 4.0×4; 1× 3.0×4	ALC4082	0/1 | 9/0 | 0/4 | 2/4	8 (8×)	1,85	08/2022	www.pcgh.de/preis/2625493
Gigabyte Z790 Aorus Master	Ca. € 530,-	Z790/ATX	×16* & ×1/×4(4.0 teilw. möglich)	4× 4.0×4; 1× 5.0×0*	ALC1220	2/1 | 8/0 | 4/4 | 0/4	8 (8×)	1,94	01/2023	www.pcgh.de/preis/2819886
Asus Z790-E Gaming WiFi	Ca. € 720,-	Z790/ATX	×16* & ×4(4.0)/×4(4.0)	4× 4.0×4; 1× 5.0×0*	ALC4080	1/1 | 7/0 | 4/4 | 0/4	8 (8×)	2,00	01/2023	www.pcgh.de/preis/2819890
MSI Z690 Carbon WiFi	N. verfüg.	Z690/ATX	×16*/×0* & ×4	4× 4.0×4; 1× 3.0×4	ALC4080	1/0 | 5/1 | 0/2 | 4/4	8 (8×)	2,01	07/2022	www.pcgh.de/preis/2625610
PCGH MSI Pro Z790-A WiFi	Ca. € 260,-	Z790/ATX	×16 & ×1/×4(4.0)/×1	4× 4.0×4	ALC4080	1/0 | 3/1 | 2/2 | 2/4	8 (8×)	2,14	07/2023	www.pcgh.de/preis/2819915
MSI Z690 Unify	Ca. € 420,-	Z690/ATX	×16*/×0* & ×4	4× 4.0×4; 1× 3.0×4	ALC4080	1/1 | 7/0 | 0/4 | 2/4	8 (8×)	2,23	08/2022	www.pcgh.de/preis/2625601
Asrock Z790 Pro RS	Ca. € 210,-	Z790/ATX	×16 & ×1/×4(4.0)/×1	4× 4.0×4	ALC897	0/1 | 2/0 | 2/4 | 4/4	7 (7×)	2,25	01/2023	www.pcgh.de/preis/2820217
Asus Prime Z790-P WiFi	Ca. € 240,-	Z790/ATX	×16 & ×4(4.0)/×4(4.0)/×1/×4(4.0)	3× 4.0×4	ALC897	1/0 | 1/1 | 2/4 | 4/4	6 (6×)	2,26	07/2023	www.pcgh.de/preis/2819891
Gigabyte Z790 Gaming X	Ca. € 230,-	Z790/ATX	×16 & ×4(4.0)/×4(4.0 teilw. möglich)	3× 4.0×4; 1× 4.0×4**	ALC897	1/0 | 2/1 | 3/2 | 4/4	6 (6×)	2,30	07/2023	www.pcgh.de/preis/2837826
Asus B660-G Gaming WiFi	Ca. € 290,-	B660/µATX	×16 & ×1(4.0)/×1(4.0)/×4	2× 4.0×4	S1220A	1/0 | 1/1 | 3/2 | 4/4	4 (4×)	2,37	07/2022	www.pcgh.de/preis/2660688
Biostar Z790A-Silver	Ca. € 250,-	Z790/ATX	×16 & ×1/×4*(4.0)/×1	2× 4.0×4; 1× 4.0×0*	ALC1220	0/0 | 6/1 | 0/2 | 2/4	6 (6×)	2,46	07/2023	www.pcgh.de/preis/2820770
MSI Z790 Carbon WiFi	Ca. € 400,-	Z790/ATX	×16* & ×1/×4(4.0)	4× 4.0×4; 1× 5.0×0*	ALC4080	1/1 | 7/0 | 2/2 | 0/4	7 (7×)	2,70	01/2023	www.pcgh.de/preis/2819920
Asrock Z790 PG Sonic	Ca. € 240,-	Z790/ATX	×16* & ×4(4.0)/×1	4× 4.0×4; 1× 5.0×0*	ALC897	0/1 | 2/0 | 5/2 | 2/4	7 (7×)	2,71	07/2023	www.pcgh.de/preis/2832384
Asus Z690-Plus WiFi D4	N. verfüg.	Z690/ATX	×16 & ×1/×4/×1/×4	4× 4.0×4	S1200A	1/0 | 2/1 | 5/2 | 0/4	7 (7×)	2,75	08/2022	www.pcgh.de/preis/2625557
Gigabyte Z690 Gam. X DDR4	Ca. € 230,-	Z690/ATX	×16 & ×4/×4	3× 4.0×4; 1× 4.0×4**	ALC1220	1/0 | 2/1 | 3/2 | 4/4	6 (6×)	2,86	08/2022	www.pcgh.de/preis/2625098
MSI Z690 Tomahawk DDR4	N. verfüg.	Z690/ATX	×16 & ×1/×4/×1	3× 4.0×4; 1× 3.0×4	ALC4080	1/0 | 3/1 | 2/2 | 2/4	8 (8×)	2,89	08/2022	www.pcgh.de/preis/2625643
Asus B660M-Plus D4	Ca. € 160,-	B660/µATX	×16 & ×1/×4	2× 4.0×4	ALC897	1/0 | 4/0 | 1/2 | 2/4	6 (6×)	3,25	08/2022	www.pcgh.de/preis/2660683

*PCI-E-Lane-Sharing **Shared mit SATA

Einkaufsführer LCDs & Eingabegeräte

Preise: Stand 14.12.2023

PCGH PREIS-LEISTUNGS-TIPP PCGH SPAR-TIPP

Monitore

Full HD	Preis	Bilddiagonale	Bildfrequenz	Reaktionszeit	Inputlag	Leuchtkraft	Paneltyp	VRR	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich	
Asus TUF VG279QM	Ca. € 300,-	27 Zoll	280 Hertz	3,2 ms	34,9 ms	Bis 419,3 cd/m²	IPS	Freesync	1,60	01/2021	www.pcgh.de/preis/2210749	
Asus ROG PG259QNR	Ca. € 900,-	24,5 Zoll	360 Hertz	2,6 ms	9,5 ms	Bis 432,8 cd/m²	IPS	G-Sync	1,62	Online	www.pcgh.de/preis/2404163	
Asus ROG PG248QP	Ca. € 1.050,-	24,1 Zoll	540 Hertz	3,6 ms	2,1 ms	Bis 453,5 cd/m²	IPS	G-Sync	1,66	Online	www.pcgh.de/preis/3035044	
LG 27GN750-B	Ca. € 310,-	27 Zoll	240 Hertz	4,1 ms	9,6 ms	Bis 409,7 cd/m²	IPS	Freesync	1,84	01/2021	www.pcgh.de/preis/2202082	
WQHD	**Preis**	**Bilddiagonale**	**Bildfrequenz**	**Reaktionszeit**	**Inputlag**	**Leuchtkraft**	**Paneltyp**	**VRR**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**	
Gigabyte M32Q	Ca. € 500,-	31,5 Zoll	170 Hertz	3,2 ms	9,3 ms	53,6 bis 316,2 cd/m²	IPS	Freesync	1,53	11/2021	www.pcgh.de/preis/2524671	
MSI Optix MAG274QRFD	Ca. € 350,-	27 Zoll	170 Hertz	4 ms	8,9 ms	65,1 bis 379 cd/m²	IPS	Freesync	1,57	11/2021	www.pcgh.de/preis/2452244	PCGH
LG Ultragear 32GP850	Ca. € 390,-	31,5 Zoll	180 Hertz	3,2 ms	1,5 ms	66,3 bis 403,9 cd/m²	IPS	Freesync	1,63	Online	www.pcgh.de/preis/2513135	
Asus TUF VG27AQ	N. Verf.	27 Zoll	165 Hertz	7,3 ms	9 ms	151 bis 405,8 cd/m²	IPS	Freesync	1,74	06/2020	www.pcgh.de/preis/2112120	PCGH
Iiyama GB3271QSU-B1	Ca. € 350,-	31,5 Zoll	165 Hertz	6,4 ms	24 ms	40,6 bis 395,1 cd/m²	IPS	Freesync	1,77	11/2021	www.pcgh.de/preis/2535409	
Ultra HD („4K")	**Preis**	**Bilddiagonale**	**Bildfrequenz**	**Reaktionszeit**	**Inputlag**	**Leuchtkraft**	**Paneltyp**	**VRR**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**	
Samsung Od. Neo G8	Ca. € 1.200,-	32 Zoll	240 Hertz	3,7 ms	3,1 ms	13,2 bis 330,5 cd/m²	VA	Freesync	1,62	02/2023	www.pcgh.de/preis/2748275	
Gigabyte M32U	Ca. € 770,-	31,5 Zoll	144 Hertz	4,3 ms	8,1 ms	55,6 bis 383,6 cd/m²	IPS	Freesync	1,66	01/2022	www.pcgh.de/preis/2599266	PCGH
Asus TUF VG28UQL1A	Ca. € 640,-	28 Zoll	144 Hertz	3,3 ms	9,4 ms	70,6 bis 337,6 cd/m²	IPS	Freesync	1,68	01/2022	www.pcgh.de/preis/2596721	
Corsair Xen. 32UHD144	Ca. € 1.150,-	32 Zoll	144 Hertz	5,7 ms	1,6 ms	93,3 bis 448,3 cd/m²	IPS	Freesync	1,69	01/2023	www.pcgh.de/preis/2772794	
Asus OLED PG42UQ	Ca. € 1.500,-	41,5 Zoll	138 Hertz	0,1 ms	25,8 ms	15,7 bis 352,8 cd/m²	OLED	Freesync	1,80	Online	www.pcgh.de/preis/2797313	
MSI Optix MPG321UR	Ca. € 950,-	32 Zoll	144 Hertz	5,4 ms	28,5 ms	109 bis 369,4 cd/m²	IPS	Freesync	1,82	07/2022	www.pcgh.de/preis/2638540	
Ultrawide	**Preis**	**Bilddiagonale**	**Bildfrequenz**	**Reaktionszeit**	**Inputlag**	**Leuchtkraft**	**Paneltyp**	**VRR**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**	
LG Ultragear 45GR95QE	Ca. € 1.330,-	45 Zoll	240 Hertz	0,1 ms	2,1 ms	13,5 bis 406,2 cd/m²	OLED	Freesync	1,64	07/2023	www.pcgh.de/preis/2885317	
Dell Alienw. AW3423DW	Ca. € 1.300,-	34 Zoll	175 Hertz	0,1 ms	15,1 ms	27,6 bis 257,8 cd/m²	OLED	G-Sync	1,80	07/2023	www.pcgh.de/preis/2695205	
LC-Power LC-M34-C-V3	Ca. € 290,-	34 Zoll	100 Hertz	6,5 ms	12,7 ms	74,8 bis 342,1 cd/m²	VA	Freesync	1,81	Online	www.pcgh.de/preis/2748847	PCGH
LG UltraGear 38GN950-B	Ca. € 1.250,-	34 Zoll	160 Hertz	4,7 ms	9,2 ms	70,6 bis 438 cd/m²	IPS	Freesync	1,81	04/2021	www.pcgh.de/preis/2302705	

Mäuse

Modell	Preis	Kabellänge	Tasten	Abtastung	Auflösung	Gewicht	Ergonomie	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich	
Razer Basilisk V3 Pro	Ca. € 150,-	Schnurlos	8 + Vier-Wege-Scrollrad	Optisch (LED)	30.000 Dpi	112 Gramm	Sehr gut	1,06	11/2022	www.pcgh.de/preis/2797003	
Razer Viper Ultimate	Ca. € 110,-	Schnurlos	7 + Scrollrad	Optisch (LED)	20.000 Dpi	74 Gramm	Sehr gut	1,12	02/2020	www.pcgh.de/preis/2160846	
Razer Basilisk Ultimate	Ca. € 90,-	Schnurlos	8 + Vier-Wege-Scrollrad	Optisch (LED)	20.000 Dpi	107 Gramm	Sehr gut	1,12	02/2020	www.pcgh.de/preis/2172850	PCGH
Razer Basilisk V3	Ca. € 55,-	210 cm	8 + Vier-Wege-Scrollrad	Optisch (LED)	26.000 Dpi	101 Gramm	Sehr gut	1,13	11/2021	www.pcgh.de/preis/2597543	PCGH
Roccat Kone XP Air	Ca. € 135,-	Schnurlos	10 + Vier-Wege-Scrollrad	Optisch (LED)	19.000 Dpi	99 Gramm	Sehr gut	1,13	04/2023	www.pcgh.de/preis/2776774	
Razer Deathadder V2 Pro	Ca. € 90,-	Schnurlos	7 + Scrollrad	Optisch (LED)	20.000 Dpi	88 Gramm	Sehr gut	1,15	04/2021	www.pcgh.de/preis/2379242	
Logitech G502 X Plus	Ca. € 130,-	Schnurlos	9 + Vier-Wege-Scrollrad	Optisch (LED)	25.600 Dpi	106 Gramm	Sehr gut	1,16	01/2023	www.pcgh.de/preis/2801356	
Razer Cobra Pro	Ca. € 130,-	Schnurlos	7 + Scrollrad	Optisch (LED)	30.000 Dpi	77 Gramm	Sehr gut	1,16	01/2024	www.pcgh.de/preis/2976258	
Razer Viper 8K	Ca. € 60,-	210 cm	7 + Scrollrad	Optisch (LED)	20.000 Dpi	71 Gramm	Sehr gut	1,19	02/2020	www.pcgh.de/preis/2465047	
Roccat Kone XP	Ca. € 60,-	180 cm	10 + Vier-Wege-Scrollrad	Optisch (LED)	19.000 Dpi	135 Gramm	Sehr gut	1,20	05/2022	www.pcgh.de/preis/2687669	
Razer Viper V2 Pro	Ca. € 130,-	Schnurlos	5 + Scrollrad	Optisch (LED)	16.000 Dpi	58 Gramm	Sehr gut	1,20	09/2022	www.pcgh.de/preis/2731773	

Tastaturen

Nicht mechanisch	Preis	Beleuchtung	Anschlüsse	Handballenablage	Zusatztasten	Makro/Speicher	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich	
Razer Ornata V3 Chroma	Ca. € 60,-	RGB, 10 Zonen	–	Ja (abnehmbar)	4 Multimediatasten	Ja/ja (k. A.)	1,57	Online	www.pcgh.de/preis/2759660	PCGH
Razer Cynosa V2	Ca. € 60,-	RGB-Einzeltastenbel.	–	Nein	4 + 2-Wege-Schalter	Ja/ja (k. A.)	1,65	01/2022	www.pcgh.de/preis/2339845	
Corsair K57	Ca. € 100,-	RGB-Einzeltastenbel.	–	Ja (abnehmbar)	16	Ja/ja (k. A.)	1,67	04/2020	www.pcgh.de/preis/2117378	
Steelseries Apex 3	Ca. € 75,-	Voll, RGB-Farbraum	–	Ja (abnehmbar)	1 + Lautstärkenrad	Ja/ja (drei Profile)	1,74	07/2020	www.pcgh.de/preis/2221888	
Sharkoon Skiller SGK5	Ca. € 35,-	Voll, RGB-Farbraum	–	Ja (abnehmbar)	18 + zwei Drehräder	Ja/ja (drei Profile)	1,80	07/2020	www.pcgh.de/preis/2176206	PCGH
Mechanisch	**Preis**	**Beleuchtung**	**Anschlüsse**	**Schalter (getestet)**	**Schalter (verfüg.)**	**Makro/Speicher**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**	
Steelseries Apex Pro	Ca. € 190,-	RGB-Einzeltastenbel.	1 × USB 3.0	Steelseries Omnipoint	Steelseries Omnipoint	Ja/ja (k. A.)	1,16	12/2019	www.pcgh.de/preis/2067586	PCGH
Montain Everest Max	Ca. € 260,-	RGB-Einzeltastenbel.	1 × USB 2.0	MX RGB Silent Red	Alles Cherry MX RGB	Ja/ja (k. A.)	1,16	03/2021	www.pcgh.de/preis/2479469	
Asus ROG Claymore II	Ca. € 210,-	RGB-Einzeltastenbel.	2 × USB 2.0	Asus ROG RX Red opt.	Asus ROG RX Red/Blue	Ja/ja (k. A.)	1,17	06/2021	www.pcgh.de/preis/2527723	
Razer Black Widow V4 Pro	Ca. € 240,-	RGB-Einzeltastenbel.	1 × USB 2.0	Razer mechan. Yellow	Razer mechan. Green	Ja/ja (k. A.)	1,18	04/2023	www.pcgh.de/preis/2900208	
Corsair K100 Air Wireless	Ca. € 290,-	RGB-Einzeltastenbel.	Schnurlos (2 Modi)	Cherry MX ULP Tactile	Cherry MX ULP Tactile	Ja/ja (8 MB)	1,18	12/2022	www.pcgh.de/preis/2818184	
Razer Deathstalker V2 Pro	Ca. € 200,-	RGB-Einzeltastenbel.	Schnurlos (2 Modi)	Low Profile Optical	Low Profile Optical	Ja/ja (k.A.)	1,18	02/2023	www.pcgh.de/preis/2775959	
Asus ROG Strix Flare II Animate	Ca. € 220,-	RGB-Einzeltastenbel.	1 × USB 2.0	Asus ROG NX Red	Asus ROG NX Red	Ja/ja (k.A.)	1,18	02/2023	www.pcgh.de/preis/2665350	
Razer Huntsman V2 Analog	Ca. € 195,-	RGB-Einzeltastenbel.	1 × USB 3.0	Razer Analog Optical	Razer Analog Optical	Ja/ja (k.A.)	1,19	06/2021	www.pcgh.de/preis/2465972	
Corsair K100 RGB	Ca. € 240,-	RGB-Einzeltastenbel.	1 × USB 2.0	Corsair OPX (optisch)	MX Speed RGB Silver	Ja/ja (8 MB)	1,22	12/2020	www.pcgh.de/preis/2387270	
Corsair K70 Max	Ca. € 210,-	RGB-Einzeltastenbel.	Keine	Corsair MGX Switches	Corsair MGX Switches	Ja/ja (8 MB)	1,26	11/2023	www.pcgh.de/preis/3000397	
MSI Vigor GK71 Sonic	Ca. € 125,-	RGB-Einzeltastenbel.	Keine	Kailh (MSI) Sonic Red	Kailh (MSI) Sonic Blue	Ja/ja (k.A.)	1,29	08/2023	www.pcgh.de/preis/2796976	PCGH

Einkaufsführer SSDs & Festplatten

Preise: Stand 14.12.2023

PCGH PREIS-LEISTUNGS-TIPP PCGH SPAR-TIPP

Solid State Drives

PCI-Express 5.0	Preis	Kapazität bin./dez.	Transfer R/W AS-SSD	Kopieren 10/120 GiB	Herstellergarantie	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Crucial T700	Ca. € 350,-	1863 GiB/2000 GB	8523/9296 MB/s	14 Sek., 33 Sek.	5 Jahre/1200 TB	1,42*	07/2023	www.pcgh.de/preis/2934163
Seagate Firecuda SSD 540	Ca. € 330,-	1863 GiB/2000 GB	7317/9157 MB/s	16 Sek., 45 Sek.	5 Jahre/2000 TB	1,44*	Online	www.pcgh.de/preis/2974796
Gigabyte Aorus Gen5 10000 SSD	Ca. € 325,-	1863 GiB/2000 GB	7316/9100 MB/s	17 Sek., 43 Sek.	5 Jahre/1400 TB	1,47*	05/2023	www.pcgh.de/preis/2893731
PCI-Express 4.0	**Preis**	**Kapazität bin./dez.**	**Transfer R/W AS-SSD**	**Kopieren 10/120 GiB**	**Herstellergarantie**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
PCGH Corsair MP600 Pro XT	Ca. € 145.-	1.863 GiB/2.000 GB	3366/5801 MB/s	32,7 Sek., 61,4 Sek.	5 Jahre/ 1400 TB	1,33	Online	www.pcgh.de/preis/2598363
Seagate Firecuda 530	Ca. € 150,-	1.863 GiB/2.000 GB	3197/5777 MB/s	35 Sek., 64 Sek.	5 Jahre/2.550 TB	1,34	04/2022	www.pcgh.de/preis/2551049
Corsair MP600 Pro	Ca. € 140,-	1.863 GiB/2.000 GB	3304/5837 MB/s	33,9 Sek., 68,1 Sek.	5 Jahre/ 1400 TB	1,35	05/2021	www.pcgh.de/preis/2465260
Western Digital WD Black SN850X	Ca. € 420,-	1.863 GiB/2.000 GB	3470/5070 MB/s	33 Sek., 68,8 Sek.	5 Jahre/ 600 TB	1,40	02/2021	www.pcgh.de/preis/2401297
Adata Gammix S70	N. Verf.	931 GiB/1.000 GB	3553/5243 MB/s	40,1 Sek., 67,9 Sek.	5 Jahre/ 740 TB	1,41	05/2021	www.pcgh.de/preis/2447888
Samsung SSD 980 Pro	Ca. € 80,-	931 GiB/1.000 GB	3206/3721 MB/s	36,2 Sek., 107 Sek.	5 Jahre/ 600 TB	1,48	pcgh.de	www.pcgh.de/preis/2361123
Gigabyte Aorus NVMe Gen4 SSD	Ca. € 130,-	1.907 GiB/2.048 GB	2484/3977 MB/s	34 Sek., 88,4 Sek.	5 Jahre/ 3600 TB	1,45	12/2019	www.pcgh.de/preis/2094099
Patriot Viper VP4100	Ca. € 245,-	954 GiB/1.024 GB	2398/3917 MB/s	34 Sek., 82 Sek.	5 Jahre/ 1800 TB	1,46	12/2019	www.pcgh.de/preis/2138062
Corsair MP600	Ca. € 140,-	931 GiB/1.024 GB	2138/3908 MB/s	32 Sek., 90 Sek.	5 Jahre/ 1800 TB	1,48	12/2019	www.pcgh.de/preis/2080861
Adata Legend 960	Ca. € 80,-	954 GiB/1024 GB	5799/5514 MB/s	23 Sek., 66 Sek.	5 Jahre/780 TB	1,65*	05/2023	www.pcgh.de/preis/2791615
HP SSD EX950	Ca. € 260,-	1.863 GiB/2.000 GB	2105/2728 MB/s	41,1 Sek., 120 Sek.	5 Jahre/ 1400 TB	1,66	05/2021	www.pcgh.de/preis/2014541
Lexar NM800 Pro	Ca. € 80,-	1.907 GiB/2048 GB	5975/5408 MB/s	18 Sek., 63 Sek.	5 Jahre/2000 TB	1,57*	05/2023	www.pcgh.de/preis/2842856
Lexar NM710	Ca. € 100,-	1.907 GiB/2048 GB	4077/4006 MB/s	20 Sek., 68,3 Sek.	5 Jahre/1200 TB	1,70*	Online	www.pcgh.de/preis/2891626
Solidigm P44 Pro	Ca. € 95,-	954 GiB/1024 GB	6020/5689 MB/s	37 Sek., 63 Sek.	5 Jahre/750 TB	1,71*	05/2023	www.pcgh.de/preis/2845166
Western Digital WD Blue SN580	Ca. € 50,-	931 GiB/1000 GB	2948/3349 MB/s	20 Sek., 62 Sek.	5 Jahre/600 TB	1,73*	10/2023	www.pcgh.de/preis/2975634
PCI-Express 3.0	**Preis**	**Kapazität bin./dez.**	**Transfer R/W AS-SSD**	**Kopieren 10/120 GiB**	**Herstellergarantie**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Western Digital WD Black AN1500	Ca. € 450,-	1.863 GiB/2.000 GB	3249/4164 MB/s	37,1 Sek., 80,9 Sek.	5 Jahre/ 800 TB	1,45	05/2021	www.pcgh.de/preis/2405831
Gigabyte AORUS RAID SSD	N. Verf.	1.863 GiB/2.000 GB	2161/2937 MB/s	34,5 Sek., 100 Sek.	5 Jahre/ 2800 TB	1,58	06/2020	www.pcgh.de/preis/2319620
PNY CS3030	Ca. € 155,-	954 GiB/1.024 GB	2118/2894 MB/s	45,2 Sek., 207 Sek.	5 Jahre/ 1665 TB	1,64	05/2021	www.pcgh.de/preis/1991316
HP SSD EX950	Ca. € 260,-	1.863 GiB/2.000 GB	2105/2728 MB/s	41,1 Sek., 120 Sek.	5 Jahre/ 1400 TB	1,66	05/2021	www.pcgh.de/preis/2014541
Western Digital WD Black SN750	Ca. € 130,-	954 GiB/1.024 GB	2082/2140 MB/s	37 Sek., 105 Sek.	5 Jahre/ 600 TB	1,66	12/2019	www.pcgh.de/preis/1969746
Samsung SSD 970 Evo Plus	Ca. € 70,-	931 GiB/1.000 GB	2008/2798 MB/s	34 Sek., 168 Sek.	5 Jahre/ 600 TB	1,69	pcgh.de	www.pcgh.de/preis/1972735
Samsung SSD 980	Ca. € 65,-	931 GiB/1.000 GB	2130/2314 MB/s	42 Sek., 101 Sek.	5 Jahre/ 600 TB	1,70	05/2021	www.pcgh.de/preis/2485468
LC Power Phenom Pro	N. Verf.	954 GiB/1.024 GB	2043/2873 MB/s	37,4 Sek., 130 Sek.	5 Jahre/ - TB	1,72	pcgh.de	www.pcgh.de/preis/2366291
Corsair MP400	Ca. € 585,-	3.815 GiB/4.096 GB	2334/2769 MB/s	37,1 Sek., 114 Sek.	5 Jahre/ 800 TB	1,72	05/2021	www.pcgh.de/preis/2378650
Lexar NM620	Ca. € 90,-	1.907 GiB/2.048 GB	2772/2415 MB/s	24 Sek., 96 Sek.	5 Jahre/1000, TB	1,74*	Online	www.pcgh.de/preis/2661656
Kingston KC2500	N. Verf.	931 GiB/1.000 GB	2232/2662 MB/s	36,1 Sek., 113 Sek.	5 Jahre/ 600 TB	1,76	10/2020	www.pcgh.de/preis/2279821
Adata XPG S40G	Ca. € 60,-	954 GiB/1.024 GB	2328/1729 MB/s	42,6 Sek., 99,4 Sek.	5 Jahre/ 640 TB	1,76	10/2020	www.pcgh.de/preis/2087602
Patriot Viper VPR100	Ca. € 130,-	954 GiB/1.024 GB	2321/2851 MB/s	37,2 Sek., 206 Sek.	5 Jahre/ 1600 TB	1,77	10/2020	www.pcgh.de/preis/2202135
Crucial P5 SSD	Ca. € 150,-	931 GiB/1.000 GB	2199/2942 MB/s	39,7 Sek., 372 Sek.	5 Jahre/ 600 TB	1,77	10/2020	www.pcgh.de/preis/2287918
Toshiba/Kioxia RC500	N. Verf	466 GiB/500 GB	1371/1563 MB/s	35,4 Sek., 277 Sek.	5 Jahre/ 200 TB	1,83	pcgh.de	www.pcgh.de/preis/2166240
Adata XPG Spectrix S20G	Ca. € 60,-	931 GiB/1.000 GB	1703/1697 MB/s	44,9 Sek., 186 Sek.	5 Jahre/ 600 TB	1,86	05/2021	www.pcgh.de/preis/2455908
Silicon Power P34A60	Ca. € 60,-	954 GiB/1.024 GB	1505/1545 MB/s	44,5 Sek., 170 Sek.	5 Jahre/ 600 TB	1,89	pcgh.de	www.pcgh.de/preis/2196810
Kioxia Exceria SSD	Ca. € 55,-	931 GiB/1.000 GB	1372/1590 MB/s	39 Sek., 430 Sek.	5 Jahre/ 400 TB	1,95	10/2020	www.pcgh.de/preis/2273340
Western Digital WD Blue SN550	Ca. € 60,-	466 GiB/500 GB	1811/1743 MB/s	52,6 Sek., 322 Sek.	3 Jahre/ 1600 TB	2,00	pcgh.de	www.pcgh.de/preis/2195073
SATA III 6 GBit/s	**Preis**	**Kapazität bin./dez.**	**Transfer R/W AS-SSD**	**Kopieren 10/120 GiB**	**Herstellergarantie**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Crucial MX500	Ca. € 60,-	931 GiB/1.000 GB	445/459 MB/s	73 Sek., 472 Sek.	5 Jahre/ 360 TB	2,04	07/2018	www.pcgh.de/preis/1745357
Samsung SSD 870 Evo	Ca. € 250,-	3.725 GiB/4.000 GB	550/486 MB/s	66,9 Sek., 482 Sek.	5 Jahre/ 2400 TB	2,14	05/2021	www.pcgh.de/preis/2458832
Crucial MX500	Ca. € 35,-	466 GiB/500 GB	445/475 MB/s	72 Sek., 473 Sek.	5 Jahre/ 180 TB	2,15	07/2018	www.pcgh.de/preis/1745351
Teamgroup T-For. Delta MAX RGB SSD	Ca. € 85,-	466 GiB/500 GB	483/448 MB/s	78,7 Sek., 512 Sek.	5 Jahre/ 120 TB	2,21	01/2020	www.pcgh.de/preis/2123067
PCGH Patriot P210	Ca. € 95,-	1.907 GiB/2.048 GB	490/429 MB/s	83,6 Sek., 544 Sek.	3 Jahre	2,43	10/2020	www.pcgh.de/preis/2325311
Kioxia Exceria SATA SSD	Ca. € 90,-	894 GiB/960 GB	433/447 MB/s	107 Sek., 308 Sek.	3 Jahre/ 240 TB	2,46	10/2020	www.pcgh.de/preis/2273348
Samsung SSD 870 QVO	Ca. € 670,-	7.451 GiB/8.000 GB	489/457 MB/s	119 Sek., 972 Sek.	3 Jahre/ 2880 TB	2,51	pcgh.de	www.pcgh.de/preis/2307522

*Neues Test- und Wertungssystem mit PCI Express 5.0

Festplatten (3,5 Zoll)

	Preis	Kapazität bin./dez.	U/min	Lautheit Leerl./Zugr.	Zugriffszeit L/S*	Transfer L/S*	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Seagate Ironwolf NAS HDD, 16 TB	N. Verf.	14.901 GiB/16.000 GB	7.200	0,2/0,4 Sone	11,8/5,3 ms	208/209 MB/s	1,62	09/2019	www.pcgh.de/preis/2068671
Seagate Barracuda Pro, 14 TB	N. Verf.	13.039 GiB/14.000 GB	7.200	0,1/1,4 Sone	14,2/5,9 ms	201/200 MB/s	1,66	04/2019	www.pcgh.de/preis/1870922
Seagate Ironwolf NAS HDD, 10 TB	Ca. € 320,-	9.313 GiB/10.000 GB	7.200	0,6/1,1 Sone	14,8/7,23 ms	188/186 MB/s	1,81	06/2017	www.pcgh.de/preis/1479598
Western Digital Black, 6 TB	Ca. € 260,-	5.586 GiB/6.000 GB	7.200	0,5/1,1 Sone	12,4/1,4 ms	179/177 MB/s	1,83	04/2019	www.pcgh.de/preis/1758104
Toshiba X300, 10 TB	Ca. € 245,-	9.313 GiB/10.000 GB	7.200	0,6/1,0 Sone	13,5/5,4 ms	192/185 MB/s	1,91	04/2019	www.pcgh.de/preis/1802069
Toshiba N300, 10 TB	Ca. € 220,-	9.313 GiB/10.000 GB	7.200	0,5/0,8 Sone	13,7/5,4 ms	190/183 MB/s	1,93	04/2019	www.pcgh.de/preis/1802075
Toshiba N300, 6 TB	Ca. € 230,-	5.586 GiB/6.000 GB	7.200	1,1/1,6 Sone	12,0/13,4 ms	167/163 MB/s	1,90	06/2017	www.pcgh.de/preis/1562775

* L/S: Lesen und Schreiben

Einkaufsführer Gehäuse, Netzteile & Sound

Preise: Stand 14.12.2023

PCGH PREIS-LEISTUNGS-TIPP PCGH SPAR-TIPP

Gehäuse

Midi-Gehäuse (altes Testsystem)	Format, Volumen	Preis	Lüfterplätze	Enthaltene Lüfter	Lautheit frontal/schräg*	(CPU/GPU/ Innenraum)*	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Fractal Design Define 7	Midi-Tower, 62,2 L	Ca. € 170,-	8× 140 mm, 9× 120 mm	3× 140 mm	1,2/1,2 Sone	65/71/42 °C	1,82	08/2020	www.pcgh.de/preis/2239825
Lian Li Lancool II Mesh Perf.	Midi-Tower, 54,1 L	Ca. € 120,-	5× 140 mm, 1× 120 mm	2× 140 mm, 1× 120 mm	2,0/2,1 Sone	61/71/34 °C	2,26	02/2021	www.pcgh.de/preis/2672592
Montech Air 1000 Premium	Midi-Tower, 45,3 L	Ca. € 75,-	5× 140 mm, 3× 120 mm	3× 140 mm, 1× 120 mm	2,4/2,2 Sone	63/71/41 °C	2,37	01/2022	www.pcgh.de/preis/2876728 PCGH

* System: Intel Core i7-6700K, Asus Z170I, Gigabyte Geforce GTX 1070 OC Edition, 16 GiB DDR4-2133-RAM, Thermalright AXP-100, Seasonic Focus+ Gold PCGH-Edition 550 W, Umgebungstemperatur: 24 °C. Altes Wertungssystem der PCGH 02/2017.

Midi- und Big-Tower (neues Testsystem)	Format, Volumen	Preis	Radiator-Kombination	Enthaltene Lüfter	Lautheit frontal/schräg*	(CPU/GPU/ Innenraum)*	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Be Quiet Dark Base Pro 901	Big-Tower, 87,1 L	Ca. € 275,-	Sehr gut (420/360/140)	3× 140 mm	1,8/1,6 Sone	70/64/42 °C	1,33	09/2023	www.pcgh.de/preis/2966228
Asus ROG Hyperion GR701	Big-Tower, 112,9 L	Ca. € 385,-	Sehr gut (420/420/360/140)	4× 140 mm	1,9/2,0 Sone	69/64/43 °C	1,48	09/2023	www.pcgh.de/preis/2905415
Be Quiet Shadow Ba. 800 FX	Midi-Tower, 70,9 L	Ca. € 170,-	Sehr gut (420/420/120)	4× 140 mm	2,0/1,7 Sone	68/62/43 °C	1,49	11/2023	www.pcgh.de/preis/3005959
Be Quiet Pure Base 500 FX	Midi-Tower, 48,3 L	Ca. € 125,-	Gut (360/240/140)	3× 120 mm, 1× 140 mm	2,2/2,0 Sone	64/64/40 °C	1,74	07/2023	www.pcgh.de/preis/2774026 PCGH
Montech Sky Two	Midi-Tower, 45,3 L	Ca. € 105,-	Befriedigend (360/120)	4× 120 mm	1,8/2,2 Sone	70/66/44 °C	1,93	07/2023	www.pcgh.de/preis/2867380
Cooler Master HAF 500	Midi-Tower, 58,9 L	Ca. € 105,-	Sehr gut (360/360/120)	2× 200 mm, 2× 120 mm	2,3/2,2 Sone	70/63/43 °C	2,03	07/2023	www.pcgh.de/preis/2666390
LC-Power 804B Obsession X	Midi-Tower, 45,8 L	Ca. € 65,-	Sehr gut (360/360/120)	3× 140 mm, 1× 120 mm	2,3/2,4 Sone	71/65/46 °C	2,16	07/2023	www.pcgh.de/preis/2795943 PCGH
Fractal North TG	Midi-Tower, 44,9 L	Ca. € 140,-	Gut (360/240/140)	2× 140 mm	2,7/2,3 Sone	72/64/45 °C	2,34	11/2023	www.pcgh.de/preis/2861682
NZXT H5 Elite	Midi-Tower, 47,0 L	Ca. € 120,-	Befriedigend (280/240/120)	2× 140 mm, 1× 120 mm	2,2/2,5 Sone	76/67/48 °C	2,35	07/2023	www.pcgh.de/preis/2837891
Fractal Pop Air RGB	Midi-Tower, 46,0 L	Ca. € 85,-	Befriedigend (280/240/120)	3× 120 mm	2,7/2,2 Sone	73/65/46 °C	2,40	07/2023	www.pcgh.de/preis/2760718

* System: Intel Core i7-12700K (PL1/2: 160 W), MSI MEG Z690 Unify, Asus TUF RTX 3080 12G, 32 GiB DDR5-5600 Corsair Vengeance, Scythe Fuma 2 Rev. B, Seasonic Focus PX-850 (ohne Hybrid-Modus). Umgebungstemperatur: 22 °C. Neues Test-/Wertungssystem ab Midi-Tower der PCGH 07/2023 (altes und neues Verfahren nicht direkt vergleichbar). Angegeben sind die gewichteten Temperaturen des Szenario 1 mit normierten Gehäuse-Lüftern auf 1,2 Sone. Mehr Details im vollwertigen Test.

Mini-Gehäuse (Mini-ITX)	Format, Volumen	Preis	Lüfterplätze	Enthaltene Lüfter	Lautheit frontal/schräg**	(CPU/GPU/Innenraum)**	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Cooler Master NR200P	Mini-ITX, 20,3 L	Ca. € 80,-	4× 120 mm, 2× 140 mm	2× 120 mm	3,0/3,2 Sone	71/66/41 °C	2,08	09/2022	www.pcgh.de/preis/2330820 PCGH
Jonsplus i100 Pro	Mini-ITX, 25,9 L	Ca. € 90,-	3× 120 mm, 3× 120/2× 140 mm	–	2,6/2,8 Sone	75/67/48 °C	2,21	09/2022	www.pcgh.de/Jonspli100Pro
Hyte Revolt 3	Mini-ITX, 18,4 L	Ca. € 120,-	2× 140 mm	–	2,2/2,8 Sone	70/67/45 °C	2,33	09/2022	www.pcgh.de/preis/2676698

** System: Intel Core i7-12700K (PL1/2: 160 W), Asus ROG Strix B660-i, Asus TUF RTX 3080 12G,32 GiB DDR5-5600 Corsair Vengeance, Alphacool Eisbaer LT 240, Seasonic Focus SGX-750 (SFX). Umgebungstemperatur: 24 °C. Temperatur- und Lautheitswerte unter Spielelast mit Standard-Lüftersteuerung, weitere Werte und Details im entsprechenden Test einsehbar. Neues Test-/Wertungssystem für Mini-Gehäuse der PCGH 09/2022 (altes und neues Verfahren nicht direkt vergleichbar).

Netzteile (mit ATX 3.0)

1.000 Watt als Vergleichsbasis	Preis	PCI-E-8-Pol | 12VHPWR | ATX-Mainboard*	80 Plus	Lautheit**	Effizienz***	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Asus ROG Strix 1000G Aura Gaming	Ca. € 220,-	4× (67,5 cm) | 600 W (66,5 cm) | 59,5 cm	Gold	0/0/0/0,2/0,6 Sone	87/91/93/91 %	1,22	09/2023	www.pcgh.de/preis/2863233
Corsair HX1000i 2023	Ca. € 210,-	4× (75,5 cm) | 450 W (64,5 cm) | 64,0 cm	Platinum	0/0/0,1/0,6/2,3 Sone	90/93/94/91 %	1,22	01/2024	www.pcgh.de/preis/2949218
FSP Hydro Ti Pro	Ca. € 280,-	5× (78,0 cm) | 600 W (69,5 cm) | 58,0 cm	Titanum	0/0/0/0,2–3,0/0,3 Sone	92/95/95/93 %	1,22	01/2024	www.pcgh.de/preis/2948284
MSI MPG A1000G PCIE5	Ca. € 185,-	6× (73,5 cm) | 600 W (60,0 cm) | 60,5 cm	Gold	0/0/0,1/1,1/2,8 Sone	88/92/93/90 %	1,28	09/2023	www.pcgh.de/preis/2815736
Corsair RM1000x Shift	Ca. € 190,-	7× (72,5 cm) | 450 W (64,0 cm) | 60,5 cm	Gold	0/0/0/0,7/1,9 Sone	87/91/93/90 %	1,35	09/2023	www.pcgh.de/preis/2888904
Enermax Revolution D.F. X	Ca. € 145,-	4× (78,0 cm) | 600 W (60,0 cm) | 64,5 cm	Gold	0/0,7/0,8/1,4/2,8 Sone	92/94/93/90 %	1,40	01/2024	www.pcgh.de/preis/2991120
Thermaltake Toughpower GF3	Ca. € 145,-	4× (63,0 cm) | 450 W (59,5 cm) | 59,5 cm	Gold	0/0/0,1/1,2/4,3 Sone	88/91/92/90 %	1,43	09/2023	www.pcgh.de/preis/2807935
Be Quiet Pure Power 12 M	Ca. € 150,-	4× (61,0 cm) | 600 W (59,5 cm) | 54,5 cm	Gold	0,2/0,2/0,2/0,4/1,7 Sone	89/92/93/90 %	1,51	09/2023	www.pcgh.de/preis/2884016

* Kabellängen mit gemessener „bis zu ca."-Angabe. 12VHPWR-Codierung bei Corsair: 600 W. ** Sone im 50-cm-Abstand zum Lüfter unter gemessener Drehzahl der Laststufen, mit Beachtung des Passivbereichs, unter 10/20/50/80/100 % Last des Netzteils. *** Unter 10/20/50/100 % Last. | Bemerkung: Werte und Kabelausstattung können bei anderen Wattklassen (derselben Serie) abweichen, prüfen Sie daher genau nach. Mehr Infos, Rechner und Hilfestellungen unter www.pcgh.de/netzteile.

Soundkarten

Soundkarten intern	Preis	Kanäle/Abtastrate	DAC/SNR (Kopfhörer)	Kopfhörerverstärker	Dolby Digital Live/DTS Connect	Besonderheiten u. a.	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Creative Sound Blaster AE-9	Ca. € 300,-	Bis 5.1/32 Bit bei 384 kHz	ESS9038/129 dB	Ja, „Xamp"	Ja/ja	Ges. Op-Amps, extern. Modul	1,37	11/2019	Non-PE exkl. bei Creative verfügb.!
Creative Sound Blaster AE-7	Ca. € 175,-	Bis 7.1/32 Bit bei 384 kHz	ESS9018/127 dB	Ja, „Xamp"	Ja/ja	Externes Bedien-Modul	1,51	11/2019	www.pcgh.de/preis/2094469
Creative S. Blaster X AE-5 Plus	Ca. € 115,-	Bis 5.1/32 Bit bei 384 kHz	ES9016K2M/122 dB	Ja, LM4562	Ja/nein	RGB-Beleuchtung	1,98	07/2020	www.pcgh.de/preis/2275083
Soundkarten extern	**Preis**	**Kanäle/Abtastrate**	**DAC/SNR (Kopfhörer)**	**Kopfhörerverstärker**	**Dolby Digital Live/DTS Connect**	**Besonderheiten u. a.**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Creative Sound Blaster X G6	Ca. € 115,-	Bis 7.1/32 Bit bei 384 kHz	CS43131/130 dB	Ja, CS43131	Ja/nein	Auch abseits des PCs nutzbar	1,75	11/2019	www.pcgh.de/preis/1874295
Creative Sound Blaster X3	Ca. € 120,-	Bis 7.1/32 Bit bei 384 kHz	AK4458VN/115 dB	Ja, Dual-Amp	Ja/nein	MAC- und PS4-Support (eing.)	1,80	07/2020	www.pcgh.de/preis/2171277
Asus Xonar U7 MKII	Ca. € 75,-	Bis 7.1/24 Bit bei 192 kHz	CS4398/114 dB	Ja, CS4398	Nein/nein	Mikr.-Lautstärkeregl. am Gerät	2,21	07/2020	www.pcgh.de/preis/1631776 PCGH

Headsets

Headsets	Preis	Anschlussart	Bauart	Gewicht	Impedanz	Surround	Besonderheiten	Wertung	Test in	Preisvergleich
JBL Quantum 910 Wireless	Ca. € 195,-	Funk, BT	Geschlossen, ohrumschließend	420 Gramm	32 Ohm	Ja, virtuell	ANC, Headtracking	1,39	02/2023	www.pcgh.de/preis/2798420
Steelseries Arctis Nova Pro	Ca. € 190,-	USB, Klinke	Geschlossen, ohrumschließend	300 Gramm	32 Ohm	Ja, virtuell	Potente USB-Soundkarte	1,35	02/2023	www.pcgh.de/preis/2740751
Corsair Virtuoso RGB XT	Ca. € 210,-	Funk, USB, BT, Kl	Geschlossen, ohrumschließend	400 Gramm	32 Ohm	Ja, virtuell	BT-Simultanbetrieb, Dolby Atmos	1,47	11/2021	www.pcgh.de/preis/2539487
Asus ROG Delta S	Ca. € 155,-	USB-C	Geschlossen, ohrumschließend	300 Gramm	32 Ohm	Ja, virtuell	ESS 9281 Quad-DAC, MQA-Support	1,48	06/2021	www.pcgh.de/preis/2451557
Beyerdynamic MMX 300	Ca. € 225,-	Klinke	Geschlossen, ohrumschließend	280 Gramm	32 Ohm	Nein	Teile wechselbar, handgefertigt	1,49	03/2017	www.pcgh.de/preis/1557567
Roccat Elo 7.1 Air	Ca. € 75,-	2,4-GHz-Funk	Geschlossen, ohrumschließend	350 Gramm	k.A.	Ja, virtuell	Polster optimiert für Brillenträger	1,64	02/2021	www.pcgh.de/preis/2373722 PCGH
AOC GH200	Ca. € 30,-	Klinke	Geschlossen, ohrumschließend	300 Gramm	32 Ohm	Nein	Sehr gutes Preis-Leistungsverhältn.	1,89	05/2022	www.pcgh.de/preis/2499055 PCGH

FETT!

Zwei DVDs!

PLUS 16 Seiten extra!

Inkl. Top-Vollversion!

PC GAMES – WISSEN, WAS GESPIELT WIRD

WWW.PCGAMES.DE | BEQUEM ONLINE BESTELLEN: SHOP.PCGAMES.DE

Vorschau: 03/2024

Geforce RTX 4000 Super*

Gut informierte Spatzen twittern es mit Inbrunst von den Dächern: Im Januar erwarten uns mehrere neue Geforce-Grafikkarten. Selbstverständlich werden wir sie alle ausführlich testen, damit Sie eine fundierte Kaufentscheidung treffen können.

CPUs für 2024*

Analog zu den GPUs starten wir das neue Jahr mit einer großen Beratung: Welche CPUs sind neuen Spielen gewachsen?

Bild: Patriot

Arbeitsspeicher*

DDR5 hat sich längst zum Standard für neue PCs gemausert. Wir vergleichen in einem großen Test spannende Kits.

Weitere Themen (u. a.)*

Tests: Neue Gehäuse, Headsets und Intel-Mainboards
Praxis: AMD Threadripper gegen Intel Xeon: Duell der Kernmonster

Vollversion:
Castlevania: Anniversary Collection

Die nächste PCGH erscheint am 2. Februar – JETZT IMMER FREITAGS! Abonnenten erhalten das Heft etwas früher.

* Alle Angaben und Termine ohne Gewähr! Es kann aus Aktualitätsgründen zu außerplanmäßigen Änderungen kommen.

COMPUTEC
marquard group

Ein Unternehmen der Marquard Media Group AG
Verleger Jürg Marquard

Verlag Computec Media GmbH
Dr.-Mack-Straße 83, 90762 Fürth
Telefon: 0911/2872-100
leserpost@pcgameshardware.de
www.pcgameshardware.de | www.pcghx.de

Geschäftsführer Christian Müller, Rainer Rosenbusch

Brand/Editorial Director (V.i.S.d.P.) Thilo Bayer (tb), verantwortlich für den redaktionellen Inhalt, Adresse siehe Verlagsanschrift

Leitende Redakteure Raffael Vötter (Print, rv), Andreas Link (Online, al), Manuel Christa (Video, mc), Veronika Maucher (PCGH Ratgeber)
Redaktion Richard Engel (re), Jan Hauck (jh), Oliver Jäger (oj), Felix Kellig (fk), David Ney (dn), Santana Raus (sr), Philipp Reuther (pr), Frank Stöwer (fs), Torsten Vogel (tv)
Mitarbeiter dieser Ausgabe Christian Beck (cb), Tristan Hesser (th), Ralf S. Khan (rsk)
Layout Frank Pfründer (Ltg.), Alexandra Böhm
Layoutkoordination Alexandra Böhm
Titelgestaltung Frank Pfründer
Fotografie Heft tb, mc, re, jh, oj, fk, al, dn, fp, sr, pr, fs, rv, tv, dw
Bildnachweis Sofern nicht anders angegeben: PC Games Hardware
DVD-Produktion Thomas Dziewiszek

Produktion, Vertrieb, Abonnement Martin Closmann (Ltg.), Uwe Hönig
Marketing Jeanette Haag (Ltg.), Simon Schmid

www.pcgameshardware.de

Brand/Editorial Director Thilo Bayer
Redaktion Manuel Christa, Richard Engel, Oliver Jäger, Felix Kellig, Andreas Link, David Ney, Santana Raus, Philipp Reuther, Frank Stöwer, Torsten Vogel, Raffael Vötter
Head of Audience & Content Development Andreas Herzog
Entwicklung Markus Wollny (Ltg.), René Giering, Herbert Haida, Tobias Hartlehnert, Christian Strzelczyk, Christian Zamora
Produktmanagement Aykut Arik
Webdesign Daniel Popa

Anzeigen
CMS Media Services GmbH, Dr.-Mack-Straße 83, 90762 Fürth

Sales Director
Jens-Ole Quiel: Tel.: +49 911 2872-253; jens-ole.quiel@computec.de

Anzeigenberatung Print / Digital
Alto Mair: Tel.: +49 911 2872-144; alto.mair@computec.de
Bernhard Nusser: Tel.: +49 911 2872-254; bernhard.nusser@computec.de

Verantwortlich für den Anzeigenteil
Franziska Behme, Adresse siehe Verlagsanschrift

E-Commerce & Affiliate Daniel Waadt (Head of E-Commerce & Affiliate), Tobias Billmeier, Benjamin Gründken, Frank Stöwer, Maximilian Steffen, Andreas Szedlak, Thomas Szedlak, Stephan Wilke
Creation & Services Wolfgang Fischer (Head of Creation & Services), Jan Weingarten
Corporate Publishing Uwe Hönig (Head of Corporate Publishing)

Anzeigenberatung Online Ströer Digital Media GmbH, Kehrwieder 8-9, 20457 Hamburg
Tel.: +49 40 – 468 567-100
www.stroeer.de, kontakt@stroeer.de

Anzeigendisposition Franziska Behme, Annett Heinze, anzeigen@computec.de
Datenübertragung via E-Mail: anzeigen@computec.de

Es gelten die Mediadaten Nr. 36 (01/2023)

Abonnement – http://abo.pcgameshardware.de
Die Abwicklung (Rechnungsstellung, Zahlungsabwicklung und Versand) erfolgt durch DPV Deutscher Pressevertrieb GmbH als leistender Unternehmer.

Post-Adresse:
Leserservice Computec, 20080 Hamburg, Deutschland
Ansprechpartner für Reklamationen ist Ihr Computec-Team unter:

Deutschland
E-Mail: computec@dpv.de, Tel.: 0911-99399098, Fax: 01805-8618002*
Support: Montag 07:00–20:00 Uhr, Dienstag–Freitag 07:30–20:00 Uhr, Samstag 09:00–14:00 Uhr
* (0,14 €/Min. aus dem dt. Festnetz, max. 0,42 €/Min. aus dem dt. Mobilfunk)

Österreich, Schweiz und weitere Länder:
E-Mail: computec@dpv.de, Tel: +49-911-99399098, Fax: +49-1805-8618002
Support: Montag 07:00–20:00 Uhr, Dienstag–Freitag 07:30–20:00 Uhr, Samstag 09:00–14:00 Uhr

Einzelversand/Nachbestellung
Online: www.pcgh.de/go/shop, E-Mail: computec@dpv.de, Tel.: 0911-99399098 , Fax: 01805-8618002*
* (0,14 €/Min. aus dem dt. Festnetz, max. 0,42 €/Min. aus dem dt. Mobilfunk)

ISSN/Vertriebskennzeichen PC Games Hardware: 1616-6922 / B 53384

Vertrieb: DMV Der Medienvertrieb GmbH & Co. KG, Meßberg 1, 20086 Hamburg, Internet: www.dpv.de
Druck: EDS Zrinyi Zrt., Nádas st. 8., H-2600 Vác Ungarn

COMPUTEC MEDIA ist nicht verantwortlich für die inhaltliche Richtigkeit der Anzeigen und übernimmt keinerlei Verantwortung für in Anzeigen dargestellte Produkte und Dienstleistungen. Die Veröffentlichung von Anzeigen setzt nicht die Billigung der angebotenen Produkte und Service-Leistungen durch COMPUTEC MEDIA voraus. Sollten Sie Beschwerden zu einem unserer Anzeigenkunden, seinen Produkten oder Dienstleistungen haben, möchten wir Sie bitten, uns dies schriftlich mitzuteilen. Schreiben Sie unter Angabe des Magazins, in dem die Anzeige erschienen ist, inkl. der Ausgabe und der Seitennummer an: CMS Media Services GmbH, Franziska Behme, Anschrift siehe oben.

Einsendungen Manuskripte und Programme:
Mit der Einsendung von Manuskripten jeder Art gibt der Verfasser die Zustimmung zur Veröffentlichung in den von der Verlagsgruppe herausgegebenen Publikationen. Urheberrecht: Alle in PCGH veröffentlichten Beiträge bzw. Datenträger sind urheberrechtlich geschützt. Jegliche Reproduktion oder Nutzung bedarf der vorherigen, ausdrücklichen und schriftlichen Genehmigung des Verlags.

marquard group

Deutschland:
4PLAYERS, BUFFED, GAMESWORLD, GAMEZONE, GOLEM, LINUX-COMMUNITY, LINUX-MAGAZIN, LINUXUSER, MAKING GAMES, N-ZONE, GAMES AKTUELL, PC GAMES, PC GAMES HARDWARE, PC GAMES MMORE, PLAY 4, RASPBERRY PI GEEK, VIDEOGAMESZONE

Marquard Media Hungary:
JOY, JOY-NAPOK, INSTYLE, SHOPPIEGO, APA, ÉVA, GYEREKLÉLEK, FAMIILY.HU, RUNNER'S WORLD

NOCH mehr PCGH ?!

AB SOFORT HABEN WIR ZWEI NEUE ANGEBOTE FÜR EUCH:

PCGH +

ALLE WICHTIGEN PCGH-MAGAZIN-ARTIKEL SEIT MAI 2018 IM WEBLAYOUT

KEINE EXTERNE WERBUNG

KEIN USER-TRACKING

MONATS- ODER JAHRESABO AB 4,17 EURO IM MONAT

PCGH PUR

KEINE EXTERNE WERBUNG

KEIN USER-TRACKING

MONATS- ODER JAHRESABO AB 2 EURO IM MONAT

WWW.PCGH.DE/SUPPORT

ANZEIGE

Fractal Design

Define 7 PCGH Edition

Fractal

- Testsieger unter den Midi-Tower-Gehäusen jetzt als PCGH-Edition
- 3 × 140 mm Venturi-HF-Lüfter (3-pin) statt Dynamic-Lüfter
- Lüfter in einer speziellen PCGH-Version mit nur 800 U/min.
- 5,25-Zoll-Halterung vorinstalliert
- Fronttür öffnet standardmäßig nach rechts
- PCGH-Metallaufkleber im Lieferumfang

PCGH
Offizielles PCGH-Produkt

www.pcgh.de/define7