

ct **APPLE- KAUFBERATER**

Tests zu aktuellen iPhones, iPads, Macs & mehr

Was die aktuellen iPhones & iPads taugen

Vom Einstiegs-iPhone bis zum 17 Pro Max
Kamera, Akku, Bildschirm: Was wirklich zählt

Das beste Zubehör für den Apple-Kosmos im Test

Ultrabreite Monitore, Drucker & Speicher
AirPods, Apple Watch, AirTags für unterwegs

Welcher Mac der richtige für Sie ist

MacBook Pro & Air, Mac mini, Mac Studio und iMac im Labor
Vom M3 Ultra bis zum M5: Durchblick im Chip-Wirrwarr

Benchmarks, Messwerte, Vergleiche: Der große Einkaufs-Guide 2025/26

Alle aktuellen Geräte ausführlich im Labor getestet
Preis-Leistung-Check: Es muss nicht immer das Teuerste sein



€ 14,90
CH CHF 27,90
AT € 16,40
LUX € 17,10



Webinar am 3. Dezember

KI am Arbeitsplatz

Richtig eingesetzt kann künstliche Intelligenz bei vielen Aufgaben eine echte Unterstützung sein.

Wir beleuchten anhand konkreter Anwendungen und Szenarien die Möglichkeiten wie auch die potenziellen Hürden.



Jetzt Ticket sichern:

heise-academy.de/webinare/ki-am-arbeitsplatz

Editorial

Liebe Leserin, lieber Leser,

iPhone, iPad und Mac & Co. kosten mehr als viele Produkte der Konkurrenz, sind aber hochwertig und leisten viel. Muss man schon gut Geld investieren, möchte man sich zumindest gut beraten wissen: Welches Modell ist die richtige Wahl? Wo liegen die Unterschiede, und was braucht man wirklich? In diesem c't-Sonderheft gibt Ihnen die Redaktion des Schwestermagazins Mac & i Orientierung.

Im ersten Kapitel erfahren Sie, was die iPhones von 2025 taugen – Achtung, Spoiler: eine ganze Menge. Doch kein Modell vereint alle guten Eigenschaften auf einmal. Unsere Artikel erleichtern Ihnen die Wahl. Bei den Tablets könnten die Unterschiede kaum größer sein: Vom kleinen iPad mini bis zum entspiegelten iPad Pro 13 Zoll mit OLED ist die Auswahl groß.

Sie möchten auf einen neuen Mac umsteigen? Unsere Kaufberatung gibt Ihnen einen Überblick über Vor- und Nachteile sowie geeignete Konfigurationen. Noch mehr zum MacBook Air, MacBook Pro, iMac, Mac mini und dem Mac Studio verraten die Einzeltests.

Stichwort Konfiguration: Statt Apples Upgradepreise zu zahlen, können Sie Ihre Geräte mit externem Zubehör günstiger erweitern. Wir stellen Ihnen geeignete Optionen vor, von 2,5-Zoll-Festplatten über USB-Sticks bis hin zu SD-Karten, die hervorragend mit dem MacBook-Karten-Slot harmonieren. Abgerundet wird das Sonderheft durch Tests von weiterem Zubehör – von der Apple Watch über Monitore bis zu Kopfhörern.

Wir wünschen Ihnen eine angenehme Lektüre – und schon jetzt viel Freude sowie produktives Arbeiten mit Ihren neuen Geräten!



Sebastian Trepesch

Inhalt

DIE NEUEN IPHONES & IPADS

Mit dem iPhone Air hat Apple 2025 eine neue, besonders schlanke Modellreihe vorgestellt. Ob sich der Kauf lohnt oder ob Standard- und Pro-Version die bessere Wahl sind, zeigen unsere Tests.

- 6 iPhones vom Herbst 2025
- 18 Einstiegsgerät iPhone 16e
- 26 iPad 11 mit A16
- 30 iPad Air mit M3
- 36 iPad Pro 13" mit M5
- 42 iPad mini mit A17 Pro

MAC-RECHNER IM TESTLABOR

In aktuellen Macs stecken Chips aus drei Generationen, doch welche ist die richtige? M3, M4, M5 – oder gleich die Pro- oder Ultra-Version? Unsere (Benchmark-)Tests bringen Klarheit.

- 46 Kaufberatung für Mac-Umsteiger
- 56 MacBook Pro mit M4, M4 Pro und M4 Max
- 62 MacBook Pro mit M5
- 68 MacBook Air mit M4
- 72 iMac mit M4-Chip
- 76 Mac mini mit M4
- 80 Mac Studio mit M3 Ultra

SPICHER-BERATUNG

USB-Dualsticks mit A- und C-Stecker eignen sich ideal für den Datenaustausch, externe Festplatten sichern das Backup. Welche Produkte im Test überzeugen, lesen Sie in den Vergleichen.

- 86 Kaufberatung für externe Massenspeicher
- 92 Backup-Festplatten
- 98 Speichersticks mit USB-C und USB-A
- 106 SD-Karten für das MacBook Pro



APPLE-ZUBEHÖR AUF DEM PRÜFSTAND

Im großen Vergleichstest der Over-Ear-Kopfhörer ist für fast jedes Ohr etwas dabei. Oder steht die Anschaffung eines guten Bildschirms oder Druckers an?

- 112 Apple Watches 2025
- 118 AirPods Pro 3
- 122 AirPods 4
- 128 Powerbeats Pro 2
- 132 11 Over-Ear-Kopfhörer im Test
- 144 Lautsprecher Beats Pill
- 148 Ultrabreite Displays
- 158 Scan-Druck-Kopierer
- 168 AirTags und andere Tracker

ZUM HEFT

- 3 Editorial
- 147 Impressum
- 178 Vorschau c't Ratgeber PC-Hardware

c't APPLE-KAUFBERATER
Tests zu aktuellen iPhones, iPads, Macs & mehr

Was die aktuellen iPhones & iPads taugen
Vom Einstiegs-iPhone bis zum 17 Pro Max
Kamera, Akku, Bildschirm: Was wirklich zählt
6, 18

Das beste Zubehör für den Apple-Kosmos im Test
Ultrabreite Monitore, Drucker & Speicher
AirPods, Apple Watch, AirTags für unterwegs
148, 158, 86
112, 118, 122, 168

Welcher Mac der richtige für Sie ist
MacBook Pro & Air, Mac mini, Mac Studio und iMac im Labor
Vom M3 Ultra bis zum M5: Durchblick im Chip-Wirrwarr
56
46

Benchmarks, Messwerte, Vergleiche: Der große Einkaufs-Guide 2025/26
Alle aktuellen Geräte ausführlich im Labor getestet
Preis-Leistung-Check: Es muss nicht immer das Teuerste sein
6, 46, 86, 112

iPhones vom Herbst 2025

Apple hat mit dem iPhone 17 ein deutlich aufgewertetes Basismodell, ein sehr dünnes iPhone Air und zwei Pro-Versionen mit komplett neuem Gehäuse vorgestellt. Der Test verrät, wie viel die Neuerungen bringen und wo sich die Modelle unterscheiden.

Von **Johannes Schuster** und **Sebastian Trepesch**



Beginnen wir mit dem iPhone 17 – es hat zwar nicht die interessantesten, dafür allerdings die meisten Verbesserungen spendiert bekommen und wurde preislich attraktiver. Geblieben sind die Farben Schwarz und Weiß, während Pink, Blaugrün und Ultramarin durch Nebelblau, Salbei und Lavendel abgelöst wurden. Das vom grundsätzlichen Design unveränderte Aluminiumgehäuse ist nun 2 Millimeter höher, 0,1 mm weniger breit und 0,15 mm dicker. Das Gewicht stieg etwas, von 170 auf 177 Gramm.

120-Hertz-Display für das einfache iPhone

Für ein besseres Display mussten iPhone-Käufer in den letzten Jahren stets zur teuren Pro-Reihe greifen, das ändert sich jetzt. Erstmals bekommt das Basismodell iPhone 17 ein ProMotion-Display mit variabler Bildwiederholfrequenz. Bei schnellen Bildwechseln oder beim Scrollen dreht es auf bis zu 120 Hertz hoch, bei der Videowiedergabe oder statischen Inhalten auf bis zu 10 Hz herunter. Letzteres spart Strom gegenüber den vorher starren 60 Hz. Außerdem beherrscht das iPhone 17 nun den Always-On-Modus mit 1 Hz, der bei Inaktivität oder der dauerhaften Uhrenanzeige „Standby“ zum Einsatz kommt. Die kurzfristige maximale Helligkeit an der Sonne verbesserte sich laut Datenblatt von 2000 auf 3000 Nits (gleichzusetzen mit Candela/m²), bei HDR-Inhalten liegt sie punktuell bei 1600 Nits und im Regelbetrieb bei 1000 Nits. Mit unserem kalibrierten Leuchtdichtemessgerät haben wir regulär 838 Nits, mit HDR 1407 Nits und bei starker Sonneneinstrahlung sowie eingeschalteter Auto-Helligkeit 2620 Nits gemessen.

Zusätzlich hat Apple das OLED-Display mit DCI-P3-Farbraum und Dynamic Island von 6,1 auf 6,3 Zoll Diagonale vergrößert – wie es beim Pro-Modell schon Standard ist. Die Auflösung von 460 dpi blieb gleich, während die Pixelzahl auf 2622 × 1206 stieg – genauso viel wie beim iPhone 16 Pro und 17 Pro. Über dem Glas liegt ein laut Apple verbesserter Keramikschutz. Der Ceramic Shield 2 mit siebenfacher Antireflexbeschichtung soll dreimal bessere Kratzfestigkeit und reduzierte Blendeffekte bieten. In der Praxis spiegelt das Glossy-Display allerdings immer noch stärker als ein handelsüblicher matter Bildschirm.

Es bleibt bei der beim iPhone 15 Pro eingeführten Aktionstaste statt eines Stumm-Schiebers sowie Apples „Camera Control“, die im Deutschen „Kamera-

steuerung“ heißt. In der länglichen Mulde auf der rechten Seite verbirgt sich unter Saphirglas eine Kombination aus physischem Schalter zum Klicken, einem Drucksensor für unterschiedlich starkes Pressen und einem kapazitiven Sensor für Wischgesten. Mit einem Klick öffnet man schnell die Kamera-App, mit einem zweiten Klick schießt man ein Foto oder man nimmt ein Video durch Gedrückthalten auf. Eine neue Vorschau hilft Anwendern beim Festlegen der Optionen. Leichtes Drücken öffnet die Einstellungen für den Bildausschnitt (Zoom), mit zweimal leichtem Drücken kommt man zu anderen Parametern wie Belichtung und Tiefe. Durch Ziehen mit dem Finger verschiebt man den jeweiligen Regler. Die Taptic Engine gibt bei einigen Aktionen taktiles Feedback durch leichtes Klopfen. Hüllen müssen den Bereich entweder freilassen oder selbst eine geeignete Oberfläche mitbringen. Die Kamerasteuerung lässt sich auch abschalten.

Die USB-C-Buchse bietet weiter nur USB-2.0-Geschwindigkeit, aber man kann jetzt mit einem geeigneten Power-Delivery-Netzteil ab 40 Watt den Akku noch schneller laden, und zwar von 0 auf 50 Prozent in 20 (statt 30) Minuten. Apple bietet hierfür – zunächst leider nicht in der EU – einen neuen „40 Watt Dynamic Power Adapter“ mit 60 Watt Maximum an. Im Test haben wir eine Ladeleistung von bis zu 38 Watt gemessen. Mit einem starken Ladegerät von Anker schafften wir nach 20 Minuten 51 Prozent und nach 76 Minuten 100 Prozent. Auch das Laden per MagSafe ist schneller geworden und benötigt 30 Minuten bis 50 Prozent Füllstand mit einem 30-Watt-Netzteil und einem geeigneten Ladepuck.

48-MP-Ultraweitwinkel für das iPhone 17

Wie schon das iPhone 16 Pro besitzt das iPhone 17 nun einen Sensor mit 48 statt 12 Megapixeln auch für die Ultraweitwinkelkamera, der feinste Details festhält – auch bei Makrofotos. Mit der 13-Millimeter-Brennweite lassen sich beeindruckende Bilder schießen, dank Nachtmodus auch im Dunklen. Bei unseren

Wie die Vorgänger besitzen die neuen iPhones wieder die Kamerasteuerung zum schnellen Einstellen.





Bild: Sebastian Treposch

Alle passen drauf: Die neue Frontkamera kann Ausrichtung und Bildausschnitt automatisch ändern.

Testaufnahmen zur Blauen Stunde wurde allerdings deutlich, dass es weiterhin nicht ganz an die Qualität der Hauptkamera herankommt.

Bei der 48-MP-Hauptkamera erhält man wie bisher die doppelte Zoomstufe, wenn man mit einem Bild mit lediglich 12 Megapixeln vorliebnimmt. Die Kamera verwendet dafür nur die inneren Pixel des Sensors. Apple nennt das „Fusion Kamera“. Diese Funktion gibt es seit dem iPhone 14 Pro und nützt im Fotoalltag.

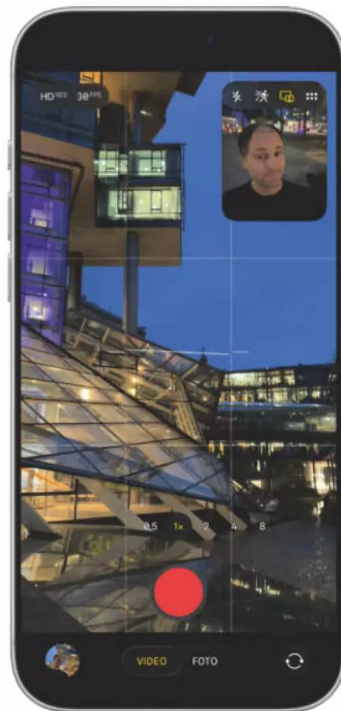
Die Frontkamera trägt jetzt den Namen „Center Stage“ und kommt erstmals mit einem quadratischen Sensor daher, der 18 statt 12 Megapixel besitzt, und mit einem Objektiv, das einen größeren Winkel erfasst. Man muss jetzt das iPhone nicht mehr drehen, um ein Selfie im Querformat zu machen. Bei Gruppenfotos nutzt die Kamera KI, um das Sichtfeld automatisch anzupassen, wenn weitere Personen hinzutreten. Sie kann auch vom Hoch- ins Querformat wechseln, damit alle mit auf das Bild kommen. Im Test klappte beides gut, und mit der Hand darf man immer eingreifen: Die Kamera-App zeigt sowohl einen Button, um die Ausrichtung zu ändern, als auch

einen für den Bildausschnitt. Die Funktion ist praktischer, als es zunächst klingt: Bei FaceTime-Telefonaten passt die Kamera das Videofenster der Geräteausrichtung des Gesprächspartners an. Und bisher musste man bei Selfies mit mehreren Personen für das Querformat das iPhone drehen, dann vielleicht noch umgreifen, um nicht die Kamera zu verdecken, und erst dann konnte man auslösen. Das erübrigt sich nun – der quadratische Bildsensor macht's möglich. Mit vollem Bildwinkel werden die Personen an den Bildrändern allerdings zwangsläufig leicht verzerrt dargestellt, dem Weitwinkel von 20 Millimetern geschuldet.

Die Dateien beinhalten 7 bis 18 Megapixel, der Bildeindruck war auf den ersten Blick gut. Doch unsere Testszene im Labor – nicht unbedingt das klassische Motiv einer Selfiekamera – gelang dem iPhone 16 schärfer als dem 17. Das 17er zeigte zudem viele Artefakte. In der Praxis blieb eine Enttäuschung aber aus: Die Fotos des neuen Gerätes wirkten gefälliger, weil weniger überschärft, die Farben minimal kräftiger. Hauptargument für die neue Frontkamera bleiben jedenfalls die automatische Ausrichtung und das Zoomen.

Auch bei Anrufen mit FaceTime oder geeigneten Apps anderer Anbieter sorgt die automatische Ausrichtung von Center Stage dafür, dass Personen im Sichtfeld bleiben und das Bild stabilisiert wird. Bei Videos wird der größere Sensor mit seiner gesamten Fläche für die elektronische Entwicklung verwendet.

Erstmals können iPhones mit der vorinstallierten Kamera-App mit der Front- und der Rückkamera gleichzeitig und in 4K-Auflösung aufzeichnen. Man sieht also den Filmenden in einem kleinen Fenster und auch das, was er sieht. Die Dual-Capture-Aufnahmen werden zusammengeführt und als ein Video gespeichert. Das Selfie kann man während der Aufnahme in eine andere Ecke schieben, nicht aber im Nachgang. Bisher war für den Dual-Kamera-Modus eine App



Das iPhone 17 kann bei Videoaufnahmen der Rückkamera das Frontkamerabild einblenden.

wie DoubleTake, DualGram oder camAround2 nötig und die Auflösung auf 1080p beschränkt.

A19-Chip mit KI-Beschleunigern in der GPU

Das iPhone 17 ist mit dem neuen A19-Chip ausgerüstet, der von TSMC in 3-Nanometer-Bauweise – laut Apple der dritten Generation – hergestellt wird. Die CPU bringt wieder vier Effizienz- und zwei Performancekerne mit. Letztere arbeiten aber nun mit 4,25 statt 4,04 GHz. Unsere Tests zeigen eine Leistungssteigerung der CPU um nur 14 Prozent gegenüber dem Vorgänger A18.

Die GPU besitzt weiterhin fünf Kerne, von denen jeder erstmals einen Neural Accelerator besitzt. Diese sollen besonders generative KI-Modelle beschleunigen, die direkt auf dem Gerät ausgeführt werden. Hinzu kommt eine überarbeitete Display-Engine. Die Grafik arbeitete im Test 32 Prozent flotter als die vom A18. KI-Aufgaben wurden um 8 Prozent schneller bewältigt – allerdings berücksichtigt der von uns gewählte Benchmark-Modus nur die Neural Engine.

Mit dem iPhone 17 führt Apple den N1 ein. Der vorwiegend in München selbst entwickelte Chip übernimmt WLAN 7, Bluetooth 6 und Thread. Er soll die Gesamtleistung und Zuverlässigkeit von Features wie Persönlicher Hotspot und AirDrop verbessern, was sich schwer quantifizieren lässt. Die WLAN-Performance im Nahbereich mit Wi-Fi 7 erreichte durchschnittlich knapp 1800 Mbit/s im Down- oder Upload, in Spitzen bis zu 1900 Mbit/s. Das entspricht ungefähr der Leistung des iPhone 16. Das theoretische Maximum liegt brutto weiterhin bei 2600 Mbit/s. Die Akkukapazität beträgt jetzt 14,35 statt 13,84 Wattstunden. Bei eingeregelter 200 Nits konnten wir

Der neue MagSafe-Akku passt in der Größe zum iPhone Air, aber leider nicht in der Farbe.

damit 35,7 Stunden Video schauen, beim iPhone 16 waren es noch 28,3 h.

Die Speicherausstattung hat sich bei gleichem Preis von 949 Euro verdoppelt, mit 512 GByte kostet das einfache iPhone jetzt 1199 statt 1329 Euro. Das iPhone 16 mit 128 GByte verkauft Apple weiter mit einer Preissenkung von 100 Euro. Beim 256-GByte-Vorjahresmodell würde die Reduzierung um 100 Euro zu einem Preis von 979 Euro führen – mehr als der Nachfolger mit gleicher Speicherausstattung kostet. Wohl deshalb hat Apple diese Konfiguration aus dem Verkauf genommen.

Dünnes iPhone Air mit dickem Kameragürtel

Apple bewirbt das neue iPhone Air (ohne 17 im Namen) als „das dünnste iPhone aller Zeiten“. Das betrifft allerdings nur den Hauptteil des Gehäuses, der 5,64 Millimeter dick ist. Das über die Breite gehende Kameraplateau ragt aber daraus hervor und das Objektiv noch ein wenig mehr. Wir haben insgesamt 8,75 respektive 11,3 mm gemessen. In der

Das iPhone Air ist tatsächlich viel dünner als das iPhone 17 dahinter – aber das Kameramodul ragt heraus.

Das Ultraweitwinkel des iPhone 17 (grün) besitzt nun wie dasPro einen Sensor mit 48 Megapixeln. Das Air (weiß) muss mit seiner einzigen Kamera auf der Rückseite auskommen.





Das Crossbody-Band wird mit Schlaufen durch Löcher in der Hülle gefädelt (hier dem Bumper).

Hand liegt das Smartphone nicht kopflastig, auf dem Tisch kippelt es stark.

Ansonsten ist das Air etwas weniger hoch (156,2 statt 160,9 mm) und weniger breit (74,4 statt 77,8 mm) als das iPhone 16 Plus, aber vor allem viel leichter (165 statt 199 Gramm). Das sind 9 Gramm weniger, als das erste randlose iPhone, das X, wog. Als Farben stehen Space Schwarz, Wolkenweiß, Lichtgold und Himmelblau zur Auswahl, was etwas an die Varianten des MacBook Air M4 erinnert.

Um die nötige Verwindungssteifigkeit zu erreichen, setzt Apple auf das robuste Titan für den Rahmen. Durch Polieren spiegelt die Oberfläche. Die Rückseite besteht nicht aus Glas, sondern dem wesentlich kratzfesteren und dünneren Ceramic Shield der ersten Generation. Auf dem Display kommt hingegen auch Ceramic Shield 2 mit siebenlagiger Antireflexbeschichtung zum Einsatz.

Der OLED-Bildschirm mit Dynamic Island misst 6,5 Zoll in der Diagonale und ist damit kleiner als beim iPhone 16 Plus (6,7 Zoll) und beim 17 Pro Max (6,9 Zoll), aber etwas größer als beim iPhone 17 und 17 Pro (6,3 Zoll). Er beherrscht variable Bildwiederholfrequenzen von 1 bis 120 Hertz und leuchtete im Test mit 2580 Nits Spitzenhelligkeit.

Als rückseitige Kamera setzt Apple allein auf das Weitwinkel mit 48-Megapixel-Sensor, das ja auch als 2x-Tele funktioniert, wenn man mit 12-MP-Aufnahmen zufrieden ist. Die Kamera hat eine Brennweite von 26 Millimetern, während es beim Pro- und Standardmodell 24 Millimeter sind. Unsere Testszenarien im Labor nahmen wir mit 1000 Lux, 80 Lux und 0,5 Lux auf – das entspricht in etwa Tageslicht, schummriger Wohnzimmerbeleuchtung und Dunkelheit. Der Bildeindruck der Air-Aufnahmen entsprach denen des Standard- und Pro-iPhones, ebenso dem iPhone 16 Pro. Die Farben glichen sich wie ein Ei dem anderen, Details gaben alle gut wieder. Auch die dunklen 0,5 Lux meisterten die Geräte erfolgreich,

im Fotolabor sehen wir von Smartphones bei voller Auflösung oft schlechtere Ergebnisse. Die gemessene Auflösung ergab bei 48 MP für das Air ebenso für die Hauptkamera des Pro rund 2750 Linienpaare je Bildhöhe – ein sehr guter Wert, den aber auch die letzten Generationen erreichten.

Eine speziell für das iPhone Air entwickelte Image Pipeline im A19 Pro soll Porträts auf dem Niveau von Multikamerasystemen ermöglichen. Die Festlegung der Tiefenunschärfe erfolgt später in der Fotos-App und muss ohne Informationen von LiDAR oder zweiter Kamera auskommen. Im Test ergänzte die App die Unschärfe gut, sogar bei einem Brillenträger. Auf der Vorderseite residiert ebenfalls die neue Center-Stage-Kamera mit 18 MP. Mit den Kameras sind weder räumliche Aufnahmen noch der Kinomodus (unscharfer Hintergrund) möglich.

Abstriche beim A19 Pro, Akku und SIM

Zwar bewirbt Apple beim iPhone Air die Power des A19 Pro, aber identisch mit dem Chip im iPhone 17 Pro ist er nicht: Er verfügt nämlich nur über fünf statt sechs Grafikkerne. Er unterscheidet sich laut dem Vizepräsidenten für Hardwareentwicklung, John Ternus, den wir anlässlich eines Besuchs beim Münchner Entwicklerteam dazu fragen konnten, ansonsten nicht vom Chip im iPhone 17 Pro. Gegenüber dem einfachen A19 bringt der A19 Pro laut Geekbench einen größeren Second-Level-Cache (6 statt 4 MByte) und mehr Speicher (12 statt 8 GByte). Die Taktrate liegt laut Geekbench 6 bei 4,26 GHz. In den Benchmarks lag das iPhone Air denn auch bei CPU, GPU und NPU (KI) zwischen iPhone 17 und iPhone 17 Pro, aber trotz A19 Pro näher am einfachen iPhone mit A19 ohne Pro.

Wie beim iPhone 17 unterstützt der USB-C-Port nur langsame USB-2.0-Geschwindigkeit von 480 Mbit/s.

Benchmarks

	Geekbench 6			Geekbench AI Neural Engine	GFX Bench Metal	3DMark Wild Life Extreme Unlimited	Browser	Akkulaufzeiten		
	Multi-Core Score	Single-Core Score	GPU	Half Precision Score	1080p Manhat- tan Offscreen	Score	JetStream 2	Surfen	Video	3D-Spiel
	Punkte	Punkte	Punkte	Punkte	fps	Punkte	Punkte	h	h	h
	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶
iPhone 14 Pro	6620	2560	23824	20202	289,8	3040	262,5	17,5	23,1	8,9
iPhone 15	5534	2383	22743	17555	249,6	2605	256,3	18,7	20,8	11,3
iPhone 15 Pro	6864	2828	28466	24340	260,9	3379	316,9	23,7	23,4	10,9
iPhone 16e	7940	3247	23755	32738	225,0	2659	318,8	19,1	21,3	13,4
iPhone 16	7893	3283	28043	32630	293,7	3860	330,6	18,9	27,4	9,9
iPhone 16 Plus	8000	3304	27987	32288	293,7	3791	343,2	23,7	25,2	12,1
iPhone 16 Pro	8209	3381	32968	32001	328,9	4456	365,1	20,5	27,5	9,5
iPhone 16 Pro Max	8063	3301	32885	32065	327,8	4442	360,6	24,6	30,2	13,1
iPhone 17	9006	3566	37095	35167	333,4	4635	407,9	20,5	28,3	9,7
iPhone Air	9197	3566	38227	34975	313,3	4677	416,4	12,3	20,2	8,2
iPhone 17 Pro	9355	3684	45720	36221	390,0	5345	436,8	20,7	29,9	11,7
iPhone 17 Pro Max	9329	3516	45432	36164	390,8	5271	425,5	25,3	32,2	15,0

Im Unterschied zu diesem Modell kann man den Akku im iPhone Air in 30 statt 20 Minuten auf 50 Prozent schnellladen. Es gibt auch nur einen etwas blechern klingenden Monolautsprecher, während alle anderen aktuellen Modelle Stereo bieten. Der bedeutendste Unterschied dürfte aber darin bestehen, dass das iPhone Air auch in Europa keinen Slot mehr für die SIM-Karte besitzt und ausschließlich über die Dual-SIM-fähige eSIM im Mobilfunk unterwegs ist.

Das Air ist bisher das einzige iPhone, das neben dem N1 auch Apples neues Mobilfunkmodem C1X

besitzt. Die beiden Chips machen das Air laut Apple zum bislang energieeffizientesten iPhone. Der C1X soll doppelt so schnell sein wie der C1 im iPhone 16e. Im Test an einem schnellen Funkmast für das Vodafone-Netz konnten wir 433 Mbit/s im Download durchsetzen und 83 Mbit/s im Upload. Das sind Praxiswerte in der gleichen Größenordnung wie bei den anderen neuen iPhones.

Wegen des dünnen Gehäuses konnte Apple nur einen Akku mit 12,26 Wattstunden einbauen. Das ist im Vergleich zu den anderen Modellen von 2025 etwas weniger, aber immer noch mehr Kapazität als

secIT

by heise

HANNOVER 2026

Die Kongressmesse
für Security-Profis



secit-heise.de

17. - 19. MÄRZ

Bis 31.12. kostenfreies Sponsored-Ticket sichern!

im iPhone 13. Apple setzt hier auf den „adaptiven Strommodus“ von iOS 26, der die Verbrauchsmuster lernt und das Energiesparen schon anfangs, bevor die 20-Prozent-Marke unterschritten wird. Der Always-On-Modus des Displays ist standardmäßig abgeschaltet. Im Test reichte der gespeicherte Strom für 20,2 Stunden Videogucken, 29 Prozent weniger als beim iPhone 17 (siehe Benchmark-Diagramm). Das Laden mit einem 67-Watt-Netzteil erbrachte 52 Prozent nach 30 Minuten und benötigte 101 Minuten für 100 Prozent.

Apple bietet exklusiv für das iPhone Air einen Bumper (45 Euro) in den vier passenden Farben an, der den Rahmen rundherum schützt, aber Vorder- und Rückseite freilässt. Außerdem gibt es die neue „iPhone Air MagSafe Batterie“ (115 Euro), die sehr dünn ist und magnetisch unter dem Kameraplateau haftet. Sie soll insgesamt bis zu 40 Stunden Videowiedergabe ermöglichen. Angaben zur Kapazität machte Apple bisher nicht. Laut iFixit hat der Zusatzakku die gleiche Kapazität von 12,26Wh wie der im Air. Aufgrund der Wandlungsverluste konnten wir ein leeres iPhone Air damit trotzdem nur auf 59 Prozent aufladen.

iPhone 17 Pro erstmals mit Unibody-Gehäuse

Ein neues Design hat Apple seinen Pro-Modellen verpasst. Auf der Rückseite befindet sich ein deutlich erhabenes Plateau für Kameras, LED und LiDAR-Scanner, das sich über die gesamte Breite zieht. Die drei Objektive ragen daraus noch einmal hervor, sodass die Gesamtdicke 13,3 mm beträgt und nicht die von Apple angegebenen 8,75 mm. Dieser Wert nahm gegenüber dem iPhone 16 Pro noch um 0,5 mm zu. Größe und Gewicht haben sich minimal erhöht (siehe Tabelle zum Artikel). Als Farben stehen Silber, Cosmic Orange und Tiefblau zur Wahl. Letzteres wirkt fast wie Schwarz.

Als Gehäuse dient nun kein titanverstärkter Rahmen mehr, sondern ein aus einem Aluminiumblock gefrästes Chassis, das auch Teile der Rück-

seite bedeckt. Wie bei den MacBooks nennt Apple dieses „Unibody“. Das verwendete Aluminium soll die Wärme 20-mal besser ableiten als das bisherige Titan. Außerdem setzt Apple eine Dampfkammer (Vapor Chamber) ein, die die Wärme vom SoC auf das Chassis überträgt. Im Inneren kommt deionisiertes Wasser zum Einsatz, das wie in einer Heatpipe auf Chipseite beim Verdunsten Kälte erzeugt und am Rahmen wieder kondensiert. So soll die Abwärme besser verteilt werden und der Chip länger (laut Apple um bis zu 40 Prozent) auf der höchsten Performancestufe laufen können. Das Plateau bietet zusätzlichen Platz für interne Komponenten wie den SoC und die Antennen.

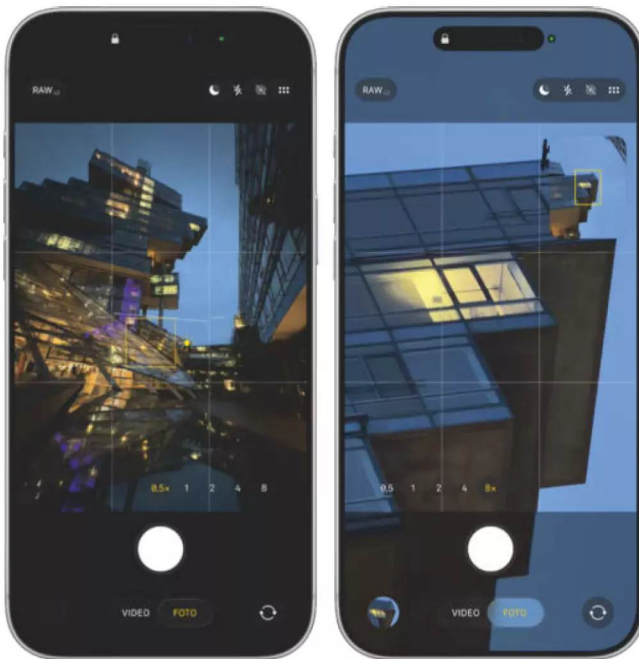
Die Displays haben sich in Größe, Auflösung und Pixelzahl nicht verändert, allein die maximale Helligkeit an der Sonne stieg von 2000 auf 3000 Nits. In Innenräumen im Normalbetrieb ergaben sich 803 Nits, bei HDR-Wiedergabe punktuell 1403 Nits und bei starker Sonneneinstrahlung mit Auto-Helligkeit sowie HDR 2810 Nits.

Drei Kameras mit 48 Megapixeln

Die Frontkamera mit 18 Megapixeln entspricht der der anderen Neulinge. Neben dem Ultraweitwinkel und dem Weitwinkel besitzt jetzt auch das Tele einen größeren Sensor mit 48 Megapixeln. Er hat vor sich ein Tetraprisma mit vierfachem Zoom. Wie die Hauptkamera kann das Tele seinen Zoomfaktor verdoppeln, wenn nur die inneren 12 Megapixel verwendet werden – was natürlich mit einer geringeren Lichtausbeute bezahlt wird. Standardmäßig erzeugt die Kamera-App auch hier Bilder mit 24 Megapixeln, die vom Image-Prozessor aus 12 und 48 MP zusammengesetzt werden, um die Vorteile beider Aufnahmen zu kombinieren. Laut Apple soll der A19 Pro verstärkt maschinelles Lernen in der sogenannten Image Pipeline einsetzen, um natürliche Details zu erhalten, Rauschen zu reduzieren und die Farbgenauigkeit bei wenig Licht zu verbessern. Apple gibt die Brennweite für 4x mit 100 mm und für 8x mit 200 mm an. Beim iPhone 16 Pro bot das Tele einen fünffachen



Der Kamerahügel bei den Pro-Modellen fällt viel mehr auf als beim einfachen iPhone.



Die Zoomstufen des iPhone 17 Pro (Max) reichen jetzt von 0,5 bis 8, was 13 bis 200 Millimetern Brennweite entspricht.

Zoom mit 120 mm, aber nur 12 MP. Digital lässt sich nun übrigens bis zu 40-fach statt bisher 25-fach zoomen, worunter die Qualität allerdings stark leidet.

Die Testfotos zeigten, dass das Tele-Modul vom 16 Pro (Max) zum 17 Pro (Max) einen ordentlichen Satz nach vorn gemacht hat. In helleren Umgebungen – bei 1000 ebenso wie 80 Lux – speicherte die Kamera 48-Megapixel-Dateien. Bei dunklen 0,5 Lux aber fasste der Sensor Pixel zusammen, um das Licht

besser auszunutzen, was eine 12-Megapixel-Datei ergab. Dieses Verfahren wendet Apple seit Jahren bei der Hauptkamera an. Unsere Testszene gelang dem iPhone 17 Pro Max selbst bei der leicht skalierten Brennweite von 120 Millimetern etwas schärfer als dem 16 Pro Max mit seiner optischen 120-Millimeter-Linse. Auch bei den Außenaufnahmen zur Blauen Stunde machte das Tele bei 100 Millimetern eine gute Figur. Die 200 Millimeter wirkten dagegen bei Fotos sowohl im Labor als auch draußen etwas weich (unscharf). Hier geraten die Objektivlinsen an ihre Grenzen. Doch egal, welche Telebrennweite man benötigt: Das iPhone 17 Pro ist besser als der Vorgänger. Schwer beeindruckt waren wir zudem von seinem Bildstabilisator: Bei 100 und 200 Millimetern Brennweite und ohne Stativ aus der ruhigen Hand mit 1/10 Sekunde zu belichten, das würde jeder Systemkamerafotograf als unmöglich abkanzeln. Doch, oh Wunder, die Fotos zeigten keine Bewegungsunschärfe. Auch Videos waren bei diesen Zoomstufen problemlos aus der Hand möglich. Ein wenig Zittern glich der Stabilisator im Test selbst bei Schwenks perfekt aus.

Bei den Videofunktionen setzt sich das iPhone 17 Pro von den einfacheren Modellen ab: 4K-Videoaufnahme mit Dolby Vision gelingt ihm mit 120 Bildern pro Sekunde statt nur 60. ProRes, ProRes RAW und die Unterstützung weiterer Profitoools bietet nur dieses Modell. Für ambitionierte Filmern, die ihre Dateien im Nachgang bearbeiten, kommt ein anderes iPhone deshalb nicht infrage. Beim Videografieren ist jetzt die Unterstützung von Log 2, Genlock und ProRes RAW neu. Letzteres wird schon von Final Cut Camera und Blackmagic Camera unterstützt und erlaubt die nachträgliche Anpassung der Belichtung (Weißabgleich, ISO) der Videos wie bei RAW-Fotos. Genlock dient der Synchronisierung von



Gegenüber dem iPhone 16 Pro (schwarz) sieht das iPhone 17 Pro (hier orange) stark verändert aus: Das Kameraplateau reicht jetzt über die gesamte Gehäusebreite.

Die iPhones von 2025 und ihre Vorgänger

	iPhone 17	iPhone 16	iPhone Air	iPhone 16 Plus
Farben	Schwarz, Weiß, Nebelblau, Salbei, Laviendel	Pink, Blaugrün, Ultramarin, Weiß, Schwarz	Space Schwarz, Wolkenweiß, Lichtgold, Himmelblau	Pink, Blaugrün, Ultramarin, Weiß, Schwarz
Ausstattung				
Prozessor / Kerne / Takt	Apple A19 / 6 / 4,25 GHz	Apple A18 / 6 / 4,04 GHz	Apple A19 Pro / 6 / 4,26 GHz	Apple A18 / 6 / 4,04 GHz
Grafik / Kerne	Apple / 5	Apple / 5	Apple / 5	Apple / 5
Arbeitsspeicher	8 GByte	8 GByte	12 GByte	8 GByte
Flash-Speicher (Modelle)	256 / 512 GByte	128 / 256 / 512 GByte	256 / 512 GByte / 1 TByte	128 / 256 / 512 GByte
WLAN / max. Durchsatz	802.11be Wi-Fi 7 / 2600 MBit/s	802.11be Wi-Fi 7 / 2600 MBit/s	802.11be Wi-Fi 7 / 2600 MBit/s	802.11be Wi-Fi 7 / 2600 MBit/s
Bluetooth / NFC / UWB	6.0 / ✓ / ✓	5.3 / ✓ / ✓	6.0 / ✓ / ✓	5.3 / ✓ / ✓
Satellitenortung	GPS, GNSS	GPS, GNSS	GPS, GNSS	GPS, GNSS
mobile Datenverbindung	5G, Gigabit-LTE 4 × 4 MIMO	5G, Gigabit-LTE 4 × 4 MIMO	5G, Gigabit-LTE 4 × 4 MIMO	5G, Gigabit-LTE 4 × 4 MIMO
Akku / Kapazität	Lithium / 14,35 Wh	Lithium / 13,84 Wh	Lithium / 12,26 Wh	Lithium / 18,11 Wh
Abmessungen (H × B × T)	149,6 × 71,5 × 7,95 mm	147,6 × 71,6 × 7,8 mm	156,2 × 74,4 × 5,64 mm	160,9 × 77,8 × 7,8 mm
Gewicht	177 g	170 g	165 g	199 g
Anschlüsse	USB-C, USB 2.0	USB-C, USB 2.0	USB-C, USB 2.0	USB-C, USB 2.0
Aktions- / Kameraaste	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
sonstige Ausstattung	Face ID, kabelloses Laden (Qi2 und MagSafe), schnelles Aufladen bis 40 W, IP68-Wasserresistenz, Taptic-Engine, Nano-SIM und Dual eSIM, Stereolautsprecher, 3D- oder Stereoaufnahmen, HDR10-/Dolby-Vision-Aufnahme und -Wiedergabe, Unfallerkennung, Satellitennotruf	Face ID, kabelloses Laden (Qi2 und MagSafe), schnelles Aufladen bis 25 W, IP68-Wasserresistenz, Taptic-Engine, Nano-SIM und Dual eSIM, Stereolautsprecher, 3D- oder Stereoaufnahmen, HDR10-/Dolby-Vision-Aufnahme und -Wiedergabe, Unfallerkennung, Satellitennotruf	Face ID, kabelloses Laden (Qi2 und MagSafe), schnelles Aufladen bis 25 W, IP68-Wasserresistenz, Taptic-Engine, Dual eSIM, Monolautsprecher, 3D- oder Stereoaufnahmen, HDR10-/Dolby-Vision-Aufnahme und -Wiedergabe, Unfallerkennung, Satellitennotruf	Face ID, kabelloses Laden (Qi2 und MagSafe), schnelles Aufladen bis 25 W, IP68-Wasserresistenz, Taptic-Engine, Nano-SIM und Dual eSIM, Stereolautsprecher, 3D- oder Stereoaufnahmen, HDR10-/Dolby-Vision-Aufnahme und -Wiedergabe, Unfallerkennung, Satellitennotruf
Kamera				
rückwärtige Kameras Foto / Video	48 MP Weitwinkel, 48 MP Ultraweitwinkel, 4K bei 60 fps, Bildstabilisator mit Sensorverschiebung (nur Weitwinkel), Blende 1,6 und 2,2, Smart HDR 5, Nachtmodus, Deep Fusion, Porträtmodus, Fotografische Stile, Kinomodus, Action-Modus, räumliche Aufnahmen	48 MP Weitwinkel, 12 MP Ultraweitwinkel, 4K bei 60 fps, Bildstabilisator mit Sensorverschiebung (nur Weitwinkel), Blende 1,6 und 2,2, Smart HDR 5, Nachtmodus, Deep Fusion, Porträtmodus, Fotografische Stile, Kinomodus, Action-Modus, räumliche Aufnahmen	48 MP Weitwinkel, 4K bei 60 fps, Bildstabilisator mit Sensorverschiebung, Blende 1,6, Smart HDR 5, Nachtmodus, Deep Fusion, Porträtmodus, Fotografische Stile, Action-Modus	48 MP Weitwinkel, 12 MP Ultraweitwinkel, 4K bei 60 fps, Bildstabilisator mit Sensorverschiebung (nur Weitwinkel), Blende 1,6 und 2,2, Smart HDR 5, Nachtmodus, Deep Fusion, Porträtmodus, Fotografische Stile, Kinomodus, Action-Modus, räumliche Aufnahmen
Frontkamera Fotos / Video	18 MP, Display als Fotoleuchte, 4K bei 60 fps, Bildstabilisator, Blende 1,9, Smart HDR 5, Fotografische Stile, Kinomodus, Infrarotkamera für Gesichtserkennung, Nachtmodus, Deep Fusion	12 MP, Display als Fotoleuchte, 4K bei 60 fps, Bildstabilisator, Blende 1,9, Smart HDR 5, Fotografische Stile, Kinomodus, Infrarotkamera für Gesichtserkennung, Nachtmodus, Deep Fusion	18 MP, Display als Fotoleuchte, 4K bei 60 fps, Bildstabilisator, Blende 1,9, Smart HDR 5, Fotografische Stile, Infrarotkamera für Gesichtserkennung, Nachtmodus, Deep Fusion	12 MP, Display als Fotoleuchte, 4K bei 60 fps, Bildstabilisator, Blende 1,9, Smart HDR 5, Fotografische Stile, Kinomodus, Infrarotkamera für Gesichtserkennung, Nachtmodus, Deep Fusion
Sensoren	Gesichtserkennung, Barometer, 3-Achsen-Gyroskop, Kompass, High-G-Beschleunigung, Annäherung, 2 × Umgebungslicht	Gesichtserkennung, Barometer, 3-Achsen-Gyroskop, Kompass, High-G-Beschleunigung, Annäherung, 2 × Umgebungslicht	Gesichtserkennung, Barometer, 3-Achsen-Gyroskop, Kompass, High-G-Beschleunigung, Annäherung, 2 × Umgebungslicht	Gesichtserkennung, Barometer, 3-Achsen-Gyroskop, Kompass, High-G-Beschleunigung, Annäherung, 2 × Umgebungslicht
Display				
Technik / Größe (Diagonale)	OLED, 120 Hz, ProMotion, Always-On, Dynamic Island / 6,3 Zoll	OLED, Dynamic Island / 6,1 Zoll	OLED, 120 Hz, ProMotion, Always-On, Dynamic Island / 6,5 Zoll	OLED, Dynamic Island / 6,7 Zoll
Auflösung / Seitenverhältnis	2622 × 1206 Pixel bei 460 dpi / 16:7,4	2556 × 1179 Pixel bei 460 dpi / 16:7,4	2736 × 1260 Pixel bei 460 dpi / 16:7,4	2796 × 1290 Pixel bei 460 dpi / 16:7,4
Helligkeit (gemessen)	838/1407/2620 cd/m²	741/1737 cd/m²	824/1290/2580 cd/m²	740/1755 cd/m²
Kontrast / Farbraum	Laut Apple 2 Mio.:1 / DCI-P3	Laut Apple 2 Mio.:1 / DCI-P3	Laut Apple 2 Mio.:1 / DCI-P3	Laut Apple 2 Mio.:1 / DCI-P3
Bewertungen				
Bedienung / Performance	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕
Display	⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕
Laufzeit	⊕⊕	⊕⊕	○	⊕⊕
Kamera Fotos / Video	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕
Garantie	1 Jahr	1 Jahr	1 Jahr	1 Jahr
Lieferumfang	iPhone, USB-C-zu-C-Kabel	iPhone, USB-C-zu-C-Kabel	iPhone, USB-C-zu-C-Kabel	iPhone, USB-C-zu-C-Kabel
Preise bei Marktstart	949 € (256 GByte) / 1199 € (512 GByte)	949 € (128 GByte) / 1079 € (256 GByte) / 1329 € (512 GByte); aktuell ab 849 €	1199 € (256 GByte) / 1449 € (512 GByte) / 1699 € (1 TByte)	1099 € (128 GByte) / 1229 € (256 GByte) / 1479 € (512 GByte); aktuell ab 949 €
✓ vorhanden — nicht vorhanden ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht				

	iPhone 17 Pro	iPhone 16 Pro	iPhone 17 Pro Max	iPhone 16 Pro Max
	Silber, Cosmic Orange, Tiefblau	Titan Weiß, Titan Schwarz, Titan Natur, Titan Wüsten-sand	Silber, Cosmic Orange, Tiefblau	Titan Weiß, Titan Schwarz, Titan Natur, Titan Wüsten-sand
	Apple A19 Pro / 6 / 4,26 GHz	Apple A18 Pro / 6 / 4,04 GHz	Apple A19 Pro / 6 / 4,26 GHz	Apple A18 Pro / 6 / 4,04 GHz
	Apple / 6	Apple / 6	Apple / 6	Apple / 6
	12 GByte	8 GByte	12 GByte	8 GByte
	256 / 512 GByte / 1 TByte	128 / 256 / 512 GByte / 1 TByte	256 / 512 GByte / 1 / 2 TByte	256 / 512 GByte / 1 TByte
	802.11be Wi-Fi 7 / 2600 MBit/s	802.11be Wi-Fi 7 / 2600 MBit/s	802.11be Wi-Fi 7 / 2600 MBit/s	802.11be Wi-Fi 7 / 2600 MBit/s
	6.0 / ✓ / ✓	5.3 / ✓ / ✓	6.0 / ✓ / ✓	5.3 / ✓ / ✓
	GPS, GNSS	GPS, GNSS	GPS, GNSS	GPS, GNSS
	5G, Gigabit-LTE 4 × 4 MIMO	5G, Gigabit-LTE 4 × 4 MIMO	5G, Gigabit-LTE 4 × 4 MIMO	5G, Gigabit-LTE 4 × 4 MIMO
	Lithium / 15,53 Wh	Lithium / 13,94 Wh	Lithium / 18,75 Wh	Lithium / 17,96 Wh
	150,0 × 71,9 × 8,75 mm	149,6 × 71,5 × 8,25 mm	163,4 × 78,0 × 8,75 mm	163,9 × 77,6 × 8,25 mm
	204 g	199 g	231 g	227 g
	USB-C, USB 3.2	USB-C, USB 3.2	USB-C, USB 3.2	USB-C, USB 3.2
	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
	Face ID, kabelloses Laden (Qi2 und MagSafe), schnelles Aufladen bis 40 W, IP68-Wasserresistenz, Taptic-Engine, Nano-SiM und Dual eSiM, Stereolautsprecher, 3D- oder Stereoaufnahmen mit 4 Mikrofonen, HDR10-/Dolby-Vision-Aufnahme und -Wiedergabe, Unfallerkennung, Satellitennotruf	Face ID, kabelloses Laden (Qi2 und MagSafe), schnelles Aufladen bis 25 W, IP68-Wasserresistenz, Taptic-Engine, Nano-SiM und Dual eSiM, Stereolautsprecher, 3D- oder Stereoaufnahmen mit 4 Mikrofonen, HDR10-/Dolby-Vision-Aufnahme und -Wiedergabe, Unfallerkennung, Satellitennotruf	Face ID, kabelloses Laden (Qi2 und MagSafe), schnelles Aufladen bis 40 W, IP68-Wasserresistenz, Taptic-Engine, Nano-SiM und Dual eSiM, Stereolautsprecher, 3D- oder Stereoaufnahmen mit 4 Mikrofonen, HDR10-/Dolby-Vision-Aufnahme und -Wiedergabe, Unfallerkennung, Satellitennotruf	Face ID, kabelloses Laden (Qi2 und MagSafe), schnelles Aufladen bis 25 W, IP68-Wasserresistenz, Taptic-Engine, Nano-SiM und Dual eSiM, Stereolautsprecher, 3D- oder Stereoaufnahmen mit 4 Mikrofonen, HDR10-/Dolby-Vision-Aufnahme und -Wiedergabe, Unfallerkennung, Satellitennotruf
	48 MP Weitwinkel, Ultraweitwinkel und 4x-Tele, 4K bei 120 fps, Bildstabilisator mit Sensorverschiebung (nur Weitwinkel und Tele), Blende 1,78, 2,2 und 2,8, Smart HDR 5, Nachtmodus, Deep Fusion, Porträtmodus, Fotografische Stile, Kinomodus, Action-Modus, ProRAW, räumliche Aufnahmen	48 MP Weitwinkel und Ultraweitwinkel, 12 MP 5x-Tele, 4K bei 120 fps, Bildstabilisator mit Sensorverschiebung (nur Weitwinkel und Tele), Blende 1,78, 2,2 und 2,8, Smart HDR 5, Nachtmodus, Deep Fusion, Porträtmodus, Fotografische Stile, Kinomodus, Action-Modus, ProRAW, räumliche Aufnahmen	48 MP Weitwinkel, Ultraweitwinkel und 4x-Tele, 4K bei 120 fps, Bildstabilisator mit Sensorverschiebung (nur Weitwinkel und Tele), Blende 1,78, 2,2 und 2,8, Smart HDR 5, Nachtmodus, Deep Fusion, Porträtmodus, Fotografische Stile, Kinomodus, Action-Modus, ProRAW, räumliche Aufnahmen	48 MP Weitwinkel und Ultraweitwinkel, 12 MP 5x-Tele, 4K bei 120 fps, Bildstabilisator mit Sensorverschiebung (nur Weitwinkel und Tele), Blende 1,78, 2,2 und 2,8, Smart HDR 5, Nachtmodus, Deep Fusion, Porträtmodus, Fotografische Stile, Kinomodus, Action-Modus, ProRAW, räumliche Aufnahmen
	18 MP, Display als Fotoleuchte, 4K bei 60 fps, Bildstabilisator, Blende 1,9, Smart HDR 5, Fotografische Stile, Kinomodus, Infrarotkamera für Gesichtserkennung, Nachtmodus, Deep Fusion	12 MP, Display als Fotoleuchte, 4K bei 60 fps, Bildstabilisator, Blende 1,9, Smart HDR 5, Fotografische Stile, Kinomodus, Infrarotkamera für Gesichtserkennung, Nachtmodus, Deep Fusion	18 MP, Display als Fotoleuchte, 4K bei 60 fps, Bildstabilisator, Blende 1,9, Smart HDR 5, Fotografische Stile, Kinomodus, Infrarotkamera für Gesichtserkennung, Nachtmodus, Deep Fusion	12 MP, Display als Fotoleuchte, 4K bei 60 fps, Bildstabilisator, Blende 1,9, Smart HDR 5, Fotografische Stile, Kinomodus, Infrarotkamera für Gesichtserkennung, Nachtmodus, Deep Fusion
	Gesichtserkennung, Barometer, 3-Achsen-Gyroskop, Kompass, High-G-Beschleunigung, Annäherung, 2 × Umgebungslicht, LiDAR	Gesichtserkennung, Barometer, 3-Achsen-Gyroskop, Kompass, High-G-Beschleunigung, Annäherung, 2 × Umgebungslicht, LiDAR	Gesichtserkennung, Barometer, 3-Achsen-Gyroskop, Kompass, High-G-Beschleunigung, Annäherung, 2 × Umgebungslicht, LiDAR	Gesichtserkennung, Barometer, 3-Achsen-Gyroskop, Kompass, High-G-Beschleunigung, Annäherung, 2 × Umgebungslicht, LiDAR
	OLED, 120 Hz, ProMotion, Always-On, Dynamic Island / 6,3 Zoll	OLED, 120 Hz, ProMotion, Always-On, Dynamic Island / 6,3 Zoll	OLED, 120 Hz, ProMotion, Always-On, Dynamic Island / 6,9 Zoll	OLED, 120 Hz, ProMotion, Always-On, Dynamic Island / 6,9 Zoll
	2622 × 1206 Pixel bei 460 dpi / 16:7,4	2622 × 1206 Pixel bei 460 dpi / 16:7,4	2868 × 1320 Pixel bei 460 dpi / 16:7,4	2868 × 1320 Pixel bei 460 dpi / 16:7,4
	803/1403/2810 cd/m²	789/1762 cd/m²	810/1388/2810 cd/m²	790/1760 cd/m²
	Laut Apple 2 Mio.:1 / DCI-P3	Laut Apple 2 Mio.:1 / DCI-P3	Laut Apple 2 Mio.:1 / DCI-P3	Laut Apple 2 Mio.:1 / DCI-P3
	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕
	⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕
	⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕
	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕
	1 Jahr	1 Jahr	1 Jahr	1 Jahr
	iPhone, USB-C-zu-C-Kabel	iPhone, USB-C-zu-C-Kabel	iPhone, USB-C-zu-C-Kabel	iPhone, USB-C-zu-C-Kabel
	1299 € (256 GByte) / 1549 € (512 GByte) / 1799 € (1 TByte)	1199 € (128 GByte) / 1329 € (256 GByte) / 1579 € (512 GByte) / 1829 € (1 TByte)	1449 € (256 GByte) / 1699 € (512 GByte) / 1949 € (1 TByte) / 2449 € (2 TByte)	1449 € (256 GByte) / 1699 € (512 GByte) / 1949 € (1 TByte)

Filmaufnahmen mit mehreren iPhones und dürfte für die Mehrzahl der Käufer irrelevant sein.

A19 Pro mit bester Performance in einem iPhone

Der SoCA19 Pro kommt nur in den Pro-Modellen des iPhone 17 in der vollen Ausbaustufe mit sechs Grafikernen zum Einsatz. Die Einzelkernperformance der CPU war wie zu erwarten wie beim iPhone Air, die Taktrate der Performancekerne beträgt bei allen A19-Pro-Chips 4,26 GHz. Bei den Multithreading-Aufgaben schnitten die beiden Pro-Modelle etwas besser ab als das iPhone Air. Die Langzeitperformance kann keiner unserer Benchmarks exakt abbilden, subjektiv blieb die Arbeitsgeschwindigkeit in den Tests auf hohem Niveau, ohne dass das Gehäuse übermäßig heiß wurde. Die GPU erreichte ebenfalls einen historischen Bestwert, insbesondere die KI-Aufgaben lösten die Pro-Modelle besonders schnell. Hier machen sich die neuen KI-Beschleuniger in den Grafikernen bemerkbar. Mit dem GPU-Modus beim Geekbench AI stieg die Performance beim iPhone Pro 16 zu 17 von 7144 auf 16.428 Punkte. Der Arbeitsspeicher wuchs auch hier von 8 auf 12 GByte, der Level-2-Cache von 4 auf 6 MByte.

Das Unibody-Design schafft auch Platz für einen größeren Akku – den größten, der laut Apple je in einem iPhone verbaut wurde. Beim Pro stieg die Kapazität von 13,94 auf 15,53 Wh und beim Pro Max von 17,96 auf 18,74 Wh. Die US-Modelle, die den SIM-Kartenplatz bereits gestrichen haben, bieten sogar einen noch etwas größeren Akku.

Zusammen mit der besseren Energieeffizienz des A19 Pro ergab das für das iPhone 17 Pro eine Verbesserung der Akkulaufzeit beim Videogucken von 27,5 auf 29,9 Stunden und für das Pro Max von 30,2 auf 32,2 Stunden. Beim 3D-Game stieg die Spielzeit beim Pro von 9,5 auf 11,7 h und beim Pro Max von 13,1 auf 15,0 h. Die Laufzeiten für Surfen haben sich kaum verändert, hierbei kommt es hauptsächlich auf das (unveränderte) Display an.

Nach 20 Minuten an einem 67-Watt-Netzteil vom MacBook war der Akku vom iPhone 17 Pro zu 46 Prozent aufgeladen, der vom iPhone 17 Pro Max zu 41 Prozent. Nicht ganz die von Apple versprochene Hälfte, aber trotzdem ein guter Wert.

Mehr Speicher fürs Geld

Auch beim iPhone 17 Pro kommen nun mindestens 256 GByte Flash-Speicher zum Einsatz. Verglichen

mit dem 128-GByte-Basismodell des iPhone 16 Pro stieg der Preis um 100 Euro auf 1299 Euro. Es kostet aber 30 Euro weniger als das iPhone 16 Pro mit 256 GByte. Wer zum Modell mit 512 GByte für 1549 Euro greift, spart ebenfalls nur 30 Euro.

Das iPhone 17 Pro Max blieb preislich unverändert 150 Euro teurer als das Modell ohne Max. Es gibt allerdings eine neue Konfiguration mit 2 TByte Flash, die schwindelerregende 2449 Euro kostet. Sehr viel Geld für einen Gegenstand des Alltags, der schnell einmal beschädigt, verloren oder gestohlen wird. Hier empfiehlt sich eine Versicherung, die dann das Ganze noch teurer macht.

Weiteres Zubehör

Neben dem Bumper und dem Zusatzakku für das Air sowie dem noch nicht in der EU verfügbaren „40 W Dynamic Power Adapter“ für die anderen Modelle bietet Apple weiteres neues Zubehör. Dazu zählen ein 69 Euro teures „Crossbody Band“ zum Umhängen, das mit einigen Apple-Hüllen (nicht dem Clear Case) kombiniert werden kann. Man fädelt dafür Schlaufen durch zwei Löcher in der Hülle. Nur für die Pros gibt es die neuen Funktionsgewebe-Cases, Nachfolger der unbeliebten Feingewebehüllen. Sie sind in den Farben Schwarz, Blau, Violett, Siena und Grün erhältlich und kosten 69 Euro.

Fazit

Die neuen iPhones liefern auch in diesem Jahr in Sachen Performance beeindruckend ab. Allerdings sind schon die Vorgänger schnell genug für die allermeisten Aufgaben gewesen. Zum Glück gibt es aber auch in anderen Bereichen ordentliche Steigerungen. Das einfache iPhone profitiert enorm durch die Verdopplung des Flash-Speichers und das vergrößerte 120-Hertz-Display. Zusammen mit der im letzten Jahr eingeführten 48-MP-Kamera bietet es Features für die meisten Ansprüche. Verkaufsargument für die Pro-Modelle bleibt die Tele-Kamera, die jetzt den gelungenen Sprung auf 48 MP gemacht hat. Das Unibody-Gehäuse bügelt Probleme mit der Wärmeableitung bei den Vorgängern aus. Die Kameras liegen allesamt auf sehr hohem Smartphone-Niveau. Wer gerne Makro- oder Ultraweitwinkelfotos schießt, für den kommt das iPhone Air allerdings nicht infrage. Ansonsten bringt es die meisten Neuheiten mit und erscheint technisch interessant sowie gelungen. Dafür ist es aber teuer und erfordert besonders bei der Laufzeit Abstriche. (jes) **ct**

Ihre Meinung,
Zusatzmaterial, Webcode:
ct.de/wgjf

FÜR ALLE, DIE ES GENAU WISSEN WOLLEN



Ansgar Kossowski
und Steffen Herget
c't Redaktion

Lesen Sie 5 Ausgaben c't
mit 30% Rabatt –
als Heft oder digital in der
App, im Browser oder PDF.
Erhalten Sie dazu noch ein
Geschenk Ihrer Wahl.

Jetzt 5 × c't lesen
für 25,00 € statt 35,75 €



**30%
Rabatt!**

Jetzt bestellen:
ct.de/wissen



Einstiegsgerät iPhone 16e

Nicht kleckern, sondern klotzen möchte Apple bei dem SE-Nachfolger: Das iPhone 16e liefert die Essenz der Spitzenmodelle, bietet aber weniger Funktionen. Für wen sich das Gerät lohnt, klärt unser Testbericht.

Von **Johannes Schuster**

Das Smartphone verabschiedet sich vom altbekannten Design der SE-Reihe und orientiert sich stattdessen an den iPhone-Modellen X bis 14. Mit seinem fast randlosen Display bietet das 16e eine deutlich größere Bildschirmfläche als sein Vorgänger, bringt aber im Unterschied zum iPhone 16 keine abgesetzte Aussparung für Kamera und Sensoren (Dynamic Island), sondern die klassische Notch am oberen Rand mit.

Äußerliche Ähnlichkeit zum iPhone 14

Das Display besitzt die gleiche Pixelzahl (2532×1170) wie das iPhone 14 und die gleiche Diagonale von 6,1 Zoll. Das Gehäuse ist mit 146,7×71,5×7,8 mm genau gleich groß und gleich dick. Das 16e wiegt mit 167 Gramm allerdings etwas weniger (iPhone 14: 172 g) und Apple bietet es nur in den Farben Weiß und Schwarz an.

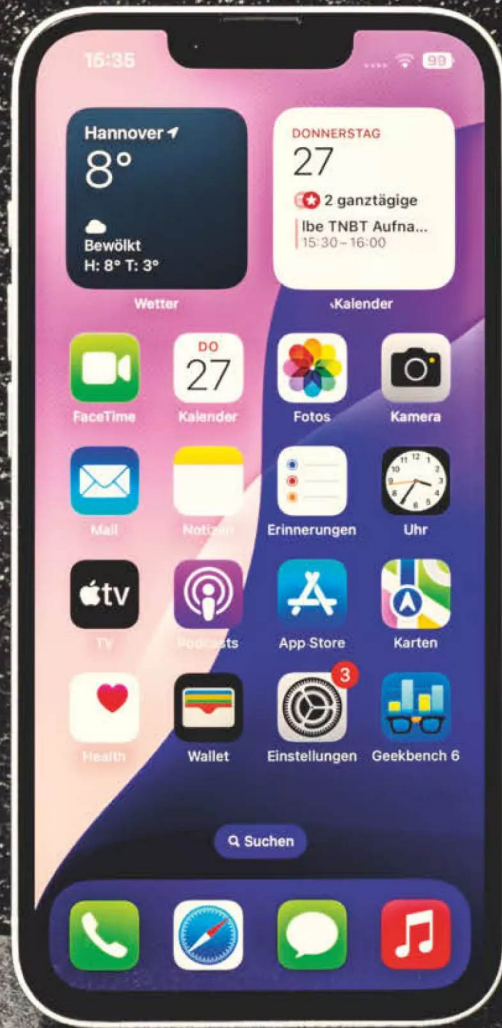
Aktuelle Prozessor-Power für Apple Intelligence

Unter der Haube steckt ein Apple A18, der mit der gleichen Zahl von CPU-Kernen ausgestattet ist, die im gleichen Takt laufen wie beim iPhone 16: Bis zu 4,04 GHz schnell arbeiten zwei Performance-Kerne, die von vier Effizienz-Kernen beim Energiesparen unterstützt werden. Dem iPhone 16e fehlt gegenüber dem 16 lediglich ein Grafik Kern. Der Arbeitsspeicher umfasst ebenfalls 8 Gigabyte, womit die Hardware für die im April in Deutschland an den Start gehenden KI-Funktionen von Apple bereit ist.

Dementsprechend konnte das iPhone 16e bei den CPU-Tests von Geekbench 6 voll mit dem iPhone 16 mithalten. Deutlich geschlagen geben musste es sich bei allen Grafikaufgaben, war dabei aber noch immer knapp schneller als das iPhone 15. Die Neural Engine arbeitete im Geekbench AI etwas unterhalb des Niveaus des iPhone 16, aber übertrumpfte das iPhone 15 um mehr als das Doppelte. Gegenüber dem Vorgänger iPhone SE3 verbessern sich die Benchmarks (von Ausnahmen wie dem schon älteren GFXBench abgesehen) um rund 50 Prozent. Zusammenfassend kann man sagen, der Prozessor zeigte sich sehr performant und dürfte noch einige Jahre genügend Leistung bringen.

Kein MagSafe, aber Qi

Wie das iPhone SE 3 kann das iPhone 16e per Qi geladen werden, beherrscht aber kein MagSafe: Durch die fehlenden Magnete wird das Smartphone nicht von kompatiblen Ladepucks gehalten und an der richtigen Stelle positioniert. Außerdem soll die Ladeleistung auf 7,5 statt 15 Watt begrenzt sein. In unserem Test mit einem typischen MagSafe-Ladegerät von Choetech zog dieses allerdings 12,5 statt 7,5 Watt aus dem USB-C-Netzteil. Wie viel davon im Puck verloren geht, können wir leider nicht messen, es dürften aber weniger als die zusätzlichen 5 Watt sein. Wir haben das iPhone 16e probeweise in ein MagSafe-Clear-Case vom iPhone 12 Pro gesteckt, das grob passt. Mit ihm haftete das iPhone 16e sogar senkrecht am Puck und dieser saugte 10,3 Watt aus dem Netzteil. Mit einer passenden Hülle kann man also die MagSafe-Fähigkeiten teilweise nachrüsten.





Nun besitzt auch das Einsteiger-iPhone endlich eine USB-C-Schnittstelle – allerdings ohne Display-Signale und nur mit USB-2.0-Speed.

Es fehlte der typische Ton beim Anheften an den Puck, man muss mit einem leichten Klopfen der Taptic Engine Vorlieb nehmen.

Mit dem 20-Watt-Ladegerät von Apple war das iPhone 16e nach 30 Minuten per Kabel genau zu 50 Prozent geladen. Aus dem Netzteil zog sich das Smartphone bis zu 19,5 Watt, bei einem Anker-Netzteil mit 25 Watt und einem von Choetech mit 27 Watt waren es bis zu 24,9 Watt, ebenso wie mit dem MacBook-Netzteil (67 Watt). 25,9 Watt schafften wir an einem 140-Watt-Lader von Ugreen, was die Schnellladezeit weiter verkürzte. USB-C hat den Lightning-Anschluss des iPhone SE 3 ersetzt, allerdings fehlt dem 16e die DisplayPort-Ausgabe an einen externen Monitor. In der Dateien-App konnten wir einen Testordner mit der Geschwindigkeit von 36,8 MByte/s aufkopieren und mit 37,6 MByte/s herunterladen. Das entspricht mäßigem USB-2.0-Tempo. Der USB-C-Port lud seinerseits kleinere Verbraucher wie AirPods oder die Apple Watch.

Display vom iPhone 14

Wie schon erwähnt, stammt das OLED-Display vom iPhone 14. Von den herstellerseits angegebenen 800 Nits (= Candela/m²) konnten wir mit unserem geeichten Leuchtdichtemessgerät 762 nachvollziehen. Mit HDR-Inhalten soll die Helligkeit punktuell auf 1200 Nits ansteigen. Wir konnten 1126 messen, was den Erwartungen entsprach. In diesem Punkt setzt sich das iPhone 16e besonders stark von seinem Vorgänger ab, denn das iPhone SE 3 hat ein IPS-Display mit großen Rändern oben und unten sowie viel weniger Bildpunkten. Die Pixeldichte ist mit 326 statt 460 dpi deutlich geringer. Anwender bekommen jetzt

also ein größeres, schärferes, kontrastreicheres und helleres Bild. Gegenüber dem iPhone 15 belegt der Notch statt der Dynamic Island mehr Bildschirmfläche, gegenüber dem iPhone 16 mit HDR und draußen bis 2000 Nits wirkt die Helligkeit mager und gegenüber dem iPhone 16 Pro fehlt die variable Bildwiederholfrequenz bis 120 Hertz für butterweiches Scrollen. Die Dynamic Island ist nicht nur ein optischer Gag, sondern den Platz um die zwei Löcher im Display nutzt Apple für die Anzeige von im Hintergrund laufenden Diensten wie Navigation oder Timer.

Durch das randlose Display hat der Home-Button mit dem integrierten Fingerabdrucksensor Touch ID keinen Platz mehr auf der Vorderseite. Er wird ersetzt durch den Gesichtsscanner Face ID, der sich in der Aussparung am oberen Displayrand befindet (Notch).

WLAN und neuer Mobilfunkchip

Erstmals verbaut Apple einen selbst entwickelten Mobilfunkchip mit Namen C1. Er ist für GPS und den Funkverkehr mit dem Mobilfunknetz zuständig. Im Test konnten wir im Vodafone-Netz Downloadraten von 947 MByte/s messen, 88 MByte/s im Upload. An gleicher Stelle mit derselben SIM-Karte schaffte ein iPhone 16 Pro 944 und 85 MByte/s, war also gleich schnell. Bei Spaziergängen und Autofahrten zeigte

sich manches Mal eine etwas höhere GPS-Genauigkeit und -Reaktions-schnelligkeit als bei einem iPhone 16 Pro. Gleich verhielten sich beide Geräte bei Testfahrten mit Car-



Im Vergleich zum Vorgänger SE 3 hat das iPhone 16e einen deutlich größeren und moderneren Bildschirm, der bis an den Geräte Rand reicht.

Play und dem Smartphone unten in der Mittelkonsole. Neben der klassischen SIM-Karte bietet das iPhone 16e eine zusätzliche Dual eSIM wie die iPhones 14, 15 und 16.

Der hauptsächlich in München entwickelte C1 ist nicht zuständig für das WLAN, das Apple auf einem alten Stand beließ: Dem Standard Wi-Fi 6 fehlen gegenüber Wi-Fi 6E und Wi-Fi 7 (beim iPhone 16) unter anderem Multi-Link Operation und die Nutzung des 6-GHz-Bandes, wodurch das Bruttomaximum auf 1200 statt 2600 Mbit/s beschränkt bleibt. Gegen einen Wi-Fi-7-Router von TP-Link konnten wir ordentliche Netto-Transferraten von 789 Mbit/s im Up- und 810 Mbit/s im Download messen. Mit einer Fritzbox 5690 Pro verband sich das iPhone 16e mit einer Bruttoreate von 1200 Mbit/s und war netto ähnlich schnell.

Wie die iPhones 14, 15 und 16 kann das iPhone 16e im Funkloch auf eine Satellitenverbindung ausweichen, etwa um einen kurzen Text-Notruf abzusetzen oder den eigenen Standort mit Freunden zu teilen. Dieser Service ist über zwei Jahre kostenlos. Zudem beherrscht es die Unfallerkennung, bei der nach einem Crash automatisch ein Notruf – auch per Satellit – rausgeht. Ein Ultrabreitbandchip für die genaue Suche etwa nach AirTags fehlt dem Apple-Neuling.

Kamera

Die Hauptkamera besitzt wie beim iPhone 16 48 Megapixel und fertigt somit von der Photonic Engine des A18-Chips optimierte Bilder mit 24 Megapixeln als Standardeinstellung und 2x-Teleaufnahmen mit 12 Megapixeln an. Bei Letzterem



Das iPhone 16e (links) kommt mit der Notch daher, während andere Modelle schon mit der Dynamic Island ausgestattet sind.

werden allerdings nur die inneren Pixel des Sensors benutzt und somit sinkt die Lichtausbeute. Laut technischen Daten hat Apple die optische Bildstabilisierung nicht wie beim iPhone 16 durch Sensor-



In der Notch sitzen Selfie-Kamera, Annäherungssensor, Infrarotsender und Infrarotkamera, darüber befindet sich der Lautsprecher.

verschiebung umgesetzt, sondern klassisch durch Bewegung des Objektivs. Insofern unterscheiden sich die Hauptkameras.

Gegenüber dem iPhone SE 3 ist der 48-Megapixel-Sensor ein Riesenschritt nach vorn, gegenüber dem iPhone 16 fehlt das Ultraweitwinkelobjektiv samt

Benchmarks											
	Geekbench 6			GFX Bench Metal	3DMark Wild Life Extreme Unlimited		Browser	Geekbench AI Neural Engine	Akku		
	Multi-Core Score	Single-Core Score	GPU	1080p Manhattan Offscreen	Score	Bildwiederholrate	JetStream 2	Quantized Score	Surfen	Video	3D-Spiel
	Punkte	Punkte	Punkte	fps	Punkte	fps	Punkte	Punkte	h	h	h
	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►
iPhone SE3	5441	2259	17699	223,9	1979	11,9	183	16960	14,3	11,0	7,9
iPhone 15	5534	2383	22743	249,6	2605	15,6	256	19737	18,7	20,8	11,3
iPhone 16	7893	3283	28043	293,7	3860	23,1	331	44745	18,9	27,4	9,9
iPhone 16e	7940	3247	23755	225,0	2659	15,9	319	46100	19,1	21,3	13,4

Makrofunktion, gegenüber dem iPhone 15/16 Pro unter anderem das 3x/5x-Teleobjektiv.

Die Frontkamera mit 12 Megapixeln entspricht hardwareseitig der im iPhone 15 und 16 und überbietet die 7 Megapixel vom SE 3. Dadurch sind nun auch mit der Selfie-Kamera 4K-Videos mit 60fps möglich.

Softwareseitig unterstützt es zwar Apples „Fotografische Stile“, aber nicht die der neuen Generation. Nur letztere ermöglichen bei der iPhone-16-Reihe eine umfangreiche Nachjustierung von Farbtönen und Kontrastumfang. Auch der Kinomodus und der Actionmodus fehlen gegenüber dem iPhone 16. Die Hardware wäre für diese Funktionen sicher leistungsfähig genug. Das

Zur Freude vieler Prepaid-Nutzer bringt das iPhone 16e immer noch einen Schacht für die SIM-Karte mit.



iPhone 16e beherrscht allerdings bei Videoaufnahmen Spatial Audio und Audio-Mix, mit denen man den Raumklang beeinflussen kann. Außerdem kann es den Nachtmodus, Deep-Fusion-Berechnungen durch Mehrfachaufnahmen und den Porträtmodus.

Die Qualität von Fotos und Videos der Hauptkamera ließ im Test nichts zu wünschen übrig. Bei gutem Licht schnitt die des 16e allenfalls in Details schlechter ab die des 16 Pro. Auch das Freistellen von Personen bei Porträtaufnahmen gelang fast so gut, obwohl kein Bild einer zweiten Kamera zur Berechnung zur Verfügung steht. Die Frontkamera machte ebenfalls annähernd so gute Bilder wie beim iPhone 16 Pro.

Den neuen Button für die Kamerasteuerung gibt es beim iPhone 16e anders als beim 16 nicht. Trotzdem bietet es die KI-Funktion „Visuelle Intelligenz“, die per Kamera die physische Umgebung respektive ein Foto analysiert, um zum Beispiel die Öffnungszeiten eines Ladens herauszusuchen. Das kann man auf den programmierbaren Action-Button legen, der auch beim 16e den klassischen Lautlos-Schieber ersetzt.



Die einzelne Kamera wirkt bei einem iPhone ungewohnt, sie macht aber dank 48-MP-Sensor auch Aufnahmen wie ein Zweifach-Tele.

Akkulaufzeiten

Apple verspricht die beste Batterielaufzeit, die es je in einem iPhone dieser Größe gab. Dazu soll auch der besonders effiziente C1-Mobilfunkchip beitragen. In erster Linie dürfte es aber der Akku bewirken, der laut den Herstellerangaben zur Akku-Compliance 15,556Wh fasst. Das ist beinahe das Doppelte vom SE 3 (7,82Wh) und noch einmal mehr als beim iPhone 15 (12,98Wh) und 16 (13,84Wh).

In unseren Tests bei gleichbleibend 200 Nits Helligkeit schaffte das iPhone 16e etwas bessere Zeiten als das iPhone 15 und deutlich bessere als das iPhone SE 3 (siehe Tabelle). Das iPhone 16 überbot es nur in zwei von drei Disziplinen. Besonders der Wert von 13,4 Stunden 3D-Spiel ragt positiv hervor, der Strom reicht auf jeden Fall für einen langen Tag abseits der Steckdose.

Fazit und Preisvergleich

Das iPhone 16e kostet bei Apple mit 128 GByte 699 Euro und ist damit nur 50 Euro billiger als ein fabrikneues iPhone 15 mit Ultraweitwinkel, Dynamic Island, UWB, MagSafe und bunteren Farben. Letzterem fehlt aber Apple Intelligence. Der Abstand zum AI-fähigen iPhone 16 beträgt immerhin 250 Euro (im Handel nur 80 bis 100 Euro), wofür man noch die fotografischen Stile der zweiten Generation und Sensorshift-Bildstabilisierung bekommt. Das zuletzt für 599 Euro angebotene iPhone SE 3 mit ebenfalls 128 GByte war 100 Euro billiger, aber auch deutlich schlechter, insbesondere das Display.

Mit dem iPhone 16e bietet Apple einen gelungenen Kompromiss: es fehlen zwar einige Komfortmerkmale, die essenziellen Funktionen bringt es aber in guter Qualität mit. Es bietet aktuelle Leistung bei Prozessor und Hauptkamera. Mit Wi-Fi 6 und ohne UWB kann man leben. Der Schritt gegenüber dem gnadenlos veralteten iPhone SE 3



betterCode()

PHP 2025

Die heise-Konferenz zu PHP

25. November 2025 • Online

PHP 8.5, FrankenPHP & Caddy Server:

moderne Tools für effiziente Entwicklung.

Die Online-Konferenz zeigt dir, wie **KI**, Clean Code und klare Architekturen zusammenwirken.

- Welche **Neuheiten** bietet PHP 8.5?
- **Caddy** als Nginx-Alternative:
Wie sieht der Umstieg aus?
- **FrankenPHP**:
Warum ist der neue Server so schnell und beliebt?
- Muss ich mich um **KI-Unterstützung** kümmern?

Jetzt
Tickets
sichern!

Workshop am 27. November

php.bettercode.eu

Veranstalter



dpunkt.verlag

Kooperationspartner



iPhone 16e & Alternative		
	iPhone 16e	iPhone 16
Farben	Weiß, Schwarz	Pink, Blaugrün, Ultramarin, Weiß, Schwarz
Ausstattung		
Prozessor / Kerne / Takt	Apple A18 / 6 / 4,04 GHz	Apple A18 / 6 / 4,04 GHz
Grafik / Kerne	Apple / 4	Apple / 5
Arbeitsspeicher	8 GByte	8 GByte
Flashspeicher (Modelle)	128 / 256 / 512 GByte	128 / 256 / 512 GByte
WLAN / max. Durchsatz	802.11ax Wi-Fi 6 / 1200 MBit/s	802.11be Wi-Fi 7 / 2600 MBit/s
Bluetooth / NFC / UWB	5.3 / ✓ / —	5.3 / ✓ / ✓
Satellitenortung	GPS, GNSS	GPS, GNSS
mobile Datenverbindung	5G, Gigabit-LTE 4 × 4 MIMO	5G, Gigabit-LTE 4 × 4 MIMO
Akku / Kapazität	Lithium / 15,56 Wh	Lithium / 13,84 Wh
Abmessungen (H × B × T)	146,7 × 71,5 × 7,8 mm	147,6 × 71,6 × 7,8 mm
Gewicht	167 g	170 g
Anschlüsse	USB-C	USB-C
Aktions- / Kamerataste	✓ / —	✓ / ✓
sonstige Ausstattung	Face ID, kabelloses Laden (Qi), schnelles Aufladen, IP-68-Wasserresistenz, Taptic Engine, Nano-SIM und Dual eSIM, Stereolautsprecher, Stereoaufnahmen, HDR10/Dolby-Vision, Unfallerkennung, Satellitennotruf	Face ID, kabelloses Laden (Qi2 und MagSafe), schnelles Aufladen bis 25 W, IP-68-Wasserresistenz, Taptic Engine, Nano-SIM und Dual eSIM, Stereolautsprecher, 3D- oder Stereoaufnahmen, HDR10/Dolby-Vision, Unfallerkennung, Satellitennotruf
Kamera		
rückwärtige Kameras Foto / Video	48 MP Weitwinkel, 4K bei 60 fps, Bildstabilisator, Blende 1,6, Smart HDR 5, Nachtmodus, Deep Fusion, Porträtmodus, Fotografische Stile	48 MP Weitwinkel, 12 MP Ultraweitwinkel, 4K bei 60 fps, Bildstabilisator mit Sensorverschiebung (nur Weitwinkel), Blende 1,6 und 2,2, Smart HDR 5, Nachtmodus, Deep Fusion, Porträtmodus, Fotografische Stile neue Generation, Kinomodus, Actionmodus, räumliche Aufnahmen
Frontkamera Fotos / Video	12 MP, Display als Fotoleuchte, 4K bei 60 fps, Bildstabilisator, Blende 1,9, Smart HDR 5, Fotografische Stile, Infrarotkamera für Gesichtserkennung, Nachtmodus, Deep Fusion	12 MP, Display als Fotoleuchte, 4K bei 60 fps, Bildstabilisator, Blende 1,9, Smart HDR 5, Fotografische Stile neue Generation, Kinomodus, Infrarotkamera für Gesichtserkennung, Nachtmodus, Deep Fusion
Sensoren	Gesichtserkennung, Barometer, 3-Achsen-Gyroskop, Kompass, High-G-Beschleunigung, Annäherung, 2 × Umgebungslicht	Gesichtserkennung, Barometer, 3-Achsen-Gyroskop, Kompass, High-G-Beschleunigung, Annäherung, 2 × Umgebungslicht
Display		
Technik / Größe (Diagonale)	OLED, Notch / 6,1 Zoll	OLED, Dynamic Island / 6,1 Zoll
Auflösung / Seitenverhältnis	2532 × 1170 Pixel bei 460 dpi / 16:7,4	2556 × 1179 Pixel bei 460 dpi / 16:7,4
Helligkeit (gemessen)	762/1126 cd/m²	741/1737 cd/m²
Kontrast / Farbraum	Laut Apple 2 Mio.:1 / DCI-P3 (True-Tone-Anpassung)	Laut Apple 2 Mio.:1 / DCI-P3 (True-Tone-Anpassung)
Bewertungen		
Bedienung / Performance	⊕⊕⊕ / ⊕⊕⊕	⊕⊕⊕ / ⊕⊕⊕
Display	⊕	⊕⊕
Laufzeit	⊕⊕	⊕⊕
Kamera Fotos / Video	⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕⊕⊕
Garantie	1 Jahr	1 Jahr
Lieferumfang	iPhone, USB-C-zu-C-Kabel	iPhone, USB-C-zu-C-Kabel
Preise (bei Marktstart / aktuell)	699 € (128 GByte) / 829 € (256 GByte) / 1079 € (512 GByte)	949 € (128 GByte) / 1079 € (256 GByte) / 1329 € (512 GByte)
✓ vorhanden — nicht vorhanden ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht		

ist riesig, leider auch der Preissprung. Wir raten Ihnen zu dem Gerät nur, wenn Sie ein möglichst günstiges iPhone möchten, dass Apple Intelligence beherrscht. Wem es nicht auf Apple Intelligence, aber auf eine Ultraweitwinkelkamera ankommt, der

kann zum iPhone 15 greifen, das Händler etwa zum gleichen Preis anbieten. Wer beides will, muss bei Apple die 949 Euro für das iPhone 16 hinlegen oder bei Drittanbietern nach einem Angebot (bis 780 Euro) schauen. (jes) **ct**

Ihre Meinung,
Zusatzmaterial, Webcode:

ct.de/wxzd

Der Podcast zu Apple Vision Pro:

TNBT

THE NEXT (BIG) THING



Mac & i begleitet die Apple Vision sowie die Chancen und Herausforderungen von „räumlichem Computing“ mit einem neuen Podcast: TNBT – The Next (Big) Thing beleuchtet die jüngsten Entwicklungen rund um die neue Plattform mitsamt den Auswirkungen auf IT-Branche und Gesellschaft.

mac-and-i.de/tnbt

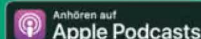
Jetzt anhören auf:



Spotify



deezer



amazon music

Ein Angebot von **Mac&i**



iPad 11 mit A16

Das iPad 11 hat doppelt so viel Speicher und mit dem A16 einen wesentlich schnelleren Chip als der Vorgänger von 2022, kostet aber trotzdem nur 400 Euro. Für wen sich der Kauf des iPad 2025 lohnt.

Von **Johannes Schuster**

Das einfache iPad ist bereits mit der letzten Generation erwachsen geworden: Das größere Display mit dem schmalen Rahmen bei kantigeren Formen lässt es modern aussehen. Der Fingerabdrucksensor ist an die Seite gewandert und als (einziger) Anschluss dient USB-C. Das Tablet lässt sich mit einem Pencil und einem Apple-Key-board bedienen.

A16-Chip mit abgeklemmten Kernen

Zu den Neuerungen: Den A14 Bionic hat Apple gegen den A16-Chip aus dem iPhone 14 Pro getauscht. Anders als dort bringt er aber nur drei statt vier Effi-

zienkerne mit. Während sich die Ergebnisse beim Geekbench auf einem Kern fast gleichen, schaffen alle zusammen lediglich 90 Prozent des iPhone-Wertes. Auch der GPU hat Apple einen der eigentlich fünf Kerne geraubt und sie kommt auf etwa 80 Prozent der Performance des iPhone 14 Pro. Trotzdem überbietet das iPad 11 auch mit seinem abgespeckten Chip das iPad 10 um 50 bis 64 Prozent bei der CPU-Leistung und um 17 bis 22 Prozent bei GPU-Tests. Dies hängt vor allem mit der Steigerung des CPU-Taktes von 3 auf 3,5 GHz und der Vergrößerung des Arbeitsspeichers von 4 auf 6 GByte zusammen.

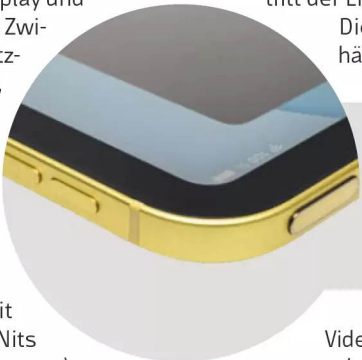
Die Leistung der 16-kernigen KI-Einheit (Neural Engine) hat sich sogar um 85 Prozent verbessert. Das reicht zusammen mit dem immer noch zu knap-

pen RAM aber laut Hersteller nicht für die Funktionen von Apple Intelligence aus. Nach dem Aufspielen von iPadOS 18.4 erschien nicht einmal der Dialog, um die KI einzurichten. Anspruchsvolle Spiele wie Assassin's Creed: Mirage oder die Resident-Evil-Reihe laufen ebenfalls nicht auf dem normalen iPad, dafür aber Final Cut Pro und Logic mit den Basisfunktionen. Beim Textschreiben oder Surfen fühlt sich das iPad 11 sehr flott an und dürfte für Standardaufgaben auch in den nächsten Jahren noch genügend Leistung bringen.

Ansonsten bringt das Cellular-Modell nun keinen Steckplatz mehr für eine SIM-Karte mit, sodass man wie bei den anderen iPads auf eine eSIM ausweichen muss. Das Netzteil hat Apple aus dem Lieferumfang gestrichen, das iPad 11 kommt nur mit einem Kabel zum Laden.

Spiegelndes Display mit Luftspalt

Anders als alle anderen iPads muss Apples einfaches Tablet ohne ein auflaminiertes Display und gute Entspiegelung auskommen. Zwischen dem Panel und der Vorsatzscheibe klappt ein dünner Luftspalt, der (beim Übergang zwischen optisch verschieden dichten Medien) zu zusätzlichen Brechungen führt. Lichtquellen im Rücken des Anwenders sorgen so im Test für starke Spiegelungen, iPad Air und Pro liefern wesentlich bessere Ergebnisse. Die Helligkeit von laut Hersteller maximal 500 Nits (wir haben 450 Candela/m² gemessen) konnte dies nicht immer ausgleichen. Besonders draußen an der Sonne sahen wir manchmal die Bild-



inhalte nicht mehr, zum Beispiel beim Aufnehmen von Fotos oder Videos. Der Farbraum umfasst lediglich RGB (gegenüber dem größeren DCI-P3) und die Bildwiederholrate liegt starr bei 60 Hertz. Übrigens besitzt der Bildschirm weiterhin (und wie beim fast gleichgroßen iPad Air 11") eine Diagonale von 10,86 Zoll, auch wenn Apple es plötzlich als 11-Zoll-Display bezeichnet.

Videos mit 4K-Auflösung

Die Hauptkamera fertigte knackig scharfe Fotos mit 12 Megapixeln. Auf bunten und metallischen Flächen neigten sie zu leichtem Farbrauschen und manchmal zu flauen Farben. Videos mit 4K-Auflösung und 60fps gelangen dem iPad meistens gut und mit erfolgreicher Entwicklung. Bei Bewegungen im Bild entstanden allerdings unscharfe Wischeffekte, die etwa bei Beendigung eines Schwenks nach einem Wimpernschlag verschwanden. Hier ist der Bildprozessor bei der Arbeit nicht schnell genug, bei modernen iPhones tritt der Effekt weit schwächer auf.

Die Frontkamera sitzt an der langen Gehäuseseseite, sodass sie den Anwender bei

Die drei Knöpfe des iPad 11 liegen dicht beieinander, der Touch-ID-Sensor wandert auf die linke Seite, wenn man mit dem iPad an der Tastatur arbeitet.

Videokonferenzen zentral aufnimmt, wenn man das Tablet quer hält oder es in die Tastatur steckt. Sie lieferte ebenfalls Bilder mit 12 Megapixeln, allerdings mit mehr Farbrauschen und weit

Leistungsvergleich iPads

	Geekbench 6			GFX Bench	3DMark	Geekbench AI	Browser	Akku		
	Single-Core Score	Multi-Core Score	GPU Score	1080p Manhattan Offscreen (fps)	Wild Life Extreme (fps)	Neural Engine, Half Precision Score	JetStream 2 (Punkte)	Surfen (h)	Video (h)	3D-Spiel (h)
	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►
iPad mini 7 (2024)	2979	7401	25240	244	18,2	24987	330	11,5	10,4	6,9
iPad 10 10,9" (2022)	1564	4027	16831	187	12,5	12595	200	9,5	8,8	7,3
iPad 11 A16 (2025)	2570	6036	19755	237	15,2	23254	326	10,9	10,4	7,6
iPad Air 11" (2025)	3038	11657	45622	461	39,4	30631	308	9,6	8,8	7,5



Der Bildschirm des iPad 11 spiegelt Umgebungslicht deutlich mehr als das laminierte und entspiegelte Display des iPad Pro (rechts).

geringerer Schärfe. Der Bereich hoher Schärfe reichte bei gutem Licht einige Meter weit. Videos lösen leider nur mit maximal 1080p auf, die Qualität ist aber für Videotelefonie völlig okay. Die Auflösung reicht auch für Center Stage, wo der Bildausschnitt automatisch mit dem Sprecher mitgeführt wird, wenn der sich im Erfassungsrahmen von 120 Grad bewegt.

Bewährte Ausstattung

Es bleibt bei den Gehäusefarben Silber, Blau, Gelb und Pink. Den Touch-ID-Sensor an der linken Seite können Rechtshänder nicht mehr so gut mit dem Lieblingszeigefinger erreichen, wenn das Gerät im Querformat steht. Als Workaround kann man zusätzlich einen Finger der linken Hand hinterlegen. Lautsprecher an den kurzen Seiten sorgen für Stereound.

An der USB-C-Buchse liegt nur USB-2.0-Geschwindigkeit an. Wir konnten in der Dateien-App Daten mit rund 37 MByte/s übertragen. Schnellladen steht beim iPad 11 nicht zur Verfügung. Mit einem 20-Watt-Netzteil von Apple brauchte es für 50 Prozent eine Stunde. Mit einem 67-Watt-Netzteil benötigte es 45 Minuten bei einer Leistung von 27 und bis 30 Watt in der Spitze.

Apple beließ es bei Wi-Fi 6 mit Bruttoraten von 1200 MBit/s. Netto konnten wir gegen den WLAN-7-Router Deco von TP-Link im Nahbereich 820 MBit/s im Durchschnitt messen.

Optional kann man weiterhin das Magic Keyboard Folio über den Smart Connector anschließen, wodurch dieses keinen eigenen Akku braucht. Als Stift dienen auf Wunsch der Pencil der ersten Generation (den man mit einem Lightning-Adapter laden muss) oder der mit USB-C.

Akkulaufzeiten verbessert

Die Apple-Prozessoren lernen mit jeder Generation, besser Energie zu sparen, was sich auf die Akkulaufzeit auswirkt. Der Stromspeicher fasst nun 28,9 statt 28,6 Wattstunden. Beim Videoschauen schaffte das neue iPad 10,4 und somit 1,6 Stunden mehr als der Vorgänger. Beim Surfen waren es 10,9 statt 9,5 Stunden. In jedem Fall reicht die Power für einen normalen Arbeitstag.

Fazit

Über die Entwicklung bei Speicher und Preisen können sich potenzielle Käufer freuen: Das anfangs für

iPad 11 und Vorgänger		
	iPad 10 (2022)	iPad 11 A16 (2025)
Farben	Silber, Blau, Gelb, Pink	Silber, Blau, Gelb, Pink
Ausstattung		
Prozessor/Kerne/Takt	Apple A14 Bionic (Neural Engine mit 16 Kernen)/2+4/3,0 GHz	Apple A16 (Neural Engine mit 16 Kernen)/2+3/3,5 GHz
Grafik/Kerne	Apple/4	Apple/4
Arbeitsspeicher	4 GByte	6 GByte
Flash-Speicher (Modelle)	64/256 GByte	128/256/512 GByte
WLAN, max. Durchsatz	Wi-Fi 6, 1,2 GBit/s	Wi-Fi 6, 1,2 GBit/s
mobile Datenverbindung	5G	5G
Bluetooth/GPS	5.2/GPS und GNSS (nur 5G-Modelle)	5.3/GPS und GNSS (nur 5G-Modelle)
SIM	Nano-SIM, eSIM (nur 5G-Modelle)	eSIM (nur 5G-Modelle)
Akku/Kapazität	Lithium-Polymer/28,6 Wh	Lithium-Polymer/28,9 Wh
Abmessungen (H × B × T)	248,6 × 179,5 × 7,0 mm	248,6 × 179,5 × 7,0 mm
Gewicht mit/ohne 5G	481/477 g	481/477 g
Anschlüsse	USB-C, Smart Connector	USB-C, Smart Connector
Audio	Stereolautsprecher, 2 Mikrofone	Stereolautsprecher, 2 Mikrofone
Kameras		
Hauptkamera-Auflösung Foto/Video	12 MPixel/4K bei 60 fps	12 MPixel/4K bei 60 fps
Frontkamera-Auflösung Foto/Video	12 MPixel/1080p bei 60 fps	12 MPixel/1080p bei 60 fps
Sensoren	Fingerabdruck, Barometer, 3-Achsen-Gyroskop, Beschleunigung, Umgebungslicht	Fingerabdruck, Barometer, 3-Achsen-Gyroskop, Beschleunigung, Umgebungslicht
Display		
max. Helligkeit (gemessen)	445 cd/m²	450 cd/m²
Farbraum	RGB	RGB
Technik/Diagonale	IPS/10,86 Zoll (27,69 cm)	IPS/10,86 Zoll (27,69 cm)
Auflösung	2360 × 1640 Pixel bei 264 dpi	2360 × 1640 Pixel bei 264 dpi
sonstiger Lieferumfang	USB-C-Kabel, 20-Watt-Netzteil	USB-C-Kabel
Apple-Zubehör	Pencil (1. Gen) und USB-C, Magic Keyboard Folio	Pencil (1. Gen) und USB-C, Magic Keyboard Folio
Bewertungen		
Bedienung/Performance	⊕/○	⊕/⊕
Ausstattung/Preis-Leistung	○/○	○/⊕⊕
Display/Laufzeit	○/○	○/⊕
Kamera Fotos/Videos	○/○	○/○
Preise bei Markteinführung	579/779 € (64/256 GByte), mit 5G 170 € Aufpreis	399/529/779 € (128/256/512 GByte), mit 5G 170 € Aufpreis
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden — nicht vorhanden		

**Ihre Meinung,
Zusatzmaterial, Webcode:**
ct.de/w4fm

579 Euro angebotene iPad 10 wurde im Laufe der Zeit immer günstiger. Mit dem überarbeiteten Modell zog Apple die Preise zum Glück nicht wieder an, sondern verdoppelte auch noch den Flash-Speicher-Umfang im Basismodell von 64 auf 128 GByte. Für knapp 400 Euro bekommt man ein erwachsenes Gerät mit recht guter Ausstattung was Chip, Flash-Speicher und Kamera angeht. Verzichten muss man allerdings auf das mit mehr Funktionen aufwarten-

de Apple Intelligence und ein gut entspiegeltes Display, was den Modellen Mini, Air und Pro vorbehalten bleibt. Die sind dafür sehr viel teurer, als die bessere Ausstattung rechtfertigen würde. Unter Strich ist das einfache iPad das ideale Gerät für Schüler, Büro und Hobby-Anwendungen mit dem besten Preis-Leistungs-Verhältnis. Wer sein Geld mit dem Tablet verdienen will, greift besser zu einem Air oder Pro. (jes) **ct**

iPad Air mit M3

Der Test klärt, ob sich das iPad Air M3 lohnt, ob man genauso gut den Vorgänger wählen kann oder ob man doch lieber zum Pro-Modell greifen sollte.

Von **Inge Schwabe**

Im Jahr 2024 hatte Apple anstelle eines 10,9-Zölers zwei Air-Modelle mit 11 und 13 Zoll Bildschirmdiagonale veröffentlicht und führte diese 2025 fort. Beim iPad Air mit M3-Chip in 11 Zoll fallen äußerlich im Vergleich zum Vorgänger keine Veränderungen auf. Die Maße des 6,1 mm flachen Aluminiumgehäuses sind unverändert und alle Bauteile an Ort und Stelle geblieben: Die Lautsprecher an

den Seiten sorgen für Stereo im Querformat – ideal für die Medienwiedergabe. Frontkamera und Mikrofon sitzen auf der Längsseite, wovon vor allem Videotelefonate profitieren, bei denen das Tablet mit dem Magic Keyboard verbunden ist. Entsperrt wird das iPad Air weiterhin über einen Fingerabdrucksensor im Einschaltknopf. Ungewöhnlich: Beim Modellwechsel brachte Apple nicht mal frische Farben



zur Wahl stehen wie beim Vorgänger „Blau, Violett, Polarstern und Space Grau“ um in der schmalen Spalte den Umbruch zu umgehen

Bessere Grafikleistung dank Apple M3

Beim Herzstück des Tablets ersetzt Apple bei weiterhin 8 GByte Arbeitsspeicher den M2 durch einen M3. Auf dem Papier lesen sich die Kernpunkte erst mal gleich. Beide besitzen je vier Performance- und vier stromsparende Effizienzkerne und arbeiten mit einer 9-Kern-GPU zusammen. Bei genauem Hinsehen unterscheiden sie sich allerdings klar. Der M3 ist Apples erster Chip in 3-Nanometer-Technologie, deren höhere Transistordichte gegenüber dem M2 (5 Nanometer) einen Performancegewinn bringt. Dazu kamen mit dem M3 Technologien wie dynamisches Caching für eine effizientere GPU-Auslastung, hardwarebeschleunigtes Raytracing für realistischere Grafiken und eine verbesserte Neural Engine. Im Test weisen sowohl Single- und Multi-Core-Benchmarks als auch der Grafiktest 3DMark gegenüber dem iPad Air mit M2 Leistungssteigerungen um 15 Prozent aus. Die Zuwächse auf Apples Grafik-Engine Metal fielen moderater aus, zeigten aber immer noch ein Plus von 9 Prozentpunkten.

Spürbare Verbesserungen kann die Media Engine des M3 Anwendern bringen. Durch sie kommen für Videoschnittprogramme wie Final Cut Pro und DaVinci Resolve die Apple-Formate ProRes und ProRes RAW auf das iPad und verbessern mit einem AV1-Decoder die Streamingbedingungen.

Kein OLED beim Air

Ein OLED-Display, das inzwischen beim iPad Pro Einzug gehalten hat, steht beim Air weiter nur auf der Wunschliste. Es bleibt beim antireflexbeschichteten IPS-Panel.

Die True-Tone-Technologie stimmt wie gehabt auf Wunsch den Weißpunkt mit dem Umgebungslicht ab. Das Display unterstützt den DCI-P3-Farbraum, der in kreativen Anwendungen punktet und Filme, Fotos und Spiele lebendiger erscheinen lässt. Auch in Sachen HDR kann das Mittelklasse-iPad den Rückstand zum Pro nicht verkürzen. Und so liegen im Vergleich der beiden Tablets abgesehen von der CPU die größ-



Seit dem iPad Air M3 bringt Apple auch ein Magic Keyboard für iPad Air heraus.

ten Unterschiede beim Display. Zwar kommt das Air bei einer Auflösung von 2360×1640 Pixeln auf die gleiche Pixeldichte von 264 ppi wie das Pro; doch punktet letzteres mit der zweifachen Bildfrequenz von bis zu 120 Hertz und dank OLED mit über 1000 cd/m^2 auch bei der Helligkeit. Das Air erreicht laut

Apple gerade mal 500 cd/m^2 , der Test bestätigte das mit 478 cd/m^2 . Sitzt man mit dem iPad auf dem Balkon, reicht das nicht. Im Schatten sowie drinnen zeichnet sich das Tablet aber durch eine lebendige und kontrastreiche Darstellung aus.

Kameras und Funk ohne nennenswerte Unterschiede

Die Frontkamera besitzt wie bisher ein Ultraweitwinkelobjektiv, um einerseits möglichst viele Personen einzufangen, die sich vor der Kamera versammeln. Andererseits ermöglicht es der größere Erfassungswinkel dem Modus Center Stage, einer Person zu folgen, wenn sie sich von der Kamera wegbewegt. Foto- und Videoaufnahmen sind nur mit 12 Megapixeln respektive in Full-HD bei 60 fps möglich. Hinsichtlich Schärfe und Kontrast bleibt die Frontkamera des iPad Air aber deutlich hinter der Selfiekamera eines iPhone 16 Plus zurück. Bei der Hauptkamera überraschte im Test jedoch positiv, dass – anders als beim iPad Air 2024 – eine Videoaufnahme mit schneller Kameraführung ohne unangenehme Auffälligkeiten gelang. Hierbei könnte die bessere Grafikleistung des M3 eine Rolle spielen. Bei Übergängen vom Hellen ins Dunkle und zurück reagierte auch die Belichtung zügig.

In den Cellular-Modellen des Air verbaut Apple seit letztem Jahr nur noch eine eSIM und gönnt ihm nicht das neue C1-Modem. Zu den weiteren Kommunikationsstandards zählen wie gehabt Bluetooth 5.3 und WLAN 6E. Letzteres ermöglicht durch den Zugriff auf das 6-GHz-Band (neben 2,4 GHz und 5 GHz) zusätzliche Bandbreiten von 480 MHz.

Über den USB-C-Anschluss im Standard USB 3.2 lassen sich nicht nur Daten mit 10 GBit/s an etwa

Leistungsvergleich

	Geekbench 6			GFX Bench	3DMark	Geekbench AI	Browser	Akku		
	Single-Core Score	Multi-Core Score	GPU (Metal)	1080p Manhattan Offscreen (fps)	Wild Life Extreme (fps)	Neural Engine, Half Precision Score	JetStream 2 (Punkte)	Surfen (h)	Video (h)	3D-Spiel (h)
	besser ➤	besser ➤	besser ➤	besser ➤	besser ➤	besser ➤	besser ➤	besser ➤	besser ➤	besser ➤
iPad mini 7 (2024)	2979	7401	25240	244	18,2	24987	330	11,5	10,4	6,9
iPad 10 10,9" (2022)	1564	4027	16831	187	12,5	12595	200	9,5	8,8	7,3
iPad Air 5 (2022)	2282	8231	32064	380	30,0	15289	179	10,2	9,1	7,2
iPad Air 13" (2024)	2592	10083	41842	444	33,7	27125	326	12,5	11,0	8,0
iPad Air 11" (2025)	3038	11657	45622	461	39,4	30631	308	9,6	8,8	7,5
iPad Pro 12,9" (2022)	2571	9777	45789	528	40,4	25700	272	10,8	10,8	7,1
iPad Pro 11" (2024)	3685	14690	53832	578	51,1	36293	452	15,1	16,4	12,0
iPad Pro 13" (2024)	3677	14520	53624	537	52,4	36230	429	16,4	17,0	9,9

externe SSDs übertragen und das iPad laden, sondern auch andere Geräte wie die Watch mit Strom versorgen. Praktisch ist das vor allem in Verbindung mit dem Magic Keyboard (siehe Kasten).

Laufzeit und Preise bleiben stabil

Apple verspricht für das iPad Air M3 bei identischer Akku-Kapazität von 28,93Wh die gleiche Ausdauer wie im Vorjahr, also bis zu 10 Stunden etwa bei der Videowiedergabe. In unseren Tests der verschiedenen iPad-Generationen verbesserte sich die Laufzeit vom M1-auf das M2-Modell geringfügig und blieb nach dem Wechsel zum M3 in etwa stabil. In der Praxis hält der voll geladene Akku das iPad in dem Rennspiel Asphalt 8 bei einer fixierten Helligkeit von 200cd/m² siebeneinhalb Stunden auf der Straße. Damit sollte es einen Arbeitstag mit weniger leistungshungrigen Anwendungen locker durchhalten.

Die Preise hat Apple nicht verändert. Das lässt sich so eindeutig feststellen, weil es auch bei den Speichervarianten keine Veränderung gibt. So bekommt man das günstigste iPad Air als reines Wi-Fi-Tablet mit 128 GByte Speicher weiterhin für 699 Euro, die Vollausstattung mit eSIM und einem



Die 12-Megapixel-Kamera profitiert bei Videos erkennbar vom M3-Chip.

Terabyte Speicher zu 1499 Euro. Beim iPad Air mit 13 Zoll blieben die Preise ebenfalls gleich, sie liegen dort zwischen 949 und 1749 Euro (siehe Tabelle). Hinzu kommen gegebenenfalls 89 Euro für den Pencil mit USB-C oder 149 Euro für den Apple Pencil Pro sowie 329 Euro für das neue Magic Keyboard.

Fazit

Nachdem das iPad Air in der Vergangenheit immer wieder Bauteile oder Funktionen vom leistungsfähigeren iPad Pro erhalten hat, schauen wir diesmal in die Röhre. Allerdings ist seit dem letzten größeren Update nicht mal ein Jahr vergangen und der Verbesserungsdruck noch nicht hoch. OLED wäre wünschenswert, doch damit will Apple offenbar weiter sein Premium-Tablet schmücken. Das diesjährige Air-Update zielt vorrangig auf eine bessere Leistung für Apple Intelligence und anspruchsvolle Grafikanwendungen. Wer die potentere Grafik schätzt und sie nutzen kann, greift aber unter Umständen gleich zum Pro mit M4 und, bei den Modellen ab 1 TByte, 16 GByte Arbeitsspeicher.



Die Einschalttaste mit Fingerabdrucksensor sitzt – für Rechtshänder unter Umständen unpraktisch – im Querformat über dem linken Lautsprecher.

Magic Keyboard ist modellabhängig

2025 hat Apple ein neues Magic Keyboard vorgestellt. Es ist nach wie vor Tastatur, Schutz und Ständer zugleich. Das Keyboard verfügt über zwei Gelenke, womit sich das iPad etwa einen Zentimeter über der Tastatur in einem schrägen Winkel positionieren lässt. Das vermittelt ein wenig das Gefühl von Monitor und Tastatur.

Das kleine Trackpad mit gutem Druckpunkt ermöglichte im Test eine präzise Steuerung. Die Tasten mit Scherenmechanismus sind ebenfalls gut bedienbar, sofern man beim 11-Zoll-Modell mit der beengteren Anordnung klarkommt. Bei den aktuellen Modellen trennt Apple zwischen einem Magic Keyboard für iPad Pro und einem Magic Keyboard für iPad Air. Letzteres hat im zusammengeklappten Zustand mit Tablet eine Dicke von 15,2 mm. Beide besitzen über dem bisherigen Tastenfeld eine Leiste mit 14 Funktionstasten und ein größeres Trackpad. Mit der Trennung verliert das Magic

Keyboard für iPad Air allerdings die Hintergrundbeleuchtung des früheren Magic Keyboard. Apple hat sie nur dem Keyboard für das iPad Pro gelassen, ebenso das haptische Feedback. Zudem ist das Pro-Keyboard (349 Euro) wahlweise in Weiß oder Schwarz erhältlich und verwendet Aluminium, wo beim Keyboard für das Air (329 Euro) weißer Kunststoff zum Einsatz kommt.

Im Scharnier besitzen beide einen USB-Anschluss, um das iPad zu laden; Daten lassen sich nicht übertragen. Der Keyboard-Anschluss sitzt dem iPad-eigenen praktischerweise gegenüber, sodass man etwa bei einem zu kurzen Kabel zwischen beiden Seiten wählen kann. Wem das Laden über das Keyboard in der Vergangenheit zu langsam erschien, wird den leistungsfähigeren Port schätzen: Im Test mit einem 20-Watt-Netzadapter dauerte das Laden am iPad zweieinhalb Stunden, über das Magic Keyboard gerade mal 5 Minuten länger.



3. Dezember

Microsoft 365 im Griff

Teams & Tools produktiv
im Team einsetzen



Jetzt Ticket sichern:

webinare.heise.de/microsoft365

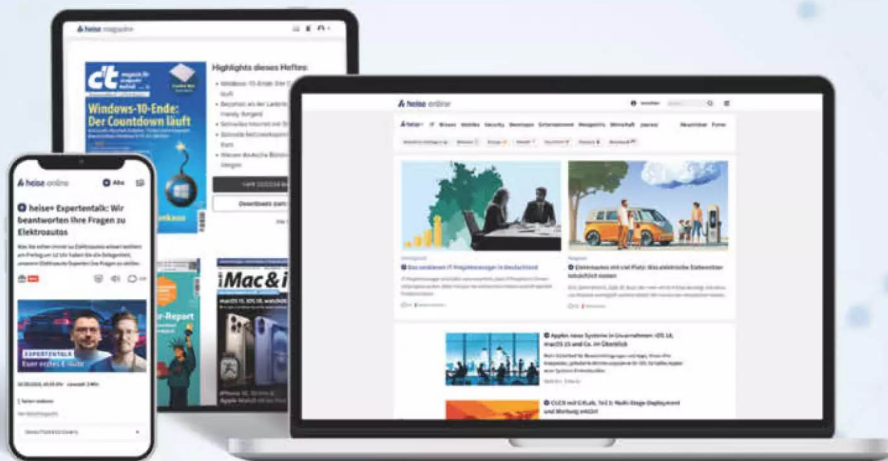
iPad Air 11" (2025) im Vergleich

	iPad Air 11" (2024)	iPad Air 11" (2025)	iPad Pro 11" (2024)
Farben	Polarstern, Space Grau, Violett, Blau	Polarstern, Space Grau, Violett, Blau	Silber, Space Schwarz
Ausstattung			
Prozessor / Kerne / Takt	Apple M2 (Neural Engine mit 16 Kernen) / 8 (4 + 4) / 3,5 GHz	Apple M3 (Neural Engine mit 16 Kernen) / 8 (4 + 4) / 4,0 GHz	Apple M4 (Neural Engine mit 16 Kernen) / 9 bis 10 (3 bis 4 + 6) / 4,4 GHz
Grafik / Kerne	Apple / 9	Apple / 9	Apple / 10
Arbeitsspeicher	8 GByte	8 GByte	8 bis 16 GByte
Flashspeicher (Modelle)	128 / 256 / 512 / 1024 GByte	128 / 256 / 512 / 1024 GByte	256 / 512 / 1024 / 2048 GByte
WLAN / max. Durchsatz	Wi-Fi 6E (inkl. 6 GHz) / 2,4 GBit/s	Wi-Fi 6E (inkl. 6 GHz) / 2,4 GBit/s	Wi-Fi 6E (inkl. 6 GHz) / 2,4 GBit/s
mobile Datenverbindung	5G	5G	5G
Bluetooth / GPS	5.3 / GPS + GNSS (nur 5G-Modell)	5.3 / GPS + GNSS (nur 5G-Modell)	5.3 / GPS + GNSS (nur 5G-Modell)
SIM	eSIM (nur 5G-Modell)	eSIM (nur 5G-Modell)	eSIM (nur 5G-Modell)
Akku / Kapazität	Lithium-Polymer / 28,9 Wh	Lithium-Polymer / 28,9 Wh	Lithium-Polymer / 31,3 Wh
Abmessungen (H × B × T)	247,5 mm × 178,5 mm × 6,1 mm	247,6 mm × 178,5 mm × 6,1 mm	249,7 mm × 177,5 mm × 5,3 mm
Gewicht mit / ohne 5G	462 / 462 g	460 / 460 g	446 / 444 g
Anschlüsse	USB-C	USB-C	Typ-C mit USB 4 und Thunderbolt 3
Audio	Stereolautsprecher, 2 Mikrofone	Stereolautsprecher, 2 Mikrofone	4 Lautsprecher, 4 Mikrofone
Kameras			
Hauptkamera-Auflösung Foto / Video	Weitwinkel, 12 MPixel / 4K bei 60 fps	Weitwinkel, 12 MPixel / 4K bei 60 fps	Weitwinkel, 12 MPixel / 4K bei 60 fps
HDR / Panorama / Fotoleuchte	✓ / ✓ / –	✓ / ✓ / –	✓ / ✓ / ✓
Frontkamera-Auflösung Foto / Video	12 MPixel / 1080p bei 60 fps	12 MPixel / 1080p bei 60 fps	12 MPixel / 1080p bei 60 fps
Sensoren	Fingerabdruck, Barometer, 3-Achsen-Gyroskop, Beschleunigung, Umgebungslicht	Fingerabdruck, Barometer, 3-Achsen-Gyroskop, Beschleunigung, Umgebungslicht	Gesichtserkennung, Barometer, 3-Achsen-Gyroskop, Beschleunigung, Umgebungslicht, LiDAR
Display			
max. Helligkeit	laut Hersteller: 500 cd/m²	478 cd/m²	589 (874 in der Sonne, 1308 mit HDR) cd/m²
Farbraum	DCI-P3	DCI-P3	DCI-P3
Technik / Diagonale	IPS Glossy, laminiert, Antireflex / 11 Zoll (27,69 cm)	IPS Glossy, laminiert, Antireflex / 11 Zoll (27,69 cm)	Tandem OLED Glossy, laminiert, Antireflex, 120 Hz (optional mit Nanotextur) / 11 Zoll (27,94 cm)
Auflösung	2360 × 1640 Pixel bei 264 dpi	2360 × 1640 Pixel bei 264 dpi	2420 × 1668 Pixel bei 264 dpi
sonstiger Lieferumfang	USB-C-Kabel	USB-C-Kabel	USB-C-Kabel
Apple-Zubehör	Pencil Pro und Pencil USB-C, Magic Keyboard	Pencil Pro und USB-C, Magic Keyboard für iPad Air	Pencil Pro und Pencil USB-C, Magic Keyboard für iPad Pro
Bewertungen			
Bedienung / Performance	nicht getestet	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕
Ausstattung / Preis-Leistung	nicht getestet	⊕ / ⊕	⊕⊕ / ○
Display / Laufzeit	nicht getestet	⊕ / ○	⊕⊕ / ⊕⊕
Kamera Fotos / Videos	nicht getestet	○ / ○	○ / ○
Preise (bei Markteinführung)	699 / 869 € (128 GByte / mit 5G), 829 / 999 € (256 GByte / mit 5G), 1079 / 1249 € (512 GByte / mit 5G), 1329 / 1499 € (1 TByte / mit 5G)	699 / 869 € (128 GByte / mit 5G), 829 / 999 € (256 GByte / mit 5G), 1079 / 1249 € (512 GByte / mit 5G), 1329 / 1499 € (1 TByte / mit 5G)	1199 / 1449 € (256 GByte / mit 5G), 1449 / 1699 € (512 GByte / mit 5G), 1929 / 2179 € (1 TByte / mit 5G), 2409 / 2659 € (2 TByte / mit 5G), Nanotextur +130 €
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden – nicht vorhanden			

Das aktuelle iPad-Portfolio erstreckt sich somit über ein 11-Zoll-Standard-iPad, das iPad Air als Mittelklasse mit 11 und 13 Zoll sowie zwei Pro-Modelle, ebenfalls mit 11 und 13 Zoll Bildschirmdiagonale. Die unveränderten Preise des iPad Air bedeuten weiterhin ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis. Für das iPad Pro bei vergleichbarem Speicher zwischen 370 und 450

Euro Aufpreis zu zahlen, lohnt sich dann, wenn man dessen höhere Leistung braucht, für den LiDAR-Scanner-Verwendung hat oder – ganz profan – die deutlich längere Laufzeit möchte. Das iPad 11 ist für Apple Intelligence ungeeignet und damit ein Sonderling, von dem man ohne besondere Gründe die Finger lassen sollte.

Ihre Meinung,
Zusatzmaterial, Webcode:
ct.de/wcnn



ct **Mac&i** **iX** **Make:** **c't** **Fotografie**

Magazin-
Abonnenten lesen
70%
günstiger

heise+

Das digitale Abo für IT und Technik.

Exklusiver Sonderrabatt für Magazin-Abonnenten:

- ✓ Zugriff auf alle kostenpflichtigen Artikel auf heise.de und in der App
- ✓ Alle Ausgaben der Magazine c't, iX, Mac & i, Make und c't Fotografie digital und als PDF verfügbar
- ✓ Wöchentlicher Newsletter mit allen Highlights und Empfehlungen
- ✓ Jederzeit kündbar

Jetzt bestellen unter

heiseplus.de/upgraden

Oder einfach QR-Code scannen



✉ leserservice@heise.de ☎ 0511 / 647 22 888

Ein Angebot von: Heise Medien GmbH & Co. KG • Karl-Wiechert-Allee 10 • 30625 Hannover

iPad Pro 13" M5

Apple hat das iPad Pro nach 17 Monaten renoviert und ihm mit als Erstes den neuen Apple-Chip M5, mehr RAM und Wi-Fi 7 spendiert. Doch ist es im Vergleich zu den Geschwistern den höheren Preis wert?

Von **Johannes Schuster**

Wieder einmal debütierte eine neue Chip-generation im iPad: Der neue M5 erreicht allerdings gleichzeitig im MacBook Pro und in der Vision Pro die Regale. Außerdem bringen ab sofort die Versionen des iPad Pro mit 256 und 512 GByte Flash nun 12 statt 8 GByte Arbeitsspeicher mit, bei den Varianten mit 1 und 2 TByte bleiben es 16 GByte. Gleichzeitig hat Apple den Basispreis um 100 Euro gesenkt. Zudem gibt es 11-Zoll-Ausführungen, die 350 Euro weniger kosten. Zum Test stand uns ein iPad Pro M5 13 Zoll mit 1 TByte und Mobilfunk zum Preis von 2429 Euro zur Verfügung.

Weder Gewicht noch Größe des neuen iPad Pro haben sich gegenüber dem Vorgänger verändert. Das 13-Zoll-Modell ist mit 5,1 Millimetern erstaunlich dünn und wiegt weniger als 600 Gramm. Der Rahmen um das Display ist auf allen Seiten gleich breit, die Ecken sind abgerundet. Weiterhin stehen die Farben Silber und Space Black zur Wahl.

Tandem-OLED

Das iPad Pro kommt wieder mit einem Tandem-OLED. Dabei liegen zwei Display-Stacks übereinander. Dadurch verbessert sich die Leuchtkraft deutlich und es benötigt bei geringer Helligkeit weniger Energie. Tandem-OLEDs gelten als langlebiger und weniger anfällig für Einbrenneffekte. Wie andere OLEDs auch besitzt das Display selbstleuchtende Pixel, die keine Hintergrundbeleuchtung brauchen und sich einzeln abschalten lassen. Das sorgt für tiefes Schwarz und hohe Kontraste.

Der Bildschirm kann seine Wiederholrate dynamisch von 10 bis 120 Hertz anpassen. Das spart einerseits bei statischen Inhalten Energie ein und sorgt andererseits bei schnellen Bildwechseln wie etwa beim Scrollen für weniger Ruckeln. Das Panel bildet den erweiterten Farbraum DCI-P3 vollständig ab.

Benchmarks

	Geekbench 6			GFX Bench Metal	3DMark Wild Life Extreme Unlimited	Browser
	Multi-Core Score	Single-Core-Score	GPU (Metal)	1080p Manhattan Offscreen	Score	JetStream 2
	Punkte	Punkte	Punkte	fps	Punkte	Punkte
	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►
iPad Air 11" M3 (2025)	11717	3017	45859	444,0	6414	394,9
iPad Pro 13" M4 (2024)	14520	3677	53624	536,6	8746	429,3
iPad Pro 13" M5 (2025)	16404	4108	74396	581,5	8808	531,9



	Geekbench AI Neural Engine	Diskbench Speicherdurchsatz		Akku		
	Half Precision Score	Schreiben	Lesen	Surfen	Video	3D-Spiel
Punkte		MByte/s	MByte/s	h	h	h
besser ►		besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►
	30859	1172	1535	10,1	9,5	6,9
	37141	1998	3022	16,4	17,0	9,9
	41653	1518	5062	17,2	17,0	10,6



Äußerlich unterscheidet sich das iPad Pro 13 Zoll mit M5-Chip nicht von dem mit M4.

Im Normalbetrieb mit ausgeschalteter Auto-Helligkeit konnten wir mit unserem kalibrierten Leuchtdichtemessgerät eine maximale Helligkeit von 564 Nits (gleichzusetzen mit Candela pro Quadratmeter) messen, bei eingeschalteter Auto-Helligkeit in der Sonne 882 Nits und mit HDR-Inhalten punktuell 1516 Nits. Das entspricht größenordnungsmäßig den Angaben von Apple (1000/1600 Nits).

Beide Displaygrößen sind gegen Aufpreis von 130 Euro auch in Matt erhältlich. Wie beim Studio Display, den MacBook Pros oder dem iMac setzt Apple eine sogenannte Nanotextur ein. Dabei wird die Oberfläche fein geätzt, sodass sie Licht diffus bricht. Ordern lässt sich die Option nur, wenn man die Flashgröße 1 oder 2 TByte wählt. Unser Testgerät mit Glossy-Display besitzt eine einfache Entspiegelung, die allerdings längst nicht so wirksam die Reflexionen dämpft. Besonders am Tageslicht muss man die Bildschirmhelligkeit schon ordentlich aufdrehen, um Inhalte noch gut erkennen zu können.

Mittelpträgliche Kamera

Hatte der Vorgänger noch zwei Kameras auf der Rückseite, ist seit dem M4-Modell davon nur eine übrig geblieben, nämlich die Weitwinkelkamera. Sie wird von einem LiDAR-Scanner zur Entfernungsmessung und einer auch als Blitz fungierenden Fotoleuchte ergänzt. Der Sensor nimmt Fotos mit 12 Megapixeln auf, Videos mit 4K-Auflösung und 60 Bildern pro Sekunde. Er beherrscht Videos in ProRes, aber nicht Fotos in ProRAW. Will man ein Porträt mit Tiefenunschärfe (Bokeh) aufnehmen, wechselt die App auf die Frontkamera. Diese bringt ebenfalls einen 12-MP-Sensor mit, fertigt Videos aber nur mit 1080p-Auflösung bei 60 fps an. Sie ist auf der Längsseite

untergebracht, wodurch der Blickwinkel bei Video-Konferenzen natürlicher wirkt, wenn das iPad quer in der Tastatur steht. Die Kamera erfasst einen großen Winkel von 122 Grad, verwendet aber etwa bei FaceTime-Bildtelefonaten nur einen Ausschnitt davon. Bewegt sich der Sprecher, schwenkt der Ausschnitt mit – soweit er kann. Apple nennt das Center Stage.

Bei guten Lichtverhältnissen lieferte die rückseitige Kamera scharfe Fotos mit realistischen Farben. In 4K-Videos zeigten sich kaum Wackler, aber ein überbelichteter Himmel bei Schwenks mit Sonneneinstrahlung. Die Videos der Frontkamera neigten bei gedämpftem Licht in Innenräumen bereits am Tage zum Rauschen. Insgesamt liegen die Aufnahmefähigkeiten weit hinter einem iPhone 17 zurück, obwohl das iPad Pro ungefähr gleich teuer ist und ein Pro im Namen trägt. Das Filmen mit dem großen Bildschirm bietet allerdings viele Vorteile, weil man zum Beispiel während der Aufnahme Unschärfe besser erkennt. Zudem lassen sich mit dem iPad Multicam-Aufnahmen anfertigen und das Material gleich auf dem Gerät mit Final Cut Pro schneiden.

Bluetooth und WLAN

Nach dem iPhone Air ist nun auch das iPad Pro mit zwei neuen, hauptsächlich von Apple in München entwickelten Funk-

Auf der Rückseite des iPad Pro befindet sich die einzelne Kamera. Daneben LiDAR-Scanner und Fotoleuchte.





Die Center-Stage-Kamera sitzt wie beim Vorgänger an der Längsseite des iPads.

chips ausgestattet. Die Cellular-Modelle kommen mit dem C1X, einer Weiterentwicklung des C1, dem ersten Mobilfunkchip von Apple überhaupt. Einen Slot für SIM-Karten gibt es schon etwas länger nicht mehr beim iPad Pro, Anwender sind auf eine eSIM angewiesen, Dual-eSIM wie beim iPhone gibt es nicht. Für Wi-Fi 7, Bluetooth 6 und Thread sorgt der N1-Chip. Mit einem WLAN-7-Router von TP-Link konnten wir im Nahbereich und im 6-GHz-Band Download-Raten von 1800 Mbit/s messen, im Upload 1790 (in Spitzen 1840 und 1870 Mbit/s). Das theoretische Maximum bei der Kanalbreite von 160 MHz und 2x2-MIMO-Streams liegt bei 2600 Mbit/s. Mit einer eSIM der Telekom konnten wir an einem schnellen Funkmast 607 Mbit/s im Download messen und 107 im Upload.

Sonstige Schnittstellen und Ausstattung

Die vier Mikrofone zeichnen Sprache mono auf, wobei die zusätzlichen Mikrofone dazu dienen, Störgeräusche herauszufiltern. Bei Videos nimmt das iPad Stereoton auf. Der Ton war gut zu verstehen und klar. Die vier Lautsprecher klingen für ein so flaches Gehäuse erstaunlich gut – bis zu einem mittleren Lautstärkeniveau. Dann fangen sie an zu scheppern. Für einen Podcast oder einen Film im Bett reicht die Qualität aus.

An der USB-C-Buchse liegt Thunderbolt 3 an. Auf eine schnelle Thunderbolt-5-SSD von OWC konnten wir Daten in der Dateien-App schön schnell mit 1709 MByte/s schreiben und mit 1822 lesen. Mit einer USB-3.2-SSD senkte sich das Tempo auf 357 und 868 MByte/s. Ein 5K-Monitor lief an USB-C mit voller Auflösung. Laut Apple sind 6K@60Hz oder 4K@120Hz möglich.

Das iPad Pro verfügt über einen Smart Connector, der eine kompatible Tastatur anbindet und mit Strom

versorgt. Andersherum kann das iPad seine Energie auch über das Magic Keyboard beziehen, wenn dort ein Netzteil angeschlossen ist. So bleibt die USB-C-Buchse des Tablets frei. Im Lieferumfang fand sich ein ein Meter langes Ladekabel, aber kein Ladegerät.

Pencil Pro und USB-C

Mit dem letzten iPad Pro hat Apple einen neuen Stift eingeführt. Der Pencil Pro gibt taktiles Feedback per „Haptic Engine“, wenn man den Schaft doppelt antippt, etwa um das Werkzeug zu wechseln. Oder wenn man die Quetschgeste „Squeeze“ ausführt, um eine Werkzeugauswahl neben der Spitze auf dem Display einzublenden. Die Funktion „Barrel Roll“ nutzt ein Gyroskop, um Drehungen des Stiftes zu erkennen und zum Beispiel in Variation der Strichbreite oder Farbe des Pencils umzusetzen. Allerdings unterstützen zurzeit nur eine Handvoll Apps sämtliche Funktionen. Der Pencil Pro fügt sich in das „Wo ist?“-Netzwerk ein und lässt sich in Bluetooth-Reichweite orten. Er haftet magnetisch an der Längsseite des iPads, wo er zum einen geladen und zum anderen per Bluetooth gekoppelt wird. Er erkennt Druckstufen und zeigt knapp über dem Display eine Vorschau per „Hover-Funktion“. Das iPad Pro M5 unterstützt auch den günstigeren und einfacheren Apple Pencil mit USB-C.

Performance-Gewinne durch den M5

Der M5 wird von TSMC in 3-Nanometer-Bauweise der dritten Generation gefertigt, wodurch sich eine höhere Transistordichte erzielen lässt, die wiederum zu weniger Abwärme und besserer Performance führt. Die größte Neuerung des M5 besteht in Neural Accelerators, die jetzt jeder Grafikern besitzt, wie wir es vom iPhone 17 kennen. So kann die GPU



An der USB-C-Buchse des iPad Pro kann man Thunderbolt-SSDs oder 6K-Bildschirme betreiben.

KI-Aufgaben schneller abarbeiten. Der RAM ab 12 GByte kommt (nicht nur) KI-Berechnungen zugute. Bei allen iPads hat sich außerdem die Speicherbandbreite von 120 auf 153 Gbit/s erhöht. Der M5 unterstützt auch das beim iPhone 17 eingeführte Memory Integrity Enforcement (MIE), das es unter anderem Angreifern schwerer machen soll, Daten in den Prozessor-Caches anzugreifen.

Obwohl im iPad Pro der M5 mit der gleichen Taktrate von 4,4 GHz wie vorher beim M4 arbeitet (im MacBook Pro M5 sind es 4,6 GHz), zeigten einzelne Kerne ein um 12 Prozent besseres Ergebnis. Bei Vollbeschäftigung aller CPU-Kerne schnitt das neue iPad Pro um 13 Prozent besser ab. Die Grafikleistung erhöhte sich zwischen 1 und 39 Prozent, je nach Benchmark: 3DMark Wild Life Extreme Unlimited steht für

iPad Pro 13" und Vorgänger		
	iPad Pro 13" M4 (2024)	iPad Pro 13" M5 (2025)
Farben	Silber, Space Schwarz	Silber, Space Schwarz
Ausstattung		
Prozessor / Kerne / Takt	Apple M4 (neuronale Engine mit 16 Kernen) / 9 bis 10 (3 bis 4+6 / 4,4 GHz	Apple M5 (neuronale Engine mit 16 Kernen) / 9 bis 10 (3 bis 4+6 / 4,4 GHz
Grafik / Kerne	Apple / 10	Apple / 10
Arbeitsspeicher	8 / 16 GByte	12 / 16 GByte
Flashspeicher (Modelle)	256 / 512 / 1024 / 2048 GByte	256 / 512 / 1024 / 2048 GByte
WLAN / max. Durchsatz	Wi-Fi 6E (inkl. 6 GHz) / 2,4 GBit/s	Wi-Fi 7 (inkl. 6 GHz) / 2,6 GBit/s
mobile Datenverbindung	5G	5G
Bluetooth / GPS	5.3 / GPS und GNSS (nur 5G-Modell)	6.0 / GPS und GNSS (nur 5G-Modell) / Thread
SIM	eSIM (nur 5G-Modell)	eSIM (nur 5G-Modell)
Akku / Kapazität	Lithium-Polymer / 38,99 Wh	Lithium-Polymer / 38,99 Wh
Abmessungen (H x B x T)	281,6 mm x 215,5 mm x 5,1 mm	281,6 mm x 215,5 mm x 5,1 mm
Gewicht	582 / 579 g (ohne 5G)	582 / 579 g (ohne 5G)
Anschlüsse	Typ-C mit USB 4 und Thunderbolt 3	Typ-C mit USB 4 und Thunderbolt 3
Audio	4 Lautsprecher, 4 Mikrofone	4 Lautsprecher, 4 Mikrofone
Kameras		
Hauptkameraauflösung Foto / Video	Weitwinkel, 12 MPixel / 4K bei 60 fps	Weitwinkel, 12 MPixel / 4K bei 60 fps
HDR / Panorama / Fotoleuchte	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓
Frontkameraauflösung Foto / Video	12 MPixel / 1080p bei 60 fps (Bokeh)	12 MPixel / 1080p bei 60 fps (Bokeh)
Sensoren	Gesichtserkennung, Barometer, 3-Achsen-Gyroskop, Beschleunigung, Umgebungslicht, LiDAR	Gesichtserkennung, Barometer, 3-Achsen-Gyroskop, Beschleunigung, Umgebungslicht, LiDAR
Display		
max. Helligkeit (gemessen)	587 (965 in der Sonne, 1523 mit HDR) cd/m2	564 (882 in der Sonne, 1516 mit HDR) cd/m2
Farbraum	DCI-P3	DCI-P3
Technik / Diagonale	Tandem-OLED / 13 Zoll (33,02 cm), 120 Hz (optional mit Nanotextur)	Tandem-OLED / 13 Zoll (33,02 cm), 120 Hz (optional mit Nanotextur)
Auflösung	2752 x 2064 Pixel bei 264 dpi	2752 x 2064 Pixel bei 264 dpi
sonstiger Lieferumfang	USB-C-Kabel	USB-C-Kabel
Apple-Zubehör	Pencil Pro/USB-C, Magic Keyboard	Pencil Pro/USB-C, Magic Keyboard
Bewertungen		
Bedienung / Performance	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕
Ausstattung / Preis-Leistung	⊕⊕ / ○	⊕⊕ / ○
Display	⊕⊕	⊕⊕
Laufzeit	⊕⊕	⊕⊕
Kamera Fotos / Videos	○ / ○	○ / ○
Preise (bei Markteinführung)	1549 / 1799 € (256 GByte / mit 5G), 1799 / 2049 € (512 GByte / mit 5G), 2279 / 2529 € (1 TByte / mit 5G), 2759 / 3009 € (2 TByte / mit 5G), Nano-Textur +130 €	1449 / 1699 € (256 GByte / mit 5G), 1699 / 1949 € (512 GByte / mit 5G), 2179 / 2429 € (1 TByte / mit 5G), 2659 / 2909 € (2 TByte / mit 5G), Nano-Textur +130 €
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden — nicht vorhanden		

3D-Spiele und verbesserte sich unwesentlich, bei GFX Bench Metal legte der M5 um 8 Prozent zu und bei Geekbench Metal um 39 Prozent. Für die Unterschiede dürfte zu einem guten Teil verantwortlich sein, ob die jeweils verwendeten Programme die neuen KI-Beschleuniger unterstützen. Apps, die Apples integrierte Frameworks und APIs wie Core ML, Metal Performance Shaders und Metal 4 verwenden, profitieren sofort, andere nicht. Entwickler haben zukünftig die Möglichkeit, in ihren Apps die GPU-KI-Beschleuniger mit den Tensor- und Tensor-Ops-APIs in Metal 4 direkt anzusprechen, um eine noch größere Leistungssteigerung zu erzielen. Beim Geekbench AI Half Precision auf der GPU erzielten wir 22.724 Punkte, während es auf dem iPad Pro M4 5090 waren.

Die Apple-M-Chips enthalten auch den SSD-Controller, und der hat sich beim M5 mal eben auf die doppelte Bandbreite verbessert. Mit Disk Bench konnten wir erstmals in einem iPad Transferraten über 5000 MByte/s messen. Bisher war bei 3000 MByte/s Schluss. In der Folge laufen alle Zugriffe auf den Festspeicher, wie Öffnen von Apps oder Speichern von bearbeiteten Dokumenten, schneller ab. Spürbar wird das zum Beispiel beim Kopieren großer Dateien. Auffällig war lediglich die vergleichsweise niedrige Schreibrate von 1500 MByte/s.

Akkulaufzeiten

Die Kapazität der Akkus hat Apple nicht verändert, will aber durch den sparsameren Prozessor längere Laufzeiten erzielen. Da das Display der größte Stromfresser ist und unverändert bleibt, ergibt sich bei wenig rechenintensiven Einsätzen deshalb kaum ein Ge-

winn. Zum Beispiel konnten wir bei einer eingestellten Helligkeit von 200 Nits wieder genau 17 Stunden ein Video in Dauerschleife laufen lassen. Bei einem 3D-Spiel steigerte sich die Laufzeit etwas von 9,9 auf 10,6 Stunden, beim Surfen von 16,4 auf 17,2.

Mit einem 67-Watt-Netzteil vom MacBook Pro konnten wir den Akku in 30 Minuten zu 48 Prozent füllen. Die Ladeleistung erreichte bis zu 54,8 Watt.

Fazit

Das flache, geräuschlose und mit einem fantastischen Display ausgestattete iPad Pro 13 ist tolles Tablet. Zusammen mit dem Pencil Pro und dem Magic Keyboard bildet es ein hervorragendes Arbeitsgerät. iPadOS 26 hebt zudem einige Beschränkungen in der Verwendung auf, sodass man mit dem iPad besser produktiv arbeiten kann als mit den Vorversionen des Betriebssystems.


Besitzer eines iPad Pro M4 müssen nach der Vorstellung des Nachfolgers aber nicht gleich ein neues iPad kaufen, denn die Verbesserungen durch den M5, C1X und N1 halten sich in der Praxis in Grenzen. Die üblichen Apps laufen etwas schneller und besonders der Zugriff auf die SSD wurde deutlich flotter. Auch Wi-Fi 7 bringt – einen passenden Router vorausgesetzt – einige Vorteile. Doch war auch das iPad Pro M4 bereits schnell genug für die allermeisten Zwecke. Zudem schafft sich Apple mit dem deutlich günstigeren iPad Air M3 Konkurrenz. Ohne Netzteil, Stift und Tastatur kostet die teuerste Konfiguration des iPad Pro 13 mit 5G, 2 TByte und Nanotextur bereits über 3000 Euro. Es wird vermutlich nur wenige geben, die so ein Gerät kaufen, aber viele, die es haben wollen. (jes) **ct**

Ihre Meinung,
Zusatzmaterial, Webcode:
ct.de/wggd

 heise academy blog

Trends, Tipps & Entwicklungen

für alle, die IT lieben

 blog.heise-academy.de





iPad mini mit A17 Pro

Apple hat nach drei Jahren das iPad mini renoviert und bereit für seine Künstliche Intelligenz gemacht. Was sich sonst noch geändert hat, zeigt unser Test.

Von **Johannes Schuster**

Beim Auspacken fällt schon die erste Änderung beim iPad mini in der mittlerweile siebten Generation auf: Ein Netzteil liegt nicht mehr im Karton. Ansonsten hat sich äußerlich abgesehen von der neuen Farbe Blau statt Rosé und einem helleren Violett nichts geändert. Space Grau und Polarstern bleiben im Angebot. Das Display hat einen schmalen Rahmen und leicht abgerundete Ecken. Es sitzt in einem kantigen Gehäuse mit ebenfalls abgerundeten Ecken.

Im Inneren arbeitet nun stark überarbeitete Hardware. Dazu zählt der Prozessor A17 Pro, der aus dem iPhone 15 Pro (Max) bekannt ist und sechs CPU-Kerne mitbringt. Die sind wieder mit maximal 3,8 GHz getaktet. Die GPU besitzt 5 GPU-Kerne,

gegenüber 6 beim iPhone Pro. Den Arbeitsspeicher hat Apple im Vergleich zum Vorgänger von 4 auf 8 GByte vergrößert.

Neuer Chip für Apple Intelligence

Wie üblich hat die Neural Engine 16 Kerne und soll laut Apple bereits für die kommenden Funktionen von Apple Intelligence taugen. Was davon wann in Europa ankommt, ist teilweise noch offen. Schon klar ist, wie schnell das iPad 7 gegenüber dem Vorgänger geworden ist. Die Performance bei Multicore-Aufgaben stieg um 31 Prozent. War nur ein Kern gefordert, lag der Zuwachs sogar bei 39 Prozent. Die Grafik-Geschwindigkeit kletterte je nach Test um 8

Benchmarks

	Geekbench 6			3DMark Wild Life Extreme	Browser	Geekbench AI Neural Engine	Akku		
	Multi-Core [Punkte]	Single-Core [Punkte]	GPU [Punkte]	Score	JetStream 2	Half Precision [Punkte]	Surfen [h]	Video [h]	3D-Spiel [h]
	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►
iPad mini 6	5656	2151	19979	2806	205,8	4284	10,8	10,9	3,3
iPad mini 7	7401	2979	25240	3032	329,5	24987	11,5	10,4	6,9
iPhone 15 Pro	6864	2828	28466	3379	316,9	24340	23,7	23,4	10,9
iPad 10 10,9"	4027	1564	16831	2081	200,3	12595	9,5	8,8	7,3
iPad Air 13" M2	10083	2592	41842	5620	325,9	27125	12,5	11,0	8,0

bis 26 Prozent, sodass auch anspruchsvollere Spiele wie Assassins Creed Mirage oder die Resident-Evil-Reihe laufen. Die Leistungsfähigkeit beim Rechnen mit Künstlicher Intelligenz legte laut Geekbench AI auf das knapp Sechsfache zu.

Bei den Akku-Laufzeiten (alle gemessen bei 200 Candela/m²) gab es unterschiedliche Änderungen: Das anspruchsvolle 3D-Spiel Asphalt 8 lief mehr als doppelt so lang, während das eher anspruchslose SD-Video nur eine halbe Stunde weniger schaffte. Beim Surfen kamen 1,3 Stunden hinzu. Für einen achtstündigen Arbeitstag sollte eine Akku-Ladung in jedem Falle ausreichen.

Das Glossy-Display blieb unverändert: Es handelt sich um ein an das Deckglas laminiertes IPS-Panel mit 8,3 Zoll Diagonale, 2266 mal 1488 Pixeln, 326 dpi Auflösung, DCI-P3-Farbraum, True-Tone-Weißanpassung und 500 Candela/m² (Nits) Helligkeit. Messen konnten wir mit unserem kalibrierten Leuchtdichte-Messgerät genau 450 Nits. HDR- und 120-Hertz-Unterstützung bleibt den Pro-iPads vorbehalten, gleiches gilt für Nanotextur sowie das kontrastreiche OLED-Panel.

Die Frontkamera beherrscht den Folgemodus, hat weiterhin einen Sensor mit 12 Megapixeln und sitzt noch an der schmalen Seite des Gehäuses. Dadurch blickt der Besitzer bei Videokonferenzen scheinbar zur Seite, wenn man das iPad im Querformat einsetzt. Bei anderen Tablets hat Apple die FaceTime-Kamera bereits auf der langen Seite eingebaut. Die Qualität reicht für Facetime aus, für Fotos und Videos eher nicht. Die rückseitige Kamera bringt ebenfalls einen 12-MP-Sensor und fertigt (weiterhin) Videos mit 4K-Auflösung bei 60 fps an. Unterstützt wird die qualitativ ordentlich Hauptkamera durch eine LED für den Blitz oder für Videoaufhellung.

WLAN 6E und USB 3.0

Das iPad mini 7 bringt statt WLAN 6 kein Wi-Fi 7 mit, sondern 6E. Immerhin kann man damit bereits das weitgehend freie 6-GHz-Band und 160 MHz breite

Kanäle nutzen, wenn man einen entsprechenden Router verwendet. Im Test mit einem TP-Link BE65 mit Wi-Fi 7 konnten wir im Nahbereich bis zu 1700 MByte/s im Upload durchsetzen.

Auch die Geschwindigkeit an der USB-C-Buchse will Apple verdoppelt haben, und zwar auf brutto 1000 MByte/s. Wir konnten mit einer schnellen SSD in der Dateien-App 650 MByte/s beim Schreiben messen und 582 beim Lesen. Außerdem kann man an diesem Port Webcams, Adapter für Speicherkarten oder Monitore anschließen. Den Stage Manger bietet das iPad mini aber nicht. Entsperrt wird es wie gehabt durch einen Fingerabdrucksensor im Einschalter an der Stirnseite, wo sich auch die Lautstärke-Tasten befinden.

Neue Pencils, neue Preise

Das iPad mini 7 unterstützt den Pencil 2 vom iPad mini 6 nicht mehr. Stattdessen kann man sich von Apple den Pencil Pro oder den Pencil mit USB-C hinzukaufen – für 149 respektive 89 Euro. Im Test funktionierte der Pencil Pro mit der Schwebefunktion, seinem haptischen Feedback und der Rotation gewohnt gut, allerdings ist die Bildschirmfläche vom iPad mini so klein, dass man schlecht mit aufgelegter Hand zeichnen kann. Zum Arbeiten mit platzliebenden Apps ist das iPad mini insgesamt weniger geeignet, zum Surfen, Lesen, Videos schauen oder Spielen sehr viel mehr. Eine Tastatur bietet Apple für das iPad mini nicht an, die Klapphülle Smart Folio kostet 69 Euro.

Der Einstiegspreis ist von 549 auf 599 Euro gestiegen, dafür gibt es aber auch die doppelte Speichergröße von 128 statt 64 GByte. Die Erhöhung fiel beim Vergleich mit gleicher Flash-Ausstattung von 256 GByte mit 10 Euro (auf 729 Euro) moderat aus. Neu hinzugekommen ist die Größe 512 GByte Flash für 979 Euro. Will man 5G-Mobilfunk, zahlt man einen Aufpreis von weiterhin 170 Euro und bekommt GPS dazu. Den SIM-Steckplatz hat Apple abgeschafft und setzt rein auf eine integrierte SIM (eSIM).



Der Einschalter mit Fingerabdrucksensor und die Lautstärketasten befinden sich an der Stirnseite des iPad mini.

iPad mini 7 und Vorgänger

	iPad mini 6	iPad mini 7
Farben	Space Grau, Rosé, Violett, Polarstern	Space Grau, Blau, Violett, Polarstern
Ausstattung		
Prozessor / Kerne / Takt	Apple A15 Bionic (16-Core-Neural-Engine) / 2+4 / 2,93 GHz	Apple A17 Pro (16-Core-Neural-Engine integriert) / 2+4 / 3,8 GHz
Grafik / Kerne	Apple / 5	Apple / 5
Arbeitsspeicher	4 GByte	8 GByte
Flashspeicher (Modelle)	64/256 GByte	128/256/512 GByte
WLAN / max. Durchsatz	Wi-Fi 5 / 1,2 GBit/s	Wi-Fi 6E / 2,4 GBit/s
optionaler Mobilfunk	5G	5G
Bluetooth / GPS	5.0 / GPS+GNSS (nur 5G-Modell)	5.3 / GPS+GNSS (nur 5G-Modell)
SIM	Nano-SIM, eSIM (nur 5G-Modell)	eSIM (nur 5G-Modell)
Akku / Kapazität	Lithium-Polymer / 19,2 Wh	Lithium-Polymer / 19,2 Wh
Maße	195,4 × 134,8 × 6,3 mm	195,4 × 134,8 × 6,3 mm
Gewicht	297/293g (ohne 5G)	297/293g (ohne 5G)
Anschlüsse	USB-C	USB-C
Audio intern	Stereo-Lautsprecher, 2 Mikrofone	Stereo-Lautsprecher, 2 Mikrofone
Kamera		
Kamera-Auflösung Foto/Video	12 MPixel/4K bei 60 fps	12 MPixel/4K bei 60 fps
HDR/Panorama/Fotoleuchte	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓
Frontkamera-Auflösung Foto/Video	12 MPixel/1080p bei 60 fps	12 MPixel/1080p bei 60 fps
Sensoren	Gesichtserkennung, Barometer, 3-Achsen-Gyroskop, Beschleunigung, Umgebungslicht	Gesichtserkennung, Barometer, 3-Achsen-Gyroskop, Beschleunigung, Umgebungslicht
Display		
max. Helligkeit (gemessen)	471 cd/m2	450 cd/m2
Farbraum	DCI-P3	DCI-P3
Technik / Diagonale	IPS Glossy, laminiert, Antireflex, True Tone / 8,3 Zoll (21,08 cm)	IPS Glossy, laminiert, Antireflex, True Tone / 8,3 Zoll (21,08 cm)
Auflösung	2266 × 1488 Pixel bei 326 dpi	2266 × 1488 Pixel bei 326 dpi
Stifteingabe	Pencil 2/USB-C	Pencil Pro/USB-C
Lieferumfang	20-Watt-USB-C-Netzteil, USB-C-Ladekabel	USB-C-Ladekabel
Bewertungen		
Bedienung / Performance	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕
Ausstattung / Display	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕
Kamera: Fotos / Video	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕
Laufzeit	○	⊕
Preise (bei Marktstart)	549/719 € (64 GByte/mit 5G), 719/889 € (256 GByte/mit 5G)	599/769 € (128 GByte/mit 5G), 729/899 € (256 GByte/mit 5G), 979/1149 € (512 GByte/mit 5G)
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden – nicht vorhanden		

Fazit

Nach drei Jahren war eine Renovierung beim iPad mini fällig. Mit einem AI-fähigen Prozessor plus Unterstützung von 8 GByte RAM ist dies in angemessener Form gelungen. Hinzu kommen WLAN 6E und 128 GByte Flash als Einstieg. Beim Display und bei den Kameras hätten wir uns allerdings auch einige Verbesserungen gewünscht. Leider wird nicht ganz klar, wen das iPad mini abholen soll: Mit einem Preis

von knapp 600 Euro ist es vergleichsweise teuer für seine Größe und bekommt mächtig Konkurrenz von dem einfachen iPad, das zwar kein Apple Intelligence unterstützt, aber 200 Euro weniger kostet. Bei den schnelleren Tablets konkurriert es mit dem iPad Air, dass für etwas mehr Geld eine größere Displayfläche bietet. Und als einfacher eBook-Reader ist das mini völlig übermotorisiert. Wer ein kompaktes und leichtes Gerät für unterwegs sucht, ist mit dem iPad mini jedoch gut bedient. (jes) **ct**

Ihre Meinung,
Zusatzmaterial, Webcode:
ct.de/w4xf



Agile Leadership Conference

Führung neu gedacht



27. November & 3. Dezember 2025 • Online

Leadership Day (27. November):

Lerne, wie du als Führungskraft noch wirksamer sein kannst – von der Teamebene bis zum Vorstand.

Self Leadership Day (3. Dezember):

Dieser Konferenztag schaut auf dich als Person in einer Führungsposition und zeigt dir, wie du dich weiterentwickeln kannst.

Jetzt
Tickets
sichern!

alc.inside-agile.de

Workshops zu OKR, Responsibility und Female Leadership im Dezember

Veranstalter



dpunkt.verlag

Kooperationspartner



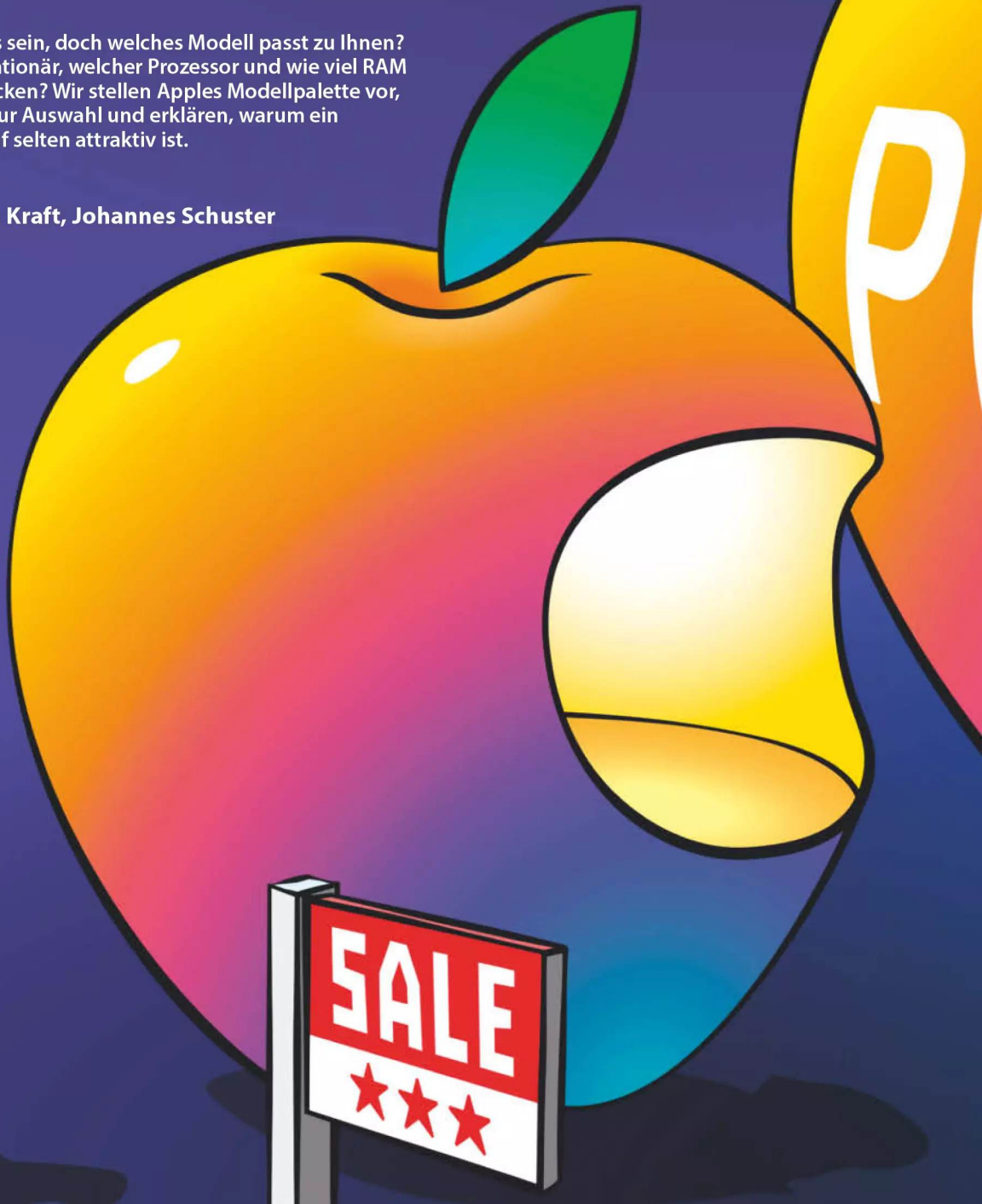
selbstfuehren.de

Kaufberatung für Mac-Umsteiger

Ein Mac soll es sein, doch welches Modell passt zu Ihnen? Mobil oder stationär, welcher Prozessor und wie viel RAM sollte drin stecken? Wir stellen Apples Modellpalette vor, geben Tipps zur Auswahl und erklären, warum ein Gebrauchtkauf selten attraktiv ist.

Von **Benjamin Kraft, Johannes Schuster**

?!?





Die erste Überlegung vor dem Kauf sollte sein, was Sie mit dem Mac machen wollen. Bleibt er immer an der gleichen Stelle, tut es ein Desktop, bei dem Sie keinen Akku mitbezahlen müssen. Kommt der Rechner unterwegs im Zug, im Hörsaal oder abwechselnd im Büro und dem Homeoffice zum Einsatz, dann sollte es ein MacBook sein. Mit externem Monitor, Tastatur und Maus können Sie den auch gut als Desktoprechner nutzen.

Apples Sortiment ist recht übersichtlich, die Modellreihen sollen jeweils einen relativ klar definierten Einsatzzweck oder Preisbereich abdecken. In älteren Geräten stecken CPUs von Intel, seit dem Modelljahr 2020 hat Apple auf eigene Chips umgestellt, die M-SoCs (Systems on Chip). Die folgende Kurzbeschreibung der Modellfamilien soll die ungefähre Einordnung erleichtern. Auf den Mac Pro, den einzigen aktuellen Mac, der noch erweiterbar ist, gehen wir nicht weiter ein. Wer ihn braucht, der weiß das schon.

Apfelsorten

Der Mac mini ist der günstigste Apple-Rechner und eignet sich in der Basiskonfiguration gut für Einsteiger zum Texten, Surfen, Mailen und Serienschauen, aber auch schon für die einfache Fotoretusche und Ähnliches. Der Mac Studio ist nicht nur metaphorisch der große Bruder des mini mit mehr Rechenpower und Schnittstellen für Profi-Anwender, er ist bei gleicher Grundfläche 2,6-mal so hoch wie ein Mac mini mit M2-Chip – und deutlich teurer.

Der All-in-One-Rechner iMac bringt einen hochauflösenden Bildschirm mit; aktuell gibt es nur ein Modell mit 24-Zoll-Display. iMacs mit 21,5 oder 27 Zoll findet man nur auf dem Gebrauchtmarkt; sie haben noch Intel-CPU's. Ein iMac sieht auf den ersten Blick wie ein Monitor aus, belegt auf dem Schreibtisch wenig Platz und wirkt ohne den Kabelsalat eleganter als eine Kombination aus Rechner plus Monitor. Zudem legt Apple ihm anders als dem Mac mini oder Mac Studio auch Maus und Tastatur bei. Nachteil: Wenn nur der Bildschirm oder nur das Innenleben kaputtgeht, muss trotzdem alles zur Reparatur oder ausgewechselt werden.

Und muss man den Rechner irgendwann ersetzen, fliegt das sehr gute Display gleich mit raus, denn eine Weiternutzung als Bildschirm ist bei 24-Zoll-iMacs nicht möglich.

Die Laptops unterteilen sich in zwei Modellreihen: das günstigere MacBook Air und das leistungsfähigere MacBook Pro. Beide halten mit einer Akkulation einen Arbeitstag durch, wenn sie nicht gerade dauerhaft unter Last gesetzt werden. Sie unterscheiden sich nicht nur in der Displaygröße, sondern auch bei der Ausstattung. Das MacBook Air gibt es mit 13- oder 15-Zoll-Display und der einfachen Version des M-SoCs; das MacBook Pro hat eine Bilddiagonale von 14 oder 16 Zoll, mehr Anschlüsse sowie eine bessere Grundausstattung und lässt sich auch mit den leistungsfähigeren SoC-Varianten ordern.

In allen MacBooks stecken Retina-Displays, die mit ihrer hohen Pixeldichte Objekte und Schrift knackig scharf darstellen können. Wer gute Augen hat, lässt auf wenig Fläche viele, aber kleine Inhalte darstellen. Für welche Größe man sich entscheidet, ist nicht nur eine Frage der Portabilität – mit der Größe steigt auch das Gewicht –, sondern der Sehgewohnheit: Mit wie viel Anzeigefläche fühlt man sich wohl und bekommt alle nötigen Inhalte unter? Ein überaus praktischer Kompromiss ist ein kleines MacBook Air mit einem großen separaten Bildschirm für zu



Wie bei den iPhones haben die Bildschirme der MacBooks eine kleine Insel, den Notch, in den Kamera und Helligkeitssensor eingelassen sind.

Hause. Monitore mit USB-C-Anschluss versorgen Macs zudem ohne zusätzliche Docks mit Strom und fungieren als Hub für Maus und Tastatur. Der Monitor muss nicht von Apple stammen, man hat freie Wahl oder kann den vom letzten Windows-Rechner weiterverwenden.

Grundausstattung

Alle Macs bringen integriertes WLAN und Bluetooth mit, die Desktoprechner haben, mit Ausnahme einiger Varianten des iMac 24", LAN-Buchsen für Gigabit-Ethernet an Bord. Bei MacBooks kann man fehlende Anschlüsse wie Ethernet, USB-A und HDMI



MacBooks gibt es in verschiedenen Größen:
Das MacBook Air hat ein Display mit 13 oder 15 Zoll, das MacBook Pro eine Bilddiagonale von 14 oder 16 Zoll.

per USB-C-Adapter, Hub oder Dock nachrüsten. Neuere Modelle des Mac mini sind optional mit 10-Gbit-Ethernet erhältlich, beim Mac Studio ist das Standard. Eine Kopfhörerbuchse besitzen alle Macs.

Bei den Mobil-Macs ist in die Einschalttaste der Fingerabdrucksensor für Touch ID integriert; man kann ihn als biometrischen Passwortsatz nutzen oder mit ihm Käufe autorisieren. Die externe Bluetooth-Tastatur Magic Keyboard für Desktop-Macs bringt ebenfalls einen mit, liegt aber zusammen mit der kabellosen Magic Mouse nur manchen iMacs mit M-SoC bei. Eine Webcam mit Full-HD-Auflösung ist bei den MacBooks und iMacs oben im Displayrahmen untergebracht.

Peripherie und Monitore schließt man am Mac per USB-C-Buchse an, die aktuell USB4 und je nach SoC-Generation und -Ausbaustufe Thunderbolt 3, 4 oder 5 ausgeben. Klassische USB-A-Buchsen gibt es außer bei den Intel-iMacs nur noch an älteren Mac minis und am Mac Studio. Diese Modelle haben ebenso wie das MacBook Pro zudem einen HDMI-Ausgang.

RAM und SSD: Wie viel Speicher ist nötig?

Bei RAM und Speicherplatz gibt sich Apple seit jeher geizig, besonders bei den günstigsten Rechnern. Da

Alle M-Prozessoren im Leistungsvergleich

	Ein CPU-Kern		Alle CPU-Kerne		GPU	SSD		
	Cinebench 23 Single Core	Geekbench 5 Single Core	Cinebench 23 Multi Core	Geekbench 5 Multi Core	Geekbench 5 Metal	BlackMagic Schreiben [MByte/s]	BlackMagic Lesen [MByte/s]	DVD duplizieren [s]
	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	◀ besser
M1	1517	1719	7751	7591	21679	3065	2732	6,6
M2	1590	1927	8538	8952	30126	3010	2856	4,9
M3	1903	2339	10479	10813	33191	3005	2902	5,0
M4	2206	2614	13876	13310	42343	3215	2911	5,2
M5	2459	2903	15982	15708	48759	6501	6618	3,1
M1 Pro	1532	1770	12359	12639	42008	5768	5335	2,7
M2 Pro	1645	1964	14757	15082	52238	6326	5396	2,8
M3 Pro	1980	2316	15128	15310	55638	4029	5224	3,2
M4 Pro	2290	2717	23476	22982	76856	6805	5424	2,2
M1 Max	1529	1790	12401	12709	68220	7302	5838	2,6
M2 Max	1648	1977	14804	14989	84099	6562	5349	2,2
M3 Max	1885	2332	23811	22987	101015	6702	5282	2,3
M4 Max	2260	2634	27705	27503	122866	8509	5932	2,1
M1 Ultra	1536	1781	24166	23967	103162	6356	5474	3,3
M2 Ultra	1753	2072	28854	28748	136494	7241	5784	2,5
M3 Ultra	2016	2389	46224	41350	154105	7029	5832	2,5



Peripherie schließt man bevorzugt per USB-C am Mac an, die meisten Anschlüsse haben das MacBook Pro und der gezeigte Mac Studio.

bei fast allen Macs der vergangenen Jahre Arbeitsspeicher und SSD direkt auf die Hauptplatine gelötet sind, muss man schon beim Kauf die richtige Kapazität einplanen. Mindestens 8 GByte RAM und 256 GByte SSD-Platz bringt jeder Mac mit M-SoC mit. Diese Kombination reicht für Mail, Surfen, Office-

Anwendungen und Streaming aus. Wollen Sie zum Beispiel 4K-Videos schneiden, 12-Megapixel-Bilder im RAW-Format bearbeiten oder haben gern massig Tabs in Ihrem Browser offen, dürfen es besser schon 16 GByte RAM sein, die alle Macs seit Oktober 2024 mitbringen, abgesehen von Restbeständen. Bei größeren lokalen Bilder- oder Projektsammlungen sollten sie 512 GByte SSD-Platz ins Auge fassen. Schneiden Sie längere 4K-Videos, brauchen Sie eine größere SSD mit 1 TByte oder mehr. In Anbetracht von Apples happigen Upgrade-Preisen lohnt sich alternativ die Investition in ein schnelles externes Laufwerk; USB-C-SSDs kosten nicht die Welt und sind deutlich günstiger, als Apple für mehr Speicherplatz verlangt.

Apple lässt sich Speicher nämlich schmerzhaft teuer bezahlen. Beim MacBook Air mit M4-SoC beispielsweise nimmt Apple für jede Verdopplung der SSD-Kapazität zwischen 256 GByte und 1 TByte 250 Euro, für den letzten Schritt auf 2 TByte werden nochmals 460 Euro fällig.

Hantieren Sie zusätzlich ständig mit vielen anspruchsvollen Programmen und mit sehr großen

Gebrauchtkauf

Weil Macs vergleichsweise teuer sind, liegt der Gedanke nahe, ein Gebrauchtgerät zu kaufen. Allerdings sind Macs sehr wertstabil, weshalb es schwierig ist, dabei Geld zu sparen. Dazu trägt auch bei, dass Apple seine Macs im Schnitt zwischen fünf und sieben Jahre lang mit neuen Betriebssystemversionen versorgt und jedes macOS ab Erscheinen des Nachfolgers zwei weitere Jahre Sicherheitsupdates bekommt. Andererseits heißt das auch, dass die ersten M1-Geräte, seit 2020 erschienen, bereits im fünften Jahr dieses Support-Zeitraums sind.

Beispielsweise zahlt man für einen Mac mini mit M1-Prozessor in gutem Zustand rund 400 Euro. Zu dem Preis von 500 Euro findet man vereinzelt ungeöffnete Neuware; der Nachfolger mit M2-CPU kostet zwischen 50 und 100 Euro mehr und genießt vermutlich zwei Jahre länger Support. Wer dennoch Schnäppchen jagen möchte, hat einige Optionen. Vorneweg: Bis auf spezielle Ausnahmen würden wir davon abraten, noch einen Mac mit Intel-Prozessor zu kaufen.

Apple selbst bietet auf seiner Website im Bereich „Zertifiziert Refurbished“ Rückläufer mit minimalen Gebrauchsspuren und kleinen Abschlägen an. Meist liegen die Preise aber selbst dort

auf dem Niveau, das andere Händler für Neuware ansetzen. Immerhin bietet Apple Rabatte für Schüler und Studenten – das tun allerdings auch zahlreiche andere Händler.

Andere Firmen wie Rebuy oder Asgoodasnew haben sich auf den Ankauf und die Aufbereitung von Gebrauchtware spezialisiert. Der Preis richtet sich nicht nur nach der Ausstattung, sondern auch nach dem Zustand des Geräts. Wer also mit einem kleinen Gehäusekratzer leben kann, spart Geld. Außerdem geben die Firmen teils eine längere Garantie als Apple selbst.

Die besten Schnäppchen kann man immer noch beim Kauf von Privat machen, also über Plattformen wie Ebay oder Kleinanzeigen – hat aber auch das höchste Risiko. Gewährleistung und Rückgaberecht gibt es nicht, und wenn man nicht gerade ein persönliches Treffen vereinbaren kann, sieht man das Gerät und dessen Zustand erst, wenn der Paketbote da war und der Kaufpreis lange bezahlt ist. Ganz wichtig ist es, dass der Verkäufer vor der Übergabe den Mac aus seinem iCloud-Account und bei „find my“ abmeldet, ansonsten kann der Käufer aktuelle Macs nicht mehr aktivieren und nutzen.

ct Fotografie

Das Magazin von Fotografen – für Fotografen

Jetzt scannen

**35%
Rabatt**

2x c't Fotografie testen

- 2 Ausgaben kompaktes Profiwissen für 14,30 €
- 35 % Rabatt gegenüber Einzelheftkauf
- Inklusive Geschenk nach Wahl
- Wöchentlicher Newsletter exklusiv für Abonnenten



ct-foto.de/fotowissen

Mac mini: Für Ein- und Umsteiger

Der Mac mini ist ein guter Einstiegsrechner und ein ziemlicher Allrounder: Er belegt wenig Platz auf dem Schreibtisch, spricht mindestens zwei 4K-Displays an und liefert auch in der Basisversion locker genug Rechenpower für alle typischen Heimanwendungen vom Mailen und Surfen über die einfache Fotobearbeitung bis hin zum Einstieg in den Videoschnitt. Sparfüchse halten Ausschau nach günstigen Restposten aus der M1- oder M2-Generation, die nur wenig langsamer sind als die aktuellen M4-Geräte – die M3-Generation hat Apple ausgelassen.

Wer viel Leistung braucht, ordert den mini mit M4 Pro mit 12 oder 14 CPU-Kernen sowie dickerer GPU und bekommt im Paket gleich mehr RAM plus eine größere SSD und schnellere Thunderbolt-Ports (Test auf Seite C50).



- 👆 leise, günstig, kompakt
- 👆 Intel-Version Windows-fähig
- 👇 keine Eingabegeräte dabei

Preis: ab 580 Euro (M4), ab 1580 Euro (M4 Pro)

MacBook Air: Mobiler Einstieg

Leicht, ausdauernd, geräuschlos und dabei so rechenstark wie der Mac mini: Das MacBook Air (Test auf S. C30) ist ein guter und vergleichsweise günstiger Begleiter. Als mobile Schreibmaschine für Mitschriften in der Vorlesung und für Hausarbeiten ist es voll in seinem Element, hat aber Reserven für mehr. Die Einstiegsvariante des MacBook Air 13,3" mit M4-Chip ist neu schon unter 950 Euro im Handel zu finden. In den nächsten Wochen ist ein MacBook Air mit M5 zu erwarten, ein MacBook Pro mit diesem Chip gab es zum Redaktionsschluss bereits.

Seit der M2-Generation mit neuem Gehäuse und überarbeitetem Display gibt es auch ein 15-Zoll-Modell für Anwender, die mehr Platz brauchen. Die M3-Ausgabe kann anders als die Vorgänger zwei externe Displays antreiben, wenn sein Deckel zugeklappt ist. Generationenübergreifender Kritikpunkt ist die karge Schnittstellenbestückung mit nur zwei USB-C-Ports, die beide auch zum Laden verwendet werden können. Standardmäßig geschieht dies über die MagSafe-Buchse ab der M2-Generation.



- 👆 günstig, gutes Display
- 👆 ausdauernd und leicht
- 👇 kaum Schnittstellen

Preis: ab 1070 Euro (M4, 13"), ab 1330 Euro (M4, 15")

iMac: Homeoffice-Ästhetik

Der schlanke, in sieben Farben erhältliche iMac (Test auf S. C40) mit dem kleinen Fuß macht auf dem Schreibtisch eine gute Figur. Sein 23,5-Zoll-Display leuchtet mit bis zu 500 cd/m², deckt den P3-Farbraum ab und zeigt 4480 × 2520 Pixel; Apple spricht von 4,5K-Auflösung. Je nach Prozessor kann der iMac ein oder zwei 6K-Displays extern antreiben.

Im Basismodell mit 16 GByte RAM steckt der Achtkern-M4 (4P + 4E); Magic Mouse und Keyboard liegen bei. Beim Upgrade auf die Version mit zehn CPU-Kernen bekommt man vier statt zwei USB-C-Anschlüsse, Ethernet und das Magic Keyboard mit integrierter Touch ID. In jedem Fall ist die Grundausstattung und 256-GByte-SSD geizig.

Ob es wieder ein Modell mit größerem Display geben wird, ist unklar – die letzten 27-Zöller hatten noch Intel-CPU's und sind nur für Windows-Umsteiger interessant.



-
- ↑ gutes 4,5K-Display
 - ↑ leise, performant
 - ↓ nicht erweiterbar
- Preis: ab 1440 Euro (M4)

MacBook Pro: Leistung für unterwegs

Das MacBook Pro (Tests auf S. C20 und C25) hat jeweils ein größeres Display als das Air, das heller leuchtet, HDR-fähig ist und mit bis zu 120 Hertz arbeitet; das Basismodell mit M5-SoC und 14-Zoll-Display bringt eine 512-GByte-SSD, SDXC-Kartenleser (Test von geeigneten SD-Karten ab 1 TByte auf S. D40) und HDMI mit. Dafür ist es aber auch gut 700 Euro teurer und 300 Gramm schwerer als das Air. Mit M4 Pro oder M4 Max an Bord wird es zur mobilen Workstation, die auch 8K-Filme schneiden oder komplexe Musikstücke abmischen kann. Dann hat es zudem einen dritten USB-C-Port und 18 GByte RAM; möglich sind bis zu 128 GByte RAM und eine 8-TByte-SSD.

Das 16-Zoll-Modell gibt es nur mit M4 Pro oder M4 Max, das Gewicht steigt auf mindestens 2,1 Kilogramm, das Netzteil liefert 140 statt 70 Watt.

Bis Oktober 2023 bot Apple außerdem eine Version des MacBook Pro mit 13,3-Zoll-Bildschirm an, die sich aber schwertut, sich vom günstigeren Air abzusetzen, weshalb es nur bei sehr niedrigen Preisen eine attraktive Wahl ist. Auch die M3- und M2-Generationen mit Pro und Max sind vereinzelt noch zu finden.



Da der M5 schon beim MacBook Pro eingeführt wurde, werden M5 Pro und M5 Max in einigen Wochen folgen.

-
- ↑ farbstarkes 120-Hertz-Display
 - ↑ leistungsfähig, anschlussfreudig
 - ↓ teurer
- Preis: ab 1780 Euro (M5, 14"), ab 2670 Euro (M4 Pro, 16")

Mac Studio: Profi-Powerwürfel

Der Mac Studio (Test auf S. C60) sieht aus wie ein hochgewachsener Mac mini M2. Den Platz nutzt Apple für ein leistungsfähigeres, leises Kühlsystem, denn im Inneren steckt immer entweder ein Max- oder ein Ultra-Chip. Dementsprechend potent ist schon das Einstiegsmodell, das in der aktuellen M4-Max-Generation mit 14 CPU- und 32-GPU-Kernen antritt; 36 GByte RAM und eine 512-GByte-SSD sind ebenfalls an Bord. Beim M3-Ultra gibt es von allem fast doppelt so viel – Rechenpower satt – und auch der Preis verdoppelt sich von 2250 auf 4500 Euro. Einen M4-Ultra-Chip gibt es bisher nicht.

Es gibt auch Modelle mit 16/40 respektive 32/80 CPU/GPU-Cores, bei denen Apple mehr RAM erlaubt, und zwar 128 respektive 512 GByte. Abgesehen vom Mac Pro hat kein anderer Apple-Rechner so viele Schnittstellen: Sechsmal USB-C, zweimal USB-A, HDMI, 10-Gigabit-Ethernet und ein SDXC-Kartenleser sind dabei.



- ↑ sehr leistungsfähig, leise, kompakt
 - ↑ zahlreiche Anschlüsse
 - ↓ sehr teuer
- Preis: ab 2250 Euro (M4 Max), ab 4500 Euro (M3 Ultra)

Dokumenten gleichzeitig oder nutzen vielleicht sogar eine naturgemäß speicherhungrige virtuelle Maschine, schaden 24 (ab M2) oder 32 GByte RAM (ab den Pro-Versionen) nicht wirklich. Mehr benötigen zurzeit allenfalls professionelle Anwender, die riesige Dateien etwa beim 8K-Videoschnitt oder 3D-Rendering bearbeiten.

Prozessorkunde

Im Jahr 2020 begann Apple mit dem M1-SoC seinen Wechsel von Intels x86-CPUs zu selbst entwickelten Chips auf ARM-Basis; inzwischen ist der M5 aktuell. Jede Chipgeneration besteht aus mehreren Ausbaustufen, von der Basisversion über den Pro und den

Apples M-Chips im Überblick

	M1	M2	M3	M4	M5	M1 Pro	M2 Pro
Marktstart	11/2020	06/2022	11/2023	11/2024	10/2025	10/2021	01/2023
max. CPU-Kerne	4 P + 4 E	4 P + 4 E	4 P + 4 E	4 P + 6 E	4 P + 6 E	8 P + 2 E	8 P + 4 E
P-Takt	3,2 GHz	3,5 GHz	4,1 GHz	4,5 GHz	4,6 GHz	3,2 GHz	3,5 GHz
E-Takt	2,1 GHz	2,4 GHz	2,7 GHz	2,9 GHz	3,0 GHz	2,1 GHz	2,4 GHz
max. GPU-Kerne	8	10	10	10	10	16	19
GPU-Shader	1024	1280	1280	1280	1280	2028	2432
Transistoren	16 Mrd.	20 Mrd.	25 Mrd.	28 Mrd.	k. A.	34 Mrd.	40 Mrd.
Fertigung	TSMC 5 nm	TSMC 5 nm	TSMC 3 nm	TSMC 3 nm	TSMC 3 nm	TSMC 5 nm	TSMC 5 nm
KI-Kerne	16 mit 11 Teraops	16 mit 15,8 Teraops	16 mit 18 Teraops	16 mit 38 Teraops	16, k. A.	16 mit 11 Teraops	16 mit 15,8 Teraops
RAM-Typ / Datenleitungen	LPDDR4X- 4266 / 128 Bit	LPDDR5-6400 / 128 Bit	LPDDR5-6400 / 128 Bit	LPDDR5-7467 / 128 Bit	LPDDR5-7467 / 128 Bit	LPDDR5-6400 / 256 Bit	LPDDR5-6400 / 256 Bit
RAM-Transferrate	68 GByte/s	102 GByte/s	102 GByte/s	120 GByte/s	153 GByte/s	205 GByte/s	205 GByte/s
max. RAM	16 GByte (2 × 8)	24 GByte (2 × 12)	24 GByte (2 × 12)	32 GByte (2 × 16)	32 GByte (2 × 16)	32 GByte (2 × 16)	32 GByte (2 × 16)
max. Monitore	2	2	2	3	3	3	3
Thunderbolt	3	3	3	4	4	4	4

P = Performance-Kern, E = Effizienz-Kern, k. A. = keine Angabe

Max bis zum Ultra, den es allerdings noch nicht als M4 gibt (siehe Tabelle). Allen gemein ist, dass sie Hybridprozessoren sind, die aus stromsparenden Effizienzkerne (E) für weniger anspruchsvolle Aufgaben und Performance-Cores (P) für hohe Leistung bestehen. Die Spanne reicht von den Achtkernern M1/M2/M3 (4P + 4E) bis zum 32-Kerner M3 Ultra (24P + 8E).

Die Varianten unterscheiden sich nicht nur in der Anzahl der CPU-Kerne, sondern auch beim Arbeitsspeicher, der bei den teureren Chips größer sein darf und schneller angebunden ist. Deshalb sind Pro- und Max-Varianten vor allem für leistungshungrige Aufgaben wie 4K-Videoschnitt mit mehreren Streams, Audiotbearbeitung oder Rendering interessant. Die Ultra-Version, de facto zwei zusammengeschaltete Max-Chips, die dementsprechend doppelt so viele Ausführungseinheiten hat, kommt nur in den Profirechnern Mac Studio und Mac Pro zum Einsatz und richtet sich an Käufer, die nie genug Leistung haben können.

Die Ausbaustufen Pro und Max legen jeweils auch bei der Grafikleistung ein paar Schippen drauf und bringen nicht nur mehr 3D-Performance, sondern auch mehr dedizierte Video-Encoder-Einheiten mit, sodass sie eine größere Anzahl Streams parallel verarbeiten können. Außerdem unterstützen die dickeren GPUs mehr Displays. Beim einfachen M1- bis M3-Chip sind es bis zu zwei, beim M4, M5 und allen Pros drei, beim Max fünf und beim Ultra fünf oder acht Displays. Allerdings zählt bei den MacBooks und dem iMac der integrierte Bildschirm mit, sodass sich die Anzahl der

extern anschließbaren Displays um eins reduziert. Auch hier keine Regel ohne Ausnahme: Der M3-Generation der MacBooks hat Apple beigebracht, das interne Display zu deaktivieren, wenn der Deckel zugeklappt ist, sodass die Geräte zwei externe Displays antreiben können. Beim M4 und M5 ist das nicht nötig.

Alle M-GPUs beherrschen die Aufnahme und Wiedergabe mit den Videocodern H.264 und H.265/HEVC und können Apples eigenen Codec ProRes dekodieren; beim M2 sind ProRes mit 8K und VP9 hinzugekommen, beim M3 darüber hinaus AV1 und VP1 sowie Hardware-Raytracing.

Ein weiterer Bestandteil der M-SoCs ist die sogenannte Neural Engine, also Funktionseinheiten, die für KI- oder Machine-Learning-Aufgaben verwendet werden. Beispiele sind die Objekterkennung in Apples Fotos-App sowie die Funktionen von Apple Intelligence. Innerhalb einer Generation haben alle Ausbaustufen die gleiche Anzahl dieser KI-Cores, nur beim Ultra sind es doppelt so viele.

Welcher Mac für welchen Zweck?

In den Kästen stellen wir Apples Rechner noch einmal genauer vor und ordnen ein, welcher für welche Ansprüche geeignet ist. Im Vordergrund steht dabei die jeweils aktuelle Modellgeneration. Gibt es spezielle Schnäppchentipps oder etwas Besonderes zu beachten, merken wir dies an. Viel Spaß beim Stöbern!

(jes) **ct**

	M3 Pro	M4 Pro	M1 Max	M2 Max	M3 Max	M4 Max	M1 Ultra	M2 Ultra	M3 Ultra
	11/2023	11/2024	10/2021	01/2023	11/2023	11/2024	03/2022	06/2023	03/2025
	6 P + 6 E	10 P + 4 E	8 P + 2 E	8 P + 4 E	12 P + 4 E	12 P + 4 E	16 P + 4 E	16 P + 8 E	24 P + 8 E
	4,1 GHz	4,5 GHz	3,2 GHz	3,5 GHz	4,1 GHz	4,5 GHz	3,2 GHz	3,7 GHz	4,1 GHz
	2,7 GHz	2,6 GHz	2,1 GHz	2,4 GHz	2,6 GHz	2,6 GHz	2,1 GHz	2,4 GHz	2,6 GHz
	18	20	32	38	40	40	64	76	80
	2304	2560	4096	4864	5120	5120	8192	9728	10240
	37 Mrd.	k. A.	57 Mrd.	67 Mrd.	92 Mrd.	k. A.	114 Mrd.	134 Mrd.	184 Mrd.
	TSMC 3 nm	TSMC 3 nm	TSMC 5 nm	TSMC 5 nm	TSMC 3 nm	TSMC 3 nm	TSMC 5 nm	TSMC 5 nm	TSMC 3 nm
	16 mit 18 Teraops	16 mit 38 Teraops	16 mit 11 Teraops	16 mit 15,8 Teraops	16 mit 18 Teraops	16 mit 38 Teraops	32 mit 22 Teraops	32 mit 31,6 Teraops	32 mit 36 Teraops
	LPDDR5-6400 / 192 Bit	LPDDR5-8533 / 256 Bit	LPDDR5-6400 / 512 Bit	LPDDR5-6400 / 512 Bit	LPDDR5-6400 / 512 Bit	LPDDR5-8533 / 512 Bit	LPDDR5-6400 / 1024 Bit	LPDDR5-6400 / 1024 Bit	LPDDR5-6400 / 1024 Bit
	153 GByte/s	273 GByte/s	410 GByte/s	410 GByte/s	410 GByte/s	546 GByte/s	820 GByte/s	820 GByte/s	820 GByte/s
	36 GByte (3 × 12)	64 GByte (4 × 16)	64 GByte (4 × 16)	96 GByte (4 × 24)	128 GByte (4 × 32)	128 GByte (4 × 32)	128 GByte (8 × 16)	192 GByte (8 × 16)	256 GByte (8 × 16)
	3	3	5	5	5	5	5	8	8
	4	5	4	4	4	5	4	4	5



MacBook Pro mit M4, M4 Pro und M4 Max

M4-Prozessoren, Thunderbolt 5, entspiegelte Displays in 14" und 16" – wir haben die MacBook Pros in allen drei Chip-Varinaten getestet.

Von **Johannes Schuster**

Von außen haben sich die M4-MacBook-Pros vor allem darin verändert, dass nun neben Silber die neue Farbe Space Schwarz statt Space Grau auch beim Einstiegsmodell zur Auswahl steht – wie zuvor schon bei den Modellen mit Pro- oder Max-Chip. Bei den Schnittstellen mit 3 × USB-C, Audio, HDMI, MagSafe und einem SD-Kartenslot sieht man bei den meisten Modellen nichts Neues.

Eine Ausnahme gibt es beim Einstiegsmodell, das früher nur zwei USB-C-Ports mitbrachte – und jetzt endlich drei. Erkennen lässt sich eventuell auch die neue, 170 Euro teure Option Nanotextur, denn mit ihr spiegelt das Display wesentlich weniger und milchiger. Erreicht wird dies durch eine fein geätzte Schicht auf der Diffuser-Schicht an der Innenseite des Panels, wodurch das Licht in verschiedene Rich-

tungen gebrochen wird und keine spezielle Pflege notwendig ist. Gerade bei der Nutzung im Sonnenlicht war der Effekt im Test enorm, gleichzeitig zeigte das Panel keine Farbeffekte auf weißen Flächen, wie wir es von anderen Apple-Displays mit Nanotextur kannten. Kurz vor Redaktionsschluss stellte Apple das Nachfolge-Modell für das MacBook Pro M4 mit M5 vor. Den Test finden Sie in diesem Heft als nächsten Artikel.

Die Displays sollen mit HDR-Inhalten bis zu 1600 Nits (= Candela/m²) hell leuchten. Wir konnten punktuell um 1400 messen. Im Normalbetrieb in Innenräumen erreichten beide Panelgrößen um 550 Nits. Laut Apple sollen draußen im Sonnenlicht auch mit SDR-Inhalten bis zu 1000 Nits möglich sein, was wir beim trüben Herbstwetter nicht nachstellen konnten. Die Displays können weiterhin die Bildwiederholfrequenz auf 120 Hertz steigern und stellen den DCI-P3-Farbraum dar.

MacBook Pro mit M4 als Einstieg in die Pro-Klasse

Das MacBook Pro gibt es in den Größen 14 und 16 Zoll, aber nur das kleinere gibt es im Handel noch mit dem einfachen M4 an. Dessen CPU besitzt im Vergleich zum M3 zwei Effizienz-Kerne mehr und kommt auf insgesamt sechs Effizienz- und weiterhin vier Performance-Kerne. Die Taktraten von 2,7 und 4,1 GHz verbesserten sich auf 2,8 und 4,5 GHz. Auch die Minimalsausstattung mit Arbeitsspeicher hat Apple von 8 auf 16 GByte aufgestockt. Maximal kön-

nen beim Kauf 32 statt 24 GByte geordert werden. Die Zahl der möglichen Grafikkerne blieb bei zehn. Uns stand ein 2529 Euro teures MacBook Pro 14" M4 10/10 Core 16/1024 GByte Nanotextur zum Test zur Verfügung.

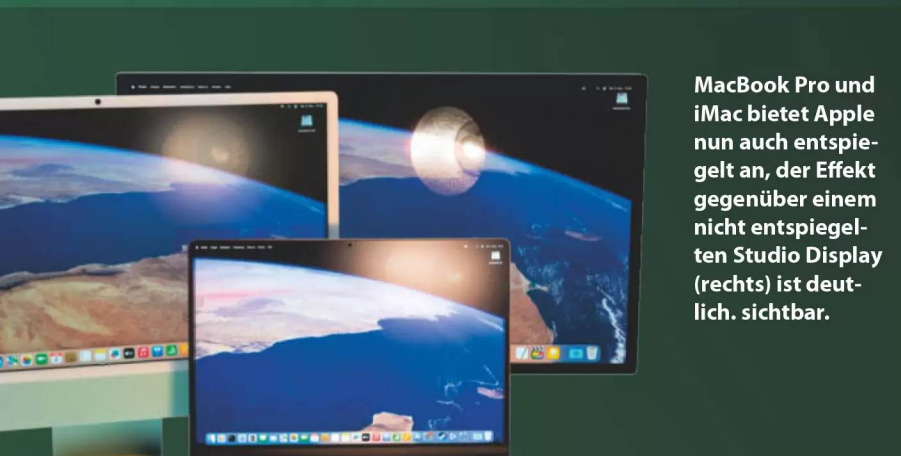
Im Resultat legte das MacBook Pro 14" mit M4 gegenüber dem mit M3 bei Geekbench 6 um 23 Prozent zu, bei Cinebench 24 sogar um 40 Prozent. Mit Logic Pro konnten wir 240 Spuren parallel abfahren statt nur 196. Bei den Grafiktests mit Geekbench 6 lag der Zuwachs bei 21 Prozent und das Spiel Shadow of the Tomb Raider lief mit 15 Prozent mehr Bildern pro Sekunde. Auch der Videoencoder auf dem Chip wurde schneller, zum Beispiel der Export von 8K-Red-Material in Final Cut Pro um 22 Prozent. Die Performance der internen SSD erreichte wieder um die 3000 MByte/s (siehe Balkendiagramm in diesem Artikel).

M4 Pro und M4 Max mit stark verbesserter Performance

Als zweites MacBook Pro konnten wir ein 16"-Modell mit M4 Pro 14/20 Core 48/2048 GByte Nanotextur zum Preis von 4219 Euro testen. Der M4 Pro besitzt im 16-Zoller nun standardmäßig 14 statt 12 CPU-Kerne und die Zahl der Performance-Cores stieg sogar von sechs auf zehn. Der Takt änderte sich von 2,7 und 4,1 GHz auf 2,6 und 4,5 GHz. Die GPU kommt mindestens mit 16 statt 14 Kernen. Als Speicherausstattung stehen bis zu 48 statt 36 GByte RAM zur Verfügung, die Einstiegsvariante hat 24 statt 18 GByte. Beim Mac mini mit M4 Pro sind allerdings sogar 64 GByte möglich (siehe C50).

Mit Geekbench 6 lag der Zuwachs im Vergleich zum Vorgänger mit M3 Pro hier bei satten 42 Prozent, mit Cinebench 24 bei 22 Prozent. Die Grafik legte mit Geekbench 6 um 44 Prozent zu, bei Shadow of the Tomb Raider 37. Auch die SSD arbeitete deutlich schneller, um starke 69 Prozent beim Lesen. In der Praxis mit Logic Pro bedeutete die neue Hardware, dass 635 statt 295 Tonspuren liefen. Besonders krass war aber die Diskrepanz beim Exportieren von acht 8K-Video-Spuren im Format Apple ProRes in Final Cut Pro, was 42 statt 4169 Sekunden brauchte. Diese Aufgabe benötigt enorme Rechenleistung auf dem Chip und läuft dann flüssig. Lahmt eine der Komponenten, wird das Tempo extrem langsam.

Als drittes MacBook stand uns ein 16-Zoller 16/40 Cores 128/8192 GByte und Nanotextur zum Preis von 8549 Euro zur Verfügung. Das Basismodell mit 16 Zoll und M4 Max bringt lediglich 10 Performance-





**Mit der
brandneuen
Thunderbolt-
5-SSD OWC Envoy
Ultra konnten wir über
5000 MByte/s lesen
oder schreiben.**

und 4 Effizienz- sowie 32 GPU-Cores mit. Während sich die CPU-Kerne nicht vom M4 Pro unterscheiden, liegt der Unterschied bei den GPU-Cores und beträgt die Speicherbandbreite 410 GByte/s gegenüber 273 beim M4 Pro sowie 120 GByte/s beim M4. Der teuerste und von uns getestete M4 Max bietet sogar 546 GByte/s. Sein RAM lässt sich bis 128 GByte konfigurieren, ansonsten sind es beim Max höchstens 64 GByte. Da der M4 Max zwei Video-En-/Decoding-Engines besitzt, profitierte besonders Final Cut Pro stark. Unser Hammer-Test mit acht Spuren 8K-Video war in 22 Sekunden durch, gegenüber 42 mit dem M4 Pro und 33 Sekunden beim Vorgänger mit M3 Max.

Geekbench 6 Multicore legte um 21 Prozent zu (gegenüber dem M3 Max), Singlecore um 26 Prozent.

Das dürfte vor allem an der Steigerung der CPU-Taktraten von 4,1 und 2,6 auf 4,5 und 2,6 GHz liegen. Die Grafikperformance steigerte sich um 21 Prozent in Geekbench 6 Metal und um 8 Prozent in dem 3D-Spiel Shadow of the Tomb Raider. Die interne SSD mit 8TByte Kapazität lieferte erstmals in einem Apple-Rechner Werte über 8000 MByte/s und war somit noch schneller als die im Mac Studio M2 Ultra.

Alle M4-Chips sind laut Apple bereits auf die kommenden Funktionen für Künstliche Intelligenz vorbereitet und besitzen eine Neural Engine mit 16 Rechenkernen. Mit Geekbench AI Half Precision waren sie stets ungefähr gleich schnell und ungefähr 60 Prozent besser als in einem M2-Chip. Dieser KI-Test konnte somit nicht von höherer Speicherbandbreite und mehr RAM profitieren.

Akkulaufzeiten und Geräusche

Die Akkulaufzeiten bei gleicher oder leicht gestiegener Batteriekapazität verbesserten sich im Schnitt um rund 15 Prozent, was in erster Linie auf die höhere Sparsamkeit der M4-Chips zurückzuführen ist. Hauptverbraucher bleibt allerdings das Display, wie die unterschiedlichen Werte bei der vollen und der auf 100 Nits gedimmten Bildschirmhelligkeit zeigen. Für einen langen Tag Arbeit bei mittlerer Bildschirmhelligkeit sollten die Akkus auf jeden Fall reichen.

Leider sind die M4-MacBooks nicht mehr ganz so leise wie die Vorgänger. Besonders bei CPU-Volllast wurden sie deutlich lauter: mit M4 bis 1 Sone, mit M4 Pro bis 3 Sone und mit M4 Max bis zu nervigen 4,7 Sone. Bei Grafik-Aufgaben verursachte hingegen nur das Modell mit M4 Max starke Geräusche von 3,6 Sone. Zur Einordnung: Bei den allermeisten Anwendungen und sogar bei fast allen Benchmarks waren wohl gemerkt die Lüfter nicht zu hören, nach zehn Minuten Volllast unter Cinebench auf allen Kernen dann umso mehr. Energiespareinstellungen hatten



**MacBooks mit M4, M4 Pro oder M4 Max
bringen die gleiche Zahl an Schnittstellen
mit: Links MagSafe, 2× USB-C und Audio,
rechts HDMI, USB-C und SD-Kartenslot.**



wir sämtlich abgeschaltet respektive auf hohe Leistung eingestellt. In der Grundeinstellung ist der Hochleistungsmodus vom M4 Pro und M4 Max auf Automatik eingestellt, sodass bei Dauerlast die Leistung gekappt und der Lüfterlärm reduziert wird.

Mehr Monitore am M4

Der M4 kann im MacBook Pro nun zwei externe 6K-Displays ansteuern, selbst wenn der eigene Bildschirm in Betrieb ist. Mit dem M3 musste man dafür den Deckel des MacBook Pro zuklappen, um das Display abzuschalten. Alternativ kann jedes MacBook Pro am HDMI-Port ein 8K-Display mit bis zu 60 Hz antreiben oder ein einzelnes 4K-Display mit bis zu 240 Hz. Allerdings gibt es nach wie vor nur wenige 8K-Monitore auf dem Markt. M4 Pro und M4 unterscheiden sich hier nicht mehr wesentlich. Der M4 Max kann wie zuvor der M3 Max insgesamt vier externe Bildschirme treiben, davon drei mit

6K-Auflösung an Thunderbolt plus einen mit 4K an HDMI.

Thunderbolt 5

Ein für manche Anwender großer Unterschied besteht hingegen bei der möglichen Geschwindigkeit von externen SSDs: Zum M4 Pro und M4 Max gehört nun erstmals Thunderbolt 5, das maximal 120 statt 40 Gbit/s durchsetzen kann. Mit einer Thunderbolt 5-SSD von OWC erzielten wir auf Anhieb Transferraten über 5000 MByte/s, bisher war und ist noch beim M4 (ohne Pro) bei Thunderbolt 4 und 3100 MByte/s Schluss. Außerdem unterstützt Thunderbolt 5 natives DisplayPort 2.1 (statt 1.4) für mehrere Monitore am selben Port.

Bei Bluetooth und WLAN hat sich nichts getan, es bleibt bei 5.3 und 6E. Im Nahbereich zu dem Wi-Fi-7-Router Deco BE65 konnten wir im 6-GHz-Band bis zu 1700 Mbit/s Upload netto (von 2400 brutto) messen.



Jetzt absichern!

Vorsicht ist besser als Nachsicht!

Dieses Sonderheft bietet Ihnen sofort eine praktische Hilfe, um Ihren digitalen Alltag sicher zu gestalten:

- ▶ 14 Security-Checklisten für alle digitalen Bereiche
- ▶ Extra-Sicherheit für Windows
- ▶ Cybercrime verstehen und bekämpfen
- ▶ Passkeys gegen Phishing und Leaks



... und noch viel mehr hilfreiche Artikel

 shop.heise.de/ct-securityeinstieg24

Gleich reinschauen

MacBook Pros M4 und Vorgänger

	MacBook Pro 14" M3	MacBook Pro 14" M4	MacBook Pro 16" M3 Pro
Prozessor	Apple M3, 4+4=8 CPU-Kerne, 4,1+2,7 GHz, Neural Engine 16 Kerne	Apple M4, 4+6=10 CPU-Kerne, 4,5+2,8 GHz, Neural Engine 16 Kerne	Apple M3 Pro, 6+6=12 CPU-Kerne, 4,1+2,7 GHz, Neural Engine 16 Kerne
Grafik	Apple M3, 10 Kerne, Unified Memory	Apple M4, 10 Kerne, Unified Memory	Apple M3 Pro, 18 Kerne, Unified Memory
Arbeitsspeicher	8 GByte LPDDR5, Testgerät 16 GByte, max. 24 GByte	16 GByte LPDDR5, max. 32 GByte	18 GByte LPDDR5-6400, max. 36 GByte
Massenspeicher	Apple-SSD, 512 GByte, Fabric Link, verlötet, Testgerät 1 TByte, max. 2 TByte	Apple-SSD, 512 GByte, Fabric Link, verlötet, Testgerät 1 TByte, max. 2 TByte	Apple-SSD, 512 GByte, Fabric Link, verlötet, max. 4 TByte
Farben	Silber oder Space Grau	Silber oder Space Schwarz	Silber oder Space Schwarz
Display	14,2" IPS mit Notch, Mini-LED, spiegelnd, 3024 × 1964 Punkte, 254 dpi, Farbraum DCI-P3, True Tone, max. Helligkeit 546 (mit HDR 1276) cd/m2, externe Auflösung max. 1 × 6K (60 Hz)	14,2" IPS mit Notch, Mini-LED, spiegelnd, 3024 × 1964 Punkte, 254 dpi, Farbraum DCI-P3, True Tone, Helligkeit 526 (mit HDR 1389) cd/m2, externe Auflösung 2 × 6K oder 1 × 8K (60 Hz), optional Nanotextur	16,2" IPS mit Notch, Mini-LED, spiegelnd, 3456 × 2234 Punkte, 254 dpi, Farbraum DCI-P3, True Tone, max. Helligkeit 547 (mit HDR 1336) cd/m2, externe Auflösung max. 2 × 6K oder 1 × 8K (60 Hz)
Audio	Kopfhörerbuchse (auch hochohmige), analoger Mono-Eingang mit iPhone-Headset	Kopfhörerbuchse (hochohmig), analoger Mono-Eingang mit iPhone-Headset	Kopfhörerbuchse (auch hochohmige), analoger Mono-Eingang mit iPhone-Headset
Sonstige Ausstattung	Touch ID, FaceTime-HD-Kamera (1080p), 6 Lautsprecher, 3 Mikrofone, Force-Touch-Trackpad, beleuchtete Tastatur, MagSafe 3, 70-Watt-USB-C-Netzteil	Touch ID, Center-Stage-Kamera (12 MP), 6 Lautsprecher, 3 Mikrofone, Force-Touch-Trackpad, beleuchtete Tastatur, MagSafe 3, 70-Watt-USB-C-Netzteil	Touch ID, FaceTime-HD-Kamera (1080p), 6 Lautsprecher, 3 Mikrofone, Force-Touch-Trackpad, beleuchtete Tastatur, MagSafe 3, USB-C-Netzteil 140 Watt
Sonstige Anschlüsse und Netzwerk	2 × Thunderbolt 3 mit USB 4 (40 GBit/s), HDMI 2.0, SDXC-Steckplatz, Wi-Fi 6E (2400 MBit/s brutto), Bluetooth 5.3	3 × Thunderbolt 4 mit USB 4 (40 GBit/s), HDMI 2.1, SDXC-Steckplatz, Wi-Fi 6E (2400 MBit/s brutto), Bluetooth 5.3	3 × Thunderbolt 4 mit USB 4 (40 GBit/s), HDMI 2.1, SDXC-Steckplatz, Wi-Fi 6E (2400 MBit/s brutto), Bluetooth 5.3
Maße	31,3 × 22,1 × 1,55 cm	31,3 × 22,1 × 1,55 cm	35,6 × 24,8 × 1,68 cm
Gewicht	1,55 kg	1,55 kg	2,14 kg
Akku	70 Wh, Lithium-Polymer fest verbaut	72,4 Wh, Lithium-Polymer fest verbaut	100 Wh, Lithium-Polymer fest verbaut
Geräusche (Sone)	Betrieb <0,1, Volllast: CPU 1,0, GPU <0,1	Betrieb <0,1, Volllast: CPU 2,0, GPU <0,1	Betrieb <0,1, Volllast: CPU <0,1, GPU <0,1
Audio- Wiedergabe	Klirrfaktor 0,001 %, Dynamik –118,8 dB(A), Linearität 0,02 dB, Störabstand –127,9 dB(A), Übersprechen –72,7 dB	Klirrfaktor 0,001 %, Dynamik –116,4 dB(A), Linearität 0,02 dB, Störabstand –116,4 dB(A), Übersprechen –72,9 dB	Klirrfaktor 0,001 %, Dynamik –118,8 dB(A), Linearität 0,02 dB, Störabstand –127,9 dB(A), Übersprechen –72,7 dB
Bewertungen			
Verarbeitung/Ausstattung	⊕⊕ / ○	⊕⊕ / ○	⊕⊕ / ⊕⊕
Leistung CPU/GPU/SSD	⊕ / ⊕ / ⊕	⊕ / ⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕ / ⊕
Geräusche/Audio	⊕ / ⊕⊕	⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕
Display/Mobilität	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕
Optionen (Auswahl)	16/24 GByte RAM +230/+460 €, 1-/2-TByte-SSD +230/690 €	24/32 GByte RAM +230/460 €, 1/2 TByte +230/690 €, Nanotextur +170 €	36 GByte RAM +460 €, 1/2/4 TByte SSD +230/690/1380 €
Einführungspreis	1999 €	1899 €	2999 €
Preis Testgerät	2459 €	2529 €	2999 €
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht			

Verbesserte Kameras

Die Videochat-Kamera bringt nun einen 12-Mega-pixel-Sensor mit statt einen mit Full HD. Trotzdem bleibt diese Auflösung bei QuickTime-Filmchen auf 1080p stehen. Die Qualität war dabei etwas besser

als die beim Vorgänger, besonders in Sachen Schärf-e und Belichtung. Mit der Software Swift Capture konnten wir direkt auf die Kamera zugreifen und eine quadratische Auflösung von 1552 × 1552 Pixeln rausholen, was aber immer noch nur spärliche 2,4 MP sind.

MacBook Pro 16" M4 Pro	MacBook Pro 14" M3 Max	MacBook Pro 16" M4 Max
Apple M4 Pro, 10+4=14 CPU-Kerne, 4,5+2,6 GHz, Neural Engine 16 Kerne	Apple M3 Max, 10+4=14 CPU-Kerne, 4,1+2,6 GHz, Neural Engine 16 Kerne, Testgerät/max. 12+4=16 CPU-Kerne	Apple M4 Max, 10+4=14 CPU-Kerne, 4,5+2,6 GHz, Neural Engine 16 Kerne, Testgerät/max. 12+4=16 CPU-Kerne
Apple M4 Pro, 20 Kerne, Unified Memory	Apple M3 Max, 30 Kerne, Unified Memory, Testgerät/max. 40 Kerne	Apple M4 Max, 32 Kerne, Unified Memory, Testgerät/max. 40 Kerne
24 GByte LPDDR5, Testgerät/max. 48 GByte	36 GByte LPDDR5-6400, Testgerät 64 GByte, max. 128 GByte	36 GByte LPDDR5-6400, Testgerät/max. 128 GByte
Apple-SSD, 512 GByte, Fabric Link, verlötet, Testgerät 2 TByte, max. 4 TByte	Apple-SSD, 1 TByte, Fabric Link, verlötet, Testgerät 2 TByte, max. 8 TByte	Apple-SSD, 1 TByte, Fabric Link, verlötet, Testgerät/max. 8 TByte
Silber oder Space Schwarz	Silber oder Space Schwarz	Silber oder Space Schwarz
16,2" IPS mit Notch, Mini-LED, spiegelnd, 3456 × 2234 Punkte, 254 dpi, Farbraum DCI-P3, True Tone, max. Helligkeit 571 (mit HDR 1450) cd/m2, externe Auflösung 2 × 6K oder 1 × 8K (60 Hz), optional Nanotextur	14,2" IPS mit Notch, Mini-LED, spiegelnd, 3024 × 1964 Punkte, 254 dpi, Farbraum DCI-P3, True Tone, max. Helligkeit 561 (mit HDR 1302) cd/m2, externe Auflösung max. 3 × 6K + 1 × 4K oder 2 × 6K + 1 × 8K (60 Hz)	16,2" IPS mit Notch, Mini-LED, spiegelnd, 3456 × 2234 Punkte, 254 dpi, Farbraum DCI-P3, True Tone, max. Helligkeit 571 (mit HDR 1450) cd/m2, externe Auflösung 3 × 6K + 1 × 4K oder 2 × 6K + 1 × 8K (60 Hz), optional Nanotextur
Kopfhörerbuchse (hochohmig), analoger Mono-Eingang mit iPhone-Headset	Kopfhörerbuchse (hochohmig), analoger Mono-Eingang mit iPhone-Headset	Kopfhörerbuchse (hochohmig), analoger Mono-Eingang mit iPhone-Headset
Touch ID, Center-Stage-Kamera (12 MP), 6 Lautsprecher, 3 Mikrofone, Force-Touch-Trackpad, beleuchtete Tastatur, MagSafe 3, 140-Watt-USB-C-Netzteil	Touch ID, FaceTime-HD-Kamera (1080p), 6 Lautsprecher, 3 Mikrofone, Force-Touch-Trackpad, beleuchtete Tastatur, MagSafe 3, 96-Watt-USB-C-Netzteil	Touch ID, Center-Stage-Kamera (12 MP), 6 Lautsprecher, 3 Mikrofone, Force-Touch-Trackpad, beleuchtete Tastatur, MagSafe 3, 140-Watt-USB-C-Netzteil
3 × Thunderbolt 5 mit USB 4 (120 GBit/s), HDMI 2.1, SDXC-Steckplatz, Wi-Fi 6E (2400 MBit/s brutto), Bluetooth 5.3	3 × Thunderbolt 4 mit USB 4 (40 GBit/s), HDMI 2.1, SDXC-Steckplatz, Wi-Fi 6E (2400 MBit/s brutto), Bluetooth 5.3	3 × Thunderbolt 5 mit USB 4 (120 GBit/s), HDMI 2.1, SDXC-Steckplatz, Wi-Fi 6E (2400 MBit/s brutto), Bluetooth 5.3
35,6 × 24,8 × 1,68 cm	31,3 × 22,1 × 1,55 cm	35,6 × 24,8 × 1,68 cm
2,14 kg	1,62 kg	2,15 kg
100 Wh, Lithium-Polymer fest verbaut	70 Wh, Lithium-Polymer fest verbaut	100 Wh, Lithium-Polymer fest verbaut
Betrieb <0,1, Volllast: CPU 3,0, GPU 0,3	Betrieb <0,1, Volllast: CPU 1,8, GPU 1,7	Betrieb <0,1, Volllast: CPU 4,7, GPU 3,6
Klirrfaktor 0,001 %, Dynamik –116,4 dB(A), Linearität 0,02 dB, Störabstand –116,3 dB(A), Übersprechen –73,1 dB	Klirrfaktor 0,001 %, Dynamik –116,8 dB(A), Linearität 0,02 dB, Störabstand –116,3 dB(A), Übersprechen –72,7 dB	Klirrfaktor 0,001 %, Dynamik –116,3 dB(A), Linearität 0,02 dB, Störabstand –116,2 dB(A), Übersprechen –73,0 dB
⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕
⊕⊕ / ⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕ / ⊕⊕
⊕ / ⊕⊕	○ / ⊕⊕	○ / ⊕⊕
⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕
24/32 GByte RAM +230/460 €, 1/2 TByte +230/690 €, Nanotextur +170 €	16 CPUs, 40 GPUs und 48 GByte RAM +345 €, 64/96/128 GByte RAM +460/920/1380 €, 2/4/8 TByte SSD +460/1150/2530 €	16 CPUs, 40 GPUs und 48 GByte RAM +370 €, 64/128 GByte RAM +460/1380 €, 2/4/8 TByte SSD +460/1150/2530 €, Nanotextur +170 €
2899 €	3999 €	4099 €
4219 €	5264 €	8549 €

Ihre Meinung,
Zusatzmaterial, Webcam:
ct.de/w2rc

Immerhin profitiert der Anwender in zwei Punkten von den neuen Kameras: Zum einen beherrschen sie die vom iPad und Studio Display bekannte Folgefunktion Center Stage, wobei die Software nur einen Ausschnitt des erfassten Bilds nutzt. Bewegt sich die Person vor der Kamera, wird der Ausschnitt mit-

geführt. Auf der anderen Seite des Bildtelefons wirkt das wie ein Kameraschwenk. Und zweitens unterstützt sie die neue Schreibtischansicht (Desk View), bei der man zum Beispiel innerhalb eines FaceTime-Videochats einen zusätzlichen Bildausschnitt von auf dem Tisch liegenden Dinge einblenden kann. Die Software zieht die Blickwinkelverzerrungen gerade und dreht das kopfstehende Bild auf die Füße. Im Test konnte das Gegenüber sogar die Schrift auf einem A4-Blatt lesen. Vorher mussten wir durch Ausrichten des MacBook-Deckels und Bedienen des Zoom-Reglers den Ausschnitt genau einstellen.

Gelebte Vorzüge

Die GPUs beherrschen Raytracing in Hardware und bringen Dynamic Caching sowie Mesh Shader für den flexiblen Einsatz mit. Neben Thunderbolt gibt es HDMI und einen Kartensteckplatz für SD-Karten. Die Tastatur besitzt einen robusten Scherenmechanismus und ist beleuchtet. Ein Fingerabdrucksensor sorgt fürs Entsperren und Zahlen mit Apple Pay per Touch ID. Drei zu einem Ring angeordnete Mikrofone bieten Monosound mit Rauschunterdrückung. Sechs Lautsprecher – vier Tieftöner und zwei Hochtöner – liefern einen erstaunlich räumlichen Stereoklang und Spatial Audio.

Fazit

Unerwartet hoch fiel der Performance-Zuwachs bei diesem Generationswechsel aus, insbesondere bei den Varianten Pro und Max. Mangelnde Rechengeschwindigkeit war allerdings nie das Problem der Apple-Chips. Schon eher, dass man an einem MacBook mit M1 oder M2 lediglich einen externen Monitor betreiben kann. Mit M3 waren es dann nach einem Update zwei, aber nur mit geschlossenem Laptop-Deckel. Erst jetzt mit dem M4 braucht man keinen teuren Pro-Chip mehr, um insgesamt drei Bildschirme anzusteuern. Und endlich hat Apple auch auf (nicht nur unsere) Kritik an den brillanten, aber spiegelnden Displays gehört und bietet eine überaus gelungene Mattierung an. Diese 170 Euro sollten Menschen mit empfindlichen Augen auf jeden Fall investieren. Was Thunderbolt 5 außerdem bringt, muss die Zukunft zeigen. Nach Abschaffung des MacBook Pro 13" war der Einstieg in die Pro-Klasse deutlich teurer geworden, aber Käufer werden mit tollen 120-Hertz-Displays und moderner Technik entschädigt. (jes) **ct**

MacBook Pro mit M5

Der neue M5-Chip zieht im MacBook Pro 14 Zoll ein und verspricht mehr Leistung, insbesondere für die SSD und KI-Berechnungen. Dem um 100 Euro gesenkten Preis steht das Fehlen eines Ladegeräts gegenüber.

Von **Johannes Schuster**

Aufeine Pro- und Max-Ausführung müssen wir noch warten, aber Apple hat den neuen M5-Chip in diesem Jahr nicht nur dem iPad Pro, sondern gleichzeitig auch der Vision Pro und dem MacBook Pro mit 14-Zoll-Display spendiert. Wie schon im Jahr zuvor gibt es das MacBook Pro neben Silber in der Farbe Space Schwarz. Äußerlich hat sich nichts getan, als Schnittstellen finden sich 3×USB-C mit Thunderbolt 4, eine Buchse für iPhone-Headsets (oder auch hochohmige Kopfhörer) und MagSafe zum Laden. Auf der rechten Seite befinden sich ein SD-Kartenslot und ein HDMI-Anschluss, die beide dem MacBook Air fehlen. Uns stand ein MacBook Pro 14 Zoll M5 mit je 10 CPU- und GPU-Cores, 32 GByte RAM, 1TByte SSD sowie Nanotexturdisplay zum Test zur Verfügung, das nach Liste 2739 Euro kostet.

Das unveränderte Display soll mit HDR-Inhalten bis zu 1600 Nits (= Candela pro Quadratmeter) hell leuchten. Wir konnten mit unserem kalibrierten Leuchtdichtemessgerät punktuell 1440 Nits messen. Im Normalbetrieb in Innenräumen erreichte

das Panel um 490 Nits. Laut Apple sollen draußen im Sonnenlicht auch mit SDR-Inhalten bis zu 1000 Nits möglich sein. Wir konnten beim trüben Herbstwetter nur 630 Nits herauskitzeln. Das wenig blickwinkelabhängige und kontrastreiche Display kann weiterhin die Bildwiederholfrequenz auf 120 Hertz steigern oder auf 10 Hz absenken. Es deckte den DCI-P3-Farbraum vollständig ab. Mit der für jetzt 190 Euro (statt 170 Euro) erhältlichen Nanotextur spiegelte das Display wesentlich weniger und wirkte milchiger. Erreicht wird dies durch eine fein geätzte Schicht auf der Diffuserschicht des Panels, wodurch das Licht in verschiedene Richtungen gebrochen wird. Gerade im Sonnenlicht hilft das enorm, den Bildinhalt zu erkennen. Im Test ließ das Panel trotz der Nanotextur keine störenden Farbeffekte auf weißen Flächen erkennen, die bei manchen entspiegelten Bildschirmen auftreten.

Der M5 kann im MacBook Pro zwei externe 6K-Displays ansteuern, selbst wenn der eigene Bildschirm in Betrieb ist. Alternativ kann man an jedem

Praxis-Benchmarks

	Cinebench 24 Single Core	Cinebench 24 Multi Core	Geekbench 6 Single Core	Geekbench 6 Multi Core	Logic Pro X [Spuren]	Final Cut Pro Rendern 4K [s]	Final Cut Pro 8K Red Export [s]
	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	◀ besser	◀ besser
MacBook Pro 14" M3 8/10 Cores 16/1024 GByte	141	716	3120	12022	196	46	196
MacBook Pro 14" M4 10/10 Cores 16/1024 GByte	173	999	3547	14831	240	40	153
MacBook Pro 14" M5 10/10 Cores 16/1024 GByte	199	1154	4259	17879	284	31	104
MacBook Pro 16" M3 Pro 17/18 Cores 18/512 GByte	145	1065	3154	15619	295	30	110
MacBook Pro 16" M4 Pro 14/20 Cores 48/2028 GByte	177	1749	3657	22206	635	20	75

— nicht gemessen



	Final Cut Pro 8K ProRes Export [s]	Cinebench 24 Metal	Geekbench 6 Metal	Geekbench AI Neural Engine Half Precision	Shadow of the Tomb Raider 1080p [fps]	BlackMagic Schreiben [MByte/s]	BlackMagic Lesen [MByte/s]	DVD duplizieren [s]	Akkulaufzeit Video bei 200 cd/m2 [h]	Akkulaufzeit Skript bei 100 cd/m2 [h]	Akkulaufzeit volle Helligkeit [h]
	◀ besser	besser ▶	besser ▶	besser ▶	bbesser ▶	besser ▶	besser ▶	◀ besser	besser ▶	besser ▶	besser ▶
	39	3457	47707	—	39	3005	2902	5,0	17,5	23,8	7,2
	31	4055	57525	36435	45	3215	2911	5,2	20,2	28,6	9,0
	24	6063	76520	40990	63	6501	6618	3,1	18,6	25,0	7,3
	28	6005	77903	—	62	4029	5224	3,2	18,0	42,4	7,7
	14	9208	112149	36381	85	6805	5424	2,2	21,3	32,6	9,5



Das MacBook Pro 14 Zoll M5 kostet als Einstieg in die Pro-Klasse bei Apples Laptops 1800 Euro ohne Netzteil.

MacBook Pro M5 via HDMI ein 8K-Display mit bis zu 60 Hz ansteuern oder ein einzelnes 4K-Display mit bis zu 240 Hz.

Neuer Chip

Das MacBook Pro gibt es eigentlich in den Größen 14 und 16 Zoll, aber nur das kleinere hat Apple bislang mit dem M5 ausgestattet. Wer das größere Display oder einen Chip mit mehr Kernen möchte, muss zum weiterhin angebotenen MacBook Pro mit M4 Pro oder M4 Max greifen. Der M5 kommt wie der M4 mit 4 Performance- und 6 Effizienzkerneln. Die Taktrate stieg laut dem Terminaltool Powermetrics von 4,5 und 2,8 auf 4,6 und 3,0 GHz. Damit arbeitet der M5 im lüftergeköhlten MacBook Pro etwas schneller (um 0,1 GHz) als im iPad Pro. Die GPU beherrscht wie gehabt Raytracing in Hardware und bringt Dynamic Caching sowie Mesh Shader für deren flexiblen Einsatz mit. Der M5 unterstützt den mit dem iPhone 17 eingeführten Speicherschutz Memory Integrity Enforcement (MIE), der vor Hackerangriffen auf Daten in den Prozessorchaches schützen soll.

Die Tastatur mit Scherenmechanismus und das große Multitouch-Trackpad machen das Arbeiten angenehm.

Die Minimalausstattung an Arbeitsspeicher blieb bei 16 GByte, allerdings hat Apple die Bandbreite von 120 auf 153 Gbit/s erhöht. Maximal können beim Kauf 32 GByte geordert werden. Die Zahl der Grafikkerne blieb bei zehn, allerdings besitzt nun jeder von ihnen einen eigenen KI-Accelerator.

Im Resultat legte das MacBook Pro 14 Zoll mit M5 gegenüber dem mit M4 bei Geekbench 6 um 21 Prozent zu, bei Cinebench 24 um 16 Prozent. Mit Logic Pro konnten wir 284 Spuren parallel abfahren, statt nur 240. Bei den Grafiktests mit Geekbench 6 lag der Zuwachs bei 33 Prozent und das Spiel Shadow of the Tomb Raider lief mit 40 Prozent mehr Bildern pro Sekunde. Die Neural Engine war um 13 Prozent schneller und der Videoencoder auf dem Chip beim Rendern von 8K-Red-Material in Final Cut Pro um 47 Prozent.

Zum Berechnen von KI-Aufgaben auf der GPU haben wir erst wenige Vergleichswerte, aber beim Geekbench AI GPU/Half Precision war der M5 2,6 Mal so schnell wie ein M1 Pro und 1,6 Mal so schnell wie ein M4 Pro. Je mehr Entwickler Apples Frameworks Metal und Core ML benutzen oder ihre Programme speziell auf die GPU-KI-Kerne anpassen, desto mehr können Anwender in Zukunft von den Accelerators in den GU-Cores profitieren.





Das MacBook Pro mit M5 bringt die gleiche Zahl an Schnittstellen wie die Versionen mit M4 Pro und M4 Max mit: Links MagSafe, 2×USB-C und Audio, rechts HDMI, USB-C und SD-Kartenslot.

Doppeltes Tempo für die SSD

Bisher waren nur bei den Apple-Chips mit Pro, Max oder Ultra im Namen Transferraten der SSD jenseits der 3000 MByte/s möglich. Der M5 hat das Tempo verdoppelt, ähnlich wie bei dem Sprung von PCIe 3.0 auf 4.0. Mit unserem Testgerät konnten wir Daten 6500 MByte/s schnell schreiben und 6600 MByte/s schnell lesen. Hier profitieren vor allem Nutzer, die große Datenmengen auf einmal durchjagen, etwa beim Filmschnitt, aber auch bei KI-Apps.

Akkulaufzeiten und Geräusche

Die Akkulaufzeiten bei gleicher Batteriekapazität von 72,4 Wattstunden verschlechterten sich um 8 bis 19 Prozent. Hierfür können wir uns nur ein energiehungrieres LCD-Panel oder das mit reichlich Grafikeffekten und Transparenzen gespickte macOS 26 als Ursache vorstellen. Für einen ganzen Tag reicht der Akku aber auf jeden Fall trotzdem.

Bei voller CPU- oder GPU-Last (etwa Cinebench oder 3D-Spiele) über Minuten drehte der Lüfter vom MacBook Pro ordentlich auf und verbreitete einen deutlich hörbaren Geräuschteppich von 2,7 Sone. Bei den allermeisten Benchmarks war allerdings der Ventilator nicht zu hören, und das dürfte bei fast allen Alltagsanwendungen auch so sein.

Schnittstellen wie gehabt

Das einfache MacBook Pro mit M5 bringt wieder nur Thunderbolt 4 mit, das genauso schnell ist wie

Thunderbolt 3. Mit einer Thunderbolt-SSD von OWC konnten wir Transferraten von bis zu 3750 MByte/s erzielen. Eine USB-C-SSD schaffte erwartungsgemäß lediglich bis zu 933 MByte/s. Erfreulich schnell arbeitete eine UHS-II-SD-Karte vom Typ Kingston Canvas im entsprechenden Slot mit über 240 MByte/s.

Bei Bluetooth und WLAN hat sich nichts getan, es bleibt bei 5.3 und 6E. Im Nahbereich zu dem Wi-Fi-7-Router Deco BE65 konnten wir im 6-GHz-Band wieder bis zu 1700 Mbit/s Upload netto (von 2400 brutto) messen.

Die Tastatur besitzt einen robusten Scherenmechanismus und ist beleuchtet. Ein Fingerabdrucksensor sorgt fürs Entsperren und Zahlen mit Apple Pay per Touch ID. Drei zu einem Verbund angeordnete Mikrofone liefern Monosound mit Rauschunterdrückung. Sechs Lautsprecher – vier Tieftöner und zwei Hochtöner – gaben einen erstaunlich räumlichen Stereoklang und Spatial Audio ab.

Kamera mit quadratischem Sensor

Die unveränderte Center-Stage-Kamera bringt einen 12-Megapixel-Sensor mit, der bei QuickTime-Filmchen aber nur 1080p liefert. Mit der Software Swift Capture konnten wir direkt auf die Kamera zugreifen und eine quadratische Auflösung von 1552×1552 Pixeln erzielen, was trotz „Full Size“ immer noch nur 2,4 MP sind. Die Qualität reicht für Videochats aus.

Die Kamera beherrscht erstens die Folgefunktion Center Stage, wobei die Software nur einen Ausschnitt des erfassten Bilds nutzt. Bewegt sich die



Die Center-Stage-Kamera in der Notch besitzt einen quadratischen 12-Megapixel-Sensor.



Der Karton vom MacBook Pro bietet keine Mulde für das Netzteil mehr, ist aber auch nicht flacher geworden.

sprechende Person vor der Kamera, wird der Ausschnitt mitgeführt. Auf der anderen Seite des Bildtelefonats wirkt das wie ein Kameraschwenk. Und zweitens unterstützt sie die Schreibtischansicht Desk View, bei der man innerhalb eines Videochats einen zusätzlichen Bildausschnitt von auf dem Tisch liegenden Dokumenten einblenden kann. Die Software entfernt die Blickwinkelverzerrungen und dreht das kopfstehende Bild. Die Qualität reicht aber zum Lesen normalgroßer Schrift durchaus.

MacBook Pro M5 und Alternativen

	MacBook Pro 14" M4
Prozessor	Apple M4, 4+6=10 CPU-Kerne, 4,5+2,8 GHz, Neural Engine 16 Kerne
Grafik	Apple M4, 10 Kerne, Unified Memory
Arbeitsspeicher	16 GByte LPDDR5, max. 32 GByte
Massenspeicher	Apple-SSD, 512 GByte, Fabric Link, verlötet, max. 2 TByte
Farben	Silber oder Space Schwarz
Display	14,2" IPS mit Notch, Mini-LED, spiegelnd, 3024 × 1964 Punkte, 254 dpi, Farbraum DCI-P3, True Tone, Helligkeit 526 (mit HDR 1389) cd/m2, externe Auflösung 2 × 6K oder 1 × 8K (60 Hz), optional Nanotextur
Audio	Kopfhörerbuchse (hochmig), analoger Mono-Eingang mit iPhone-Headset
sonstige Ausstattung	Touch ID, Center-Stage-Kamera (12 MP), 6 Lautsprecher, 3 Mikrofone, Force-Touch-Trackpad, beleuchtete Tastatur, MagSafe 3, 70-Watt-USB-C-Netzteil
sonstige Anschlüsse und Netzwerk	3 × Thunderbolt 4 mit USB 4 (40 GBit/s), HDMI 2.1, SDXC-Steckplatz, Wi-Fi 6E (2400 MBit/s brutto), Bluetooth 5.3
Maße	31,3 × 22,1 × 1,55 cm
Gewicht	1,55 kg
Akku	72,4 Wh, Lithium-Polymer fest verbaut
Geräusche [Sone]	Betrieb <0,1, Volllast: CPU 2,0, GPU <0,
Audio Wiedergabe	Klirrfaktor 0,001 %, Dynamik –116,4 dB(A), Linearität 0,02 dB, Störabstand –116,4 dB(A), Übersprechen –72,9 dB

Bewertungen	
Verarbeitung / Ausstattung	⊕⊕ / ○
Leistung CPU / GPU / SSD	⊕ / ⊕ / ⊕
Geräusche / Audio	⊕ / ⊕⊕
Display / Mobilität	⊕⊕ / ⊕⊕
Optionen (Auswahl)	24 / 32 GByte RAM +230 / 460 €, 1 / 2 TByte +230 / 690 €, Nanotextur +170 €
Basispreis bei Einführung	1899 €
Preis Testgerät	2529 €
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht	

Fehlendes Netzteil

In Europa legt Apple dem MacBook Pro nur noch ein MagSafe-Kabel, aber kein Netzteil mehr bei. Nach EU-Recht ist das möglich und sogar gewünscht, weil so die Zahl unnützer USB-C-Netzteile eingedämmt werden soll. Gezwungen wurde Apple aber nicht. Nun müssen sich Kunden selbst ein kraftvolles Netzteil besorgen. Im Test konnten wir eine Ladeleistung bis 85,8 Watt messen – interessanterweise sowohl via MagSafe als auch über USB-C. Apple bietet ein Ladegerät mit 96 Watt für 85 Euro und eines mit 70 Watt für 65 Euro an. Mit einem regelbaren 140-Watt-Netzteil von Anker (siehe Mac & i 4/2025, S. 101) konnten wir den 72,4-Wh-Akku in 30 Minuten auf einen Füllstand von 46 Prozent bringen.

**Ihre Meinung,
Zusatzmaterial, Webcode:**
ct.de/w7xe

Fazit

Der Performance-Zuwachs beim Generationswechsel von M4 auf M5 fiel angenehm hoch aus. Besonders die schnellere SSD macht einen Wechsel interessant. Die mit KI-Fähigkeiten aufgemotzten Grafikkerne werden in der Zukunft sicher noch mehr Vorteile bringen. Im Vergleich zum günstigeren MacBook Air M4 bietet es das bessere Display, mehr Schnittstellen und den SD-Kartenslot. Gegenüber den teureren MacBooks mit M4-Pro- und Max-Chip fehlen einige Prozessorkerne, aber vor allem Thunderbolt 5. Auf beides werden Anwender selbst mit anspruchsvollen Workloads verzichten können, weshalb das „einfache“ MacBook Pro ohne M Pro oder M Max attraktiver geworden ist. Das gilt besonders, solange es keine MacBooks mit M5 Pro oder M5 Max gibt. (jes) **ct**

MacBook Pro 14" M5	MacBook Pro 16" M4 Pro
Apple M5, 4+6=10 CPU-Kerne, 4,6+3,0 GHz, Neural Engine 16 Kerne	Apple M4 Pro, 10+4=14 CPU-Kerne, 4,5+2,6 GHz, Neural Engine 16 Kerne
Apple M5, 10 Kerne, Unified Memory	Apple M4 Pro, 20 Kerne, Unified Memory
16 GByte LPDDR5, max. 32 GByte	24 GByte LPDDR5, Testgerät/max. 48 GByte
Apple-SSD, 512 GByte, Fabric Link, verlötet, max. 2 TByte	Apple-SSD, 512 GByte, Fabric Link, verlötet, max. 4 TByte
Silber oder Space Schwarz	Silber oder Space Schwarz
14,2" IPS mit Notch, Mini-LED, spiegelnd, 3024 × 1964 Punkte, 254 dpi, Farbraum DCI-P3, True Tone, Helligkeit 490 (an der Sonne 630, mit HDR 1440) cd/m², externe Auflösung 2 × 6K oder 1 × 8K (60 Hz), optional Nanotextur	16,2" IPS mit Notch, Mini-LED, spiegelnd, 3456 × 2234 Punkte, 254 dpi, Farbraum DCI-P3, True Tone, max. Helligkeit 571 (mit HDR 1450) cd/m², externe Auflösung 2 × 6K oder 1 × 8K (60 Hz), optional Nanotextur
Kopfhörerbuchse (hochohmig), analoger Mono-Eingang mit iPhone-Headset	Kopfhörerbuchse (hochohmig), analoger Mono-Eingang mit iPhone-Headset
Touch ID, Center-Stage-Kamera (12 MP), 6 Lautsprecher, 3 Mikrofone, Force-Touch-Trackpad, beleuchtete Tastatur, MagSafe 3	Touch ID, Center-Stage-Kamera (12 MP), 6 Lautsprecher, 3 Mikrofone, Force-Touch-Trackpad, beleuchtete Tastatur, MagSafe 3, 140-Watt-USB-C-Netzteil
3 × Thunderbolt 4 mit USB 4 (40 GBit/s), HDMI 2.1, SDXC-Steckplatz, Wi-Fi 6E (2400 MBit/s brutto), Bluetooth 5.3	3 × Thunderbolt 5 mit USB 4 (120 GBit/s), HDMI 2.1, SDXC-Steckplatz, Wi-Fi 6E (2400 MBit/s brutto), Bluetooth 5.3
31,3 × 22,1 × 1,55 cm	35,6 × 24,8 × 1,68 cm
1,55 kg	2,14 kg
72,4 Wh, Lithium-Polymer fest verbaut	100 Wh, Lithium-Polymer fest verbaut
Betrieb <0,1, Volllast: CPU 2,7, GPU 2,7	Betrieb <0,1, Volllast: CPU 3,0, GPU 0,3
Klirrfaktor 0,001 %, Dynamik –116,3 dB(A), Linearität 0,02 dB, Störabstand –116,2 dB(A), Übersprechen –73,0 dB	Klirrfaktor 0,001 %, Dynamik –116,4 dB(A), Linearität 0,02 dB, Störabstand –116,3 dB(A), Übersprechen –73,1 dB
⊕⊕ / ○	⊕⊕ / ⊕⊕
⊕ / ⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕ / ⊕⊕
○ / ⊕⊕	⊕ / ⊕⊕
⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕
24 / 32 GByte RAM +230 / 500 €, 1 / 2 / 4 TByte +250 / 750 / 1500 €, Nanotextur +190 €, 70-Watt-Netzteil 65 €	24 / 32 GByte RAM +230 / 460 €, 1 / 2 TByte +230 / 690 €, Nanotextur +170 €
1799 €	2899 €
2739 €	4219 €



MacBook Air M4

Selbst das günstigste MacBook Air bietet M4-Power. Wie schlägt sich die Basisausstattung im Test?

Von **Holger Zelder**

In der Vergangenheit behielt der Konzern bei einem Modellwechsel die Vorjahresgeneration als Einstiegsvariante im Sortiment. Nun bricht Apple mit dieser Tradition: Auch die günstigste Konfiguration kommt jetzt mit dem M4-Chip. Auf diese Ausführung werfen wir nun einen Blick.

Die Einstiegsvariante gibt es nur als 13-Zoll-Modell. Das aus einem Aluminiumblock gefräste Gehäuse ist 11,3 Millimeter dick (ohne Standfüße) und wiegt federleichte 1,23 Kilogramm. Auf der

linken Seite besitzt das Gerät neben MagSafe zwei USB-C-Ports, an denen USB 4 und Thunderbolt 4 anliegen. Rechts gibt es eine Klinkenbuchse, die auch hochohmige Kopfhörer versorgen kann. Bei den Funkverbindungen unterstützt es Wi-Fi 6E.

Die hintergrundbeleuchtete Tastatur bringt Funktionstasten in voller Höhe sowie den Fingerabdrucksensor (Touch ID) im Ein/Aus-Schalter mit. Das Trackpad ist groß und lässt keine vom MacBook Pro bekannten Funktionen missen.

Das spiegelnde IPS-Display löst mit 2560×1664 Pixeln auf und unterstützt den erweiterten Farbraum DCI-P3. Grundsätzlich ist das Display gut, gleichmäßig ausgeleuchtet und durch seine hohe Pixeldichte knackscharf. HDR-fähig ist es mit einer Helligkeit von bis zu 500 cd/m² (wir haben 449 cd/m² gemessen) nicht, auch bietet es nur 60 Hz und keine 120 wie bei den MacBook Pros. Zudem können Nutzer zwei 6K-Bildschirme anschließen und zusätzlich zum internen Display ansteuern.

Kamera, Mikrofon und Lautsprecher

Die FaceTime-HD-Kamera hat Apple in Center-Stage-Kamera umbenannt. Neben gut belichteten Full-HD-Videos bietet diese einen Folgemodus, der den Kameraausschnitt nachführt, wenn sich der Sprecher vor ihr bewegt. Das wirkt auf die Gegenseite wie ein Schwenk. Über die Funktion „Schreibtischansicht“ zeigt sie den Bereich vor dem MacBook.

Für Audioaufnahmen sind drei Mikrofone an Bord, an denen zwei stets zur Klangoptimierung Störgeräusche herausfiltern. Der 13-Zöller hat vier Lautsprecher eingebaut, die für ein schmales Notebook hervorragend klingen und auch 3D-Sound (von Apple Spatial Audio genannt) abspielen können.

Schneller M4-Chip

Der eingebaute M4-Chip besitzt vier Hochleistungskerne und insgesamt sechs Effizienzkerne. Die Media Engine des M4, ähnlich wie beim M3, decodiert Formate wie ProRes, ProRes RAW und AV1. Eine Neural Engine mit 16 Kernen unterstützt bei lokalen KI-Berechnungen.

In unseren Benchmarks zeigte sich eine moderate Leistungssteigerung des M4 im Vergleich zum M3. So verbesserte sich die CPU-Leistung im Multi-Core-Benchmark von Cinebench 23 um fast 31 Prozent (Single Core: 14 Prozent), was an den beiden zusätzlichen Effizienzkernen liegen dürfte. Beim Einsatz von Logic Pro konnte der M4 bis zu 234 statt 200 Spuren simultan wiedergeben. In den CPU-lastigen Benchmarks lag der abgespeckte M4 unterm Strich meist auf einem Niveau mit der teureren Variante. Wurde zusätzlich die CPU gefordert, etwa beim Umwandeln von 8K ProRes, geriet der Einsteiger ins Hintertreffen.

Gestutzte Grafik

Der M4 unterstützt wie der M3 Hardware-beschleunigtes Raytracing. Gegenüber den anderen Air-Konfigurationen muss die günstigste Variante mit acht statt zehn Grafikernen auskommen.

In Tests steigerte der M4 im Vergleich zum M3 die Bildwiederholraten im Spiel Shadow of the Tomb Raider von 22 auf 31 Frames pro Sekunde, also um gut 41 Prozent. Der M4 mit zehn Kernen im besser ausgestatteten MacBook Air war allerdings noch mal um 20 Prozent schneller als der Achtkerner. Eine Gaming-Maschine ist allerdings keine der Air-Ausführungen: Trieszt man die Grafikkerne über längere Zeit, taktet sich der Chip herunter und die Framerraten brechen ein. Für Strategiespiele mit 3D-Unterstützung wie Frostpunk 2 oder Civilization VII dürfte das Basis-Air zwar ausreichen. Unter Umständen müssen Nutzer hier Details und Effekte reduzieren. Für aktuelle Grafikkracher wie Assassin's Creed Shadows benötigen sie ein MacBook Pro mit lüftergeköhltem M5, M4 oder M4 Pro (siehe Seite 56).

Praxis-Benchmarks

	Cinebench 23 Single Core	Cinebench 23 Multi Core	Logic Pro X [Spuren]	Final Cut Pro 8K Red Export [s]	Shadow of the Tomb Raider 1080p [fps]	BlackMagic Schreiben [MByte/s]	BlackMagic Lesen [MByte/s]	Akku-Laufzeit Video bei 200 cd/m² [h]
	besser ▶	besser ▶	besser ▶	◀ besser	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶
MacBook Pro 14" M4 10 CPU-/10 GPU-Kerne, 16 GByte RAM/1024 GByte SSD	2206	13876	240	153	45	3215	2911	20,2
MacBook Air 13,6" M3 8 CPU-/10 GPU-Kerne, 16 GByte RAM/512 GByte SSD	1896	9783	201	170	22	3341	2955	13,1
MacBook Air 13,6" M4 10 CPU-/8 GPU-Kerne, 16 GByte RAM/256 GByte SSD	2155	12887	234	189,0	32,0	1951	2978	12,6
MacBook Air 15,3" M4 10 CPU-/10 GPU-Kerne, 16 GByte RAM/1024 GByte SSD	2165	12682	234	184	37	3061	2903	13,1

MacBook Air 13“ M4	
Prozessor	Apple M4, 4+6=10 Kerne, 4,45 GHz, Neural Engine mit 16 Kernen
Grafik	Apple M4, 8 Kerne
Arbeitsspeicher	16 GByte
Massenspeicher	Apple-SSD, 256 GByte
Farben	Himmelblau, Silber, Polarstern, Mitternacht
Bewertungen	
Verarbeitung / Ausstattung	⊕⊕ / ⊕
Leistung CPU / GPU/SSD	⊕ / ○ / ⊕
Geräusche / Audio	⊕⊕ / ⊕⊕
Display / Mobilität	⊕ / ⊕⊕
Optionen (Auswahl)	10 Grafikkerne +125 €; 24/32 GByte RAM +250/+500 €; 0,5-/1-/2-TByte-SSD +250/+500/+1000 €
Basispreis	1199 €
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellen ⊖ ausreichend ⊖⊖ schlecht	

Speicher und Upgrades

Das Einstiegsmodell kommt bereits mit 16 GByte RAM. Für die meisten Alltagsanwendungen wie Office, Surfen, ein wenig Bildbearbeitung und leichten Videoschnitt genügt das völlig. Sobald man mehr Arbeitsspeicher oder eine größere SSD ordert, erhöht Apple die Grafikkerne im gleichen Zug von acht auf zehn. Das sollte aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Upgrade-Preise ziemlich gesalzen sind: 8 GByte mehr kosten happige 250 Euro. Gleiches gilt für die Verdopplung des SSD-Platzes.

Die 256-GByte-SSD ist langsamer als bei den besseren Modellen. Wir konnten rund 2000 MByte/s schreibend sowie fast 2980 MByte lesend messen. Zum Vergleich: Die 1-TByte-SSD des in Heft 2 getesteten MacBook Air M4 war zwar beim Schreiben beinahe gleichauf, beim Lesen mit etwa 3060 MByte/s aber fast 50 Prozent schneller. Beim Arbeiten fühlt sich die günstigere Variante nicht langsam an. Kürzere Kopierzeiten bei größeren Dateien gibt es aber mit den größeren SSDs. Die 256 GByte sind selbst bei der Verwendung von Cloud-Diensten sehr knapp bemessen: Schon alleine Apple Intelligence benötigt 15 GByte. Wir empfehlen deshalb 512 GByte Speicher.

Laufzeit

Das Einstiegsgerät kommt nur mit einem 30-Watt-USB-C-Netzteil und einem MagSafe-Ladestecker. Wer

den Zweifach-Lader mit 35 Watt oder das 70-Watt-Netzteil der schnelleren Konfigurationen haben möchte, zahlt 20 Euro mehr.

Die Laufzeiten sanken in unseren Tests leicht gegenüber dem Vorgängermodell mit zehn Grafikkernen: Beim Videoschauen mit auf 200cd/m² gedimmten Display kam das Air auf 12,6 (statt 13,1) Stunden, unter leichter Last bei 100 Candela waren es 20 statt 20,9 Stunden. Bei herkömmlichen Aufgaben sollte man aber dennoch einen ganzen Arbeitstag und ein wenig Pendelzeit abseits der Steckdose überstehen.

Fazit

Auch mit acht statt zehn GPU-Kernen ist das MacBook Air für die meisten Alltagsaufgaben gerüstet. Bei der Grafikleistung zieht es zwar gegenüber den teureren Varianten den Kürzeren. Für Anwender, die ein günstiges Apple-Notebook für die Uni oder Office-Arbeiten suchen und keinen großen Speicherbedarf haben, ist es sehr gut ausgestattet. Wer das Air bei freien Händlern kauft, bekommt es schon jetzt für 1000 Euro – 200 Euro unter Listenpreis.

Wer noch mehr sparen will, sollte sich nach einem MacBook Air M3 umsehen, die es im Abverkauf bei Händlern mit 16 GByte RAM und 256 GByte SSD gibt. Das hat zwar keine Center-Stage-Kamera und schneidet in Benchmarks sowie bei 3D-Anwendungen schlechter ab, bei Alltagsaufgaben steht es dem aktuellen Modell aber in nichts nach. (hze) **ct**

Ihre Meinung,
Zusatzmaterial, Webcode:
ct.de/ww75

5. Februar 2026

Elektroauto 2026

Technik, Alltag, Kaufentscheidung



Jetzt informieren:

heise-academy.de/webinare/elektroauto

iMac mit M4-Chip

Mit frischen Farben und aktualisierter Hardware geht der iMac von 2024 an den Start. Er bietet auch die Option für ein mattiertes Display. Unser Test klärt, wie viel der M4 an Leistungszuwachs bringt.

Von **Johannes Schuster**



Apples All-in-one-Rechner war lange Zeit das Aushängeschild der Marke mit hohem Wiedererkennungswert. Den hat sich der iMac auch in seiner aktuellen Form erhalten, aber in Sachen Beliebtheit stark Anteile an die hausinterne Konkurrenz verloren. Dabei bekam man ab 1600 Euro einen kompletten Rechner mit 4,5K-Display, Webcam, Lautsprechern, Tastatur und Maus. Nun hat Apple den Einstiegspreis um 100 Euro gesenkt und die Leistung verbessert.

Die Farben Blau, Grün, Silber, Gelb, Orange und Violett wurden etwas kräftiger und Pink folgte auf Rosé. Leider sieht man auf der Vorderseite nur die blasse Version von ihnen.

Schmalspur-M4 zum Einstieg

Als einziger der neuen Macs muss der iMac in der Basisversion mit einem abgespeckten M4 auskommen. Der besitzt nur 8 CPU- und 8 GPU-Kerne sowie eine 256-GByte-SSD, aber immerhin ausreichende 16 GByte RAM. Für die Option mit jeweils 10 Kernen zahlt man bereits 250 Euro mehr, bekommt aber

immerhin Gigabit-Ethernet im externen Netzteil hinzu. Das Magic Keyboard bringt einen Fingerabdrucksensor mit und es gibt vier USB-C-Anschlüsse mit Thunderbolt 4 statt nur zwei. Das möchte man eigentlich alles haben, ebenso wie eine 512er-SSD, womit man bereits bei 1980 Euro angekommen ist. Unser Testgerät mit M4 10/10 Cores 24/1024 GByte, Ziffernblock und Nanotexturglas kostet stolze 2700 Euro.

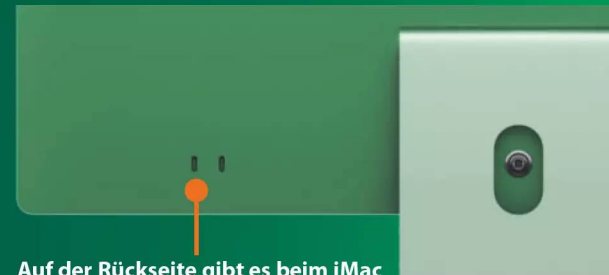
Gegenüber dem M3 mit 8 CPU-Kernen legte der zehnkernige M4 bei Geekbench 6 um 25 Prozent zu, bei Cinebench 24 sogar um 38 Prozent. In Logic Pro konnten wir 29 Prozent mehr Spuren abfahren. Die Grafikleistung stieg bei Geekbench 6 um 16 Prozent, bei Cinebench 24 um 20 Prozent. In Final Cut Pro hat sich beim 8K-Red-Export die Zeit um 12 Prozent verkürzt. Die SSD bleibt ungefähr gleich schnell. (Die Benchmark-Balken finden Sie im Artikel auf Seite C20.) Dank der Mindestausstattung mit 16 GByte RAM und des M4 ist der neue iMac gut für Apple Intelligence gerüstet.

Die Lüfter des iMac hörten wir im Test nur sehr selten. Bei einigen Spielen drehten sie bis zu einem



Den Audio-Anschluss an der linken Seite übersieht man leicht. Er versorgt auch hochohmige Kopfhörer.

Die aufgefrischten Farben des iMacs kommen wieder nur von der Rückseite voll zur Geltung.



Auf der Rückseite gibt es beim iMac schon länger nur noch USB-C

deutlich hörbaren Pegel von 0,9 Sone auf. Bei Volllast auf allen CPU-Kernen blieb es bei gut erträglichen 0,2 Sone.

Entspiegeltes Glas

Neu beim iMac ist die 230 Euro teure Option für Nanotexturglas, wofür man allerdings mindestens die Konfiguration mit 10 CPU-Kernen wählen muss. Hier hat Apple die Oberfläche des Glases fein geätzt, sodass sich das Licht der Reflexionen streut. Zum einen werden die Spiegelungen dadurch dunkler, zum anderen milchiger und somit wesentlich weniger störend. Geht man mit dem Auge nah an die Scheibe, sieht man einen ganz leichten bunten Schimmer, der aber nicht groß stört. Das IPS-Panel deckt den Farbraum DCI-P3 vollständig ab und leuchtet bis zu 500 Nits hell, ist aber nicht HDR-fähig.

12-MP-Kamera

Wie die MacBook Pros hat auch der iMac eine neue Chat-Kamera mit einem 12-Megapixel-Sensor spendiert bekommen. Sie lieferte mit den üblichen Programmen wie QuickTime oder FaceTime Videos mit Full-HD-Auflösung von 1920×1280 Pixeln (2,5 MP). Die Software Swift Capture konnte ihr 1552×1552 Pixel entlocken, was 2,4 MP entspricht. Sie beherrscht ebenfalls den Folgemodus „Center Stage“ sowie die neue Schreibtischansicht (gibt es als eigene App und Bestandteil von zum Beispiel FaceTime). Wir mussten allerdings bei senkrecht stehendem Bildschirm die abzulichtende Vorlage mindestens 31 Zentimeter weit weg von ihm ziehen, damit sie vollständig erfasst wurde. Das liegt an der hohen Position der Kamera über dem Display. Die künstliche Intelligenz korrigierte auch hier erfolgreich die Blickwinkelver-

iMac 24" M4 und Vorgänger		
Rechner	iMac M3 2023	iMac M4 2024
Prozessor	Apple M3, 4 + 4 = 8 Kerne, 4,1 + 2,6 GHz, Neural Engine 16 Kerne	Apple M4, 4 + 4 = 8 Kerne, 4,5 + 2,9 GHz, Neural Engine 16 Kerne, Testgerät / max. 4 + 6 = 10 Kerne
Grafik	Apple M3, 8 Kerne, Unified Memory, Testgerät / max. 10 Kerne	Apple M4, 8 Kerne, Unified Memory, Testgerät / max. 10 Kerne
Arbeitsspeicher	8 GByte LPDDR5, verlötet, Testgerät 24 GByte, max. 24 GByte	16 GByte LPDDR5, verlötet, Testgerät 24 GByte, max. 32 GByte
Massenspeicher	Apple-SSD, 256 GByte, Fabric Link, verlötet, Testgerät 1 TByte, max. 2 TByte	Apple-SSD, 256 GByte, Fabric Link, verlötet, Testgerät 1 TByte, max. 2 TByte
Farben	Blau, Grün, Rosé, Silber, Gelb, Orange, Violett	Blau, Grün, Pink, Silber, Gelb, Orange, Violett
Display	23,5"-Glossy-Display mit 4480 × 2520 Pixeln (4,5K, 218 dpi) und aufgeklebter Scheibe, 10 Bit, IPS, DCI-P3-Farbraum, max. Helligkeit 498 cd/m2, externe Auflösung maximal 6K (60 Hz)	23,5"-Glossy-Display mit 4480 × 2520 Pixeln (4,5K, 218 dpi) und aufgeklebter Scheibe, 10 Bit, IPS, DCI-P3-Farbraum, max. Helligkeit 488 cd/m2, externe Auflösung maximal 6K (60 Hz), Testgerät 2 × 6K oder 1 × 8K, max. 2 × 6K oder 1 × 8K, optional/Testgerät: Nanotexturglas
Audio In / Out	Kopfhörerbuchse (auch hochohmige), iPhone-Headset-kompatibel	Kopfhörerbuchse (auch hochohmige), iPhone-Headset-kompatibel
Sonstige Ausstattung, Anschlüsse und Netzwerk	FaceTime-HD-Kamera (1080p), 2 × Thunderbolt 3 mit USB 4 und DisplayPort, WLAN 6E (2400 MBit/s brutto), Bluetooth 5.3, 6 Lautsprecher, 3 Mikrofone, Lightning-Kabel, Magic Mouse 2, optional: plus 2 × USB-C 3.2 Gen 2, Gigabit-Ethernet, Magic Keyboard (optional mit Touch ID und Ziffernblock)	Center-Stage-Kamera (12 MP), 2 × Thunderbolt 4 mit USB 4 und DisplayPort, WLAN 6E (2400 MBit/s brutto), Bluetooth 5.3, 6 Lautsprecher, 3 Mikrofone, USB-C-Kabel, Magic Mouse 3, optional / Testgerät: 4 × Thunderbolt 4, Gigabit-Ethernet, Magic Keyboard (optional mit Touch ID und Ziffernblock)
Gewicht, Maße	4,43 bis 4,48 kg, 54,7 × 46,1 × 14,7 cm	4,42 bis 4,44 kg, 54,7 × 46,1 × 14,7 cm
Leistungsaufnahme (Watt)	Aus 0,5, Ruhe mit LAN 1,0, Betrieb 22, Volllast CPU 49, GPU 41, CPU+GPU 49	Aus 0,5, Ruhe mit WLAN 1,0, Betrieb 17, Volllast CPU 47, GPU 46, CPU + volle Helligkeit 71
Geräusche (Sone)	Betrieb <0,1; Volllast: CPU 0,2, GPU <0,1	Betrieb <0,1; Volllast: CPU 0,2, GPU 0,9
Audio-Wiedergabe	Klirrfaktor 0,001%, Dynamik -114,5 dB(A), Linearität 0,0 dB, Störabstand -114,2 dB(A), Übersprechen -69,1 dB	Klirrfaktor 0,001%, Dynamik -113,8 dB(A), Linearität 0,02 dB, Störabstand -113,4 dB(A), Übersprechen -68,6 dB
Optionen	16/24 GByte RAM +230/460 €, SSD 512/1024/2048 GByte +230/460/920 €, Ethernet +26 €, 10 GPU-Kerne +230 €, Magic Trackpad +50 €	24 GByte RAM +230/460 €, SSD 512/1024/2048 GByte +230/460/690 €, Ethernet +30 €, 10 GPU- und GPU-Kerne +250 €, Nanotexturglas +230 €, Magic Trackpad +54 €
Bewertungen		
Verarbeitung / Ausstattung	⊕⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕
Performance	⊕	⊕
Geräusche / Audio	⊕ / ⊕⊕	⊕ / ⊕⊕
Display / Erweiterbarkeit	⊕⊕ / ⊖⊖	⊕⊕ / ⊖⊖
Basispreis bei Einführung	1599 €	1499 €
Preis Testgerät	2749 €	2699 €
✓ vorhanden — nicht vorhanden ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht		

zerrungen und drehte das Bild. Die Qualität im Videochat war in Sachen Belichtung und Schärfe etwas besser, entsprach aber ansonsten weitgehend der des Vorgängers.

Gelebte Vorzüge

Nichts geändert hat sich an dem hochauflösenden 4,5K-Display, dem im flachen Gehäuse versteckten Rechner, Bluetooth 5.3, WLAN 6E mit gemessenen Transferraten über 1700 MBit/s. Gut gefiel uns der Klang des Dolby-Atmos-fähigen Soundsystems mit sechs Lautsprechern. Die drei Mikrofone haben die Ingenieure in einem Ring zusammengefasst, um Umgebungsgeräusche aus den Mono-Aufnahmen herausrechnen zu können. Eine Höhenverstellung fehlt immer noch.

Ihre Meinung,
Zusatzmaterial, Webcode:

ct.de/w1tf

Fazit

Auch wenn beim iMac der Sprung bei der Prozessorleistung vom M3 auf den M4 nicht so groß ausfällt



Die optionale Ethernet-Buchse hat Apple wieder im externen Netzteil untergebracht.

wie beim Mac mini vom M2 auf den M4, so bleibt doch unterm Strich eine schöne Steigerung. Zusammen mit dem größeren Arbeitsspeicher und der verbesserten Kamera wird der iMac attraktiver und sogar noch 100 Euro günstiger. Besonders freuen wir uns über die optionale Entspiegelung durch Nanotexturglas. (jes) **ct**

ct Desinfec't
2025/2026

DAS Rettungssystem bei Virenbefall

GRATIS
Signatur-Updates
bis 10/26

**HEUTE
BESTELLEN!**

**JETZT IHREN
PC SCHÜTZEN!**



**shop.heise.de/
desinfect-stick25**

Mac mini M4 im Test

Nach 14 Jahren hat Apple dem Mac mini ein neues Gehäuse spendiert. Gleichzeitig stieg durch M4 und M4 Pro die Leistung.

Von **Johannes Schuster**



Auf einer Grundfläche von 12,7 Zentimetern im Quadrat bringt Apple einen ganzen Rechner mitsamt Netzteil unter – und dies sogar optional mit einem Pro-Prozessor. Uns stand ein Mac mini M4 Pro 14/20 Cores 48/1024 GByte zum Test zur Verfügung. Wenn Sie eher der M4-Prozessor interessiert, können Sie die Performance-Werte des iMac- oder MacBook-Tests aus diesem Buch weitgehend übertragen.

Bisher war im letzten Mac mini mit M2 schon eine Menge Luft umbaut, nun hat Apple diese rausgelas-

sen und sich den Maßen eines Apple TV angenähert. Das Gehäuse des Mac mini besteht weiterhin aus einem ausgefrästen Block Aluminium, was die Kühlung und den internen Lüfter unterstützt. Zwei USB-C-Buchsen und der Audio-Anschluss sind auf die Vorderseite gewandert, damit auf der Rückseite noch Platz für den Stromstecker, Ethernet, HDMI und 3 x Thunderbolt bleibt. Den Einschaltknopf hat Apple auf die Unterseite des Gerätes verlegt, weil ihn die meisten vermutlich ohnehin selten benutzen. Stattdessen verwenden sie den Ruhezustand und wecken

Praxis-Benchmarks

	Geekbench 5 Single Core	Geekbench 5 Multi Core	Cinebench 23 Multi Core	Logic Pro X [Spuren]	Final Cut Pro 8K Red Export [s]	Final Cut Pro 8K ProRes Export [s]	Final Cut Pro 8K x 8 ProRes Export [s]
	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	◄ besser	◄ besser	◄ besser
iMac 24" M3 8/10 Cores 24/1024 GByte	2321	10754	10392	188	174	38	3471
iMac 24" M4 10/10 Cores 24/1024 GByte	2661	13093	13717	243	153	30	3196
Mac mini M2 Pro 12/19 Cores 32/1000 GByte	1943	15125	14789	300	115	25	1520
Mac mini M4 Pro 14/20 Cores 48/1024 GByte	2737	22872	23469	629	73	14	141
MacBook Pro 14" M3 8/10 Cores 16/1024 GByte	2339	10813	10479	196	196	39	4995
MacBook Pro 14" M4 10/10 Cores 16/1024 GByte	2614	13310	13876	240	153	31	2551
MacBook Air 15,3" M3 8/10 Cores 16/512 GByte	2356	10803	9926	200	173	34	3048
MacBook Pro 16" M3 Pro 18/18 Cores 18/512 GByte	2316	15310	15128	295	110	28	4169
MacBook Pro 16" M4 Pro 14/20 Cores 48/2028 GByte	2717	22982	23476	635	75	14	142

— nicht gemessen, nicht vorhanden oder Fehler



Der 14 Jahre alte Mac mini (rechts) wird von einem deutlich kompakteren Nachfolger (links) abgelöst.



Der Einschalter musste aus Platzgründen auf die Unterseite wechseln. Zum Glück wird er von den meisten nur selten gebraucht.

den Rechner mit der (immer noch nicht beiliegenden) Maus oder der Tastatur auf. Und wenn man den Einschalter braucht, kann man den nur 730 Gramm schweren Mini leicht hochheben. Für den festen Einbau in einen Ständer oder Server-Rack ist die Anordnung sicher nicht ideal..

M4 zur Auswahl

Der einfache Mac mini mit M4-Chip treibt jetzt bis zu drei Displays an und kostet knapp 700 Euro. Damit

ist er der mit Abstand günstigste aktuelle Mac und bringt bereits 16 GByte RAM mit. Tauscht man die 256er-SSD gegen eine mit 512 GByte, kommt man schon auf 929 Euro. Wer sich für einen M4 Pro mit 12 CPU-Kernen entscheidet, muss schon mindestens 1649 Euro hinlegen. Unser Testgerät mit 14-kernigem M4 Pro, 48 GByte RAM, 10-Gigabit-LAN und 1-TByte-SSD kostete bereits 2684 Euro. Das RAM lässt sich bis 64 GByte Größe bestellen, die SSD bis 8TByte Kapazität. Letztere ist nun gesockelt, sodass sie sich nachträglich auch tauschen ließe.

	Geekbench 5 Metal	Rise of the Tomb Raider 1080p [fps]	Shadow of the Tomb Raider 1080p [fps]	Booten [s]	Film duplizieren [s]	BlackMagic Schreiben [MByte/s]	BlackMagic Lesen [MByte/s]	Akku-Laufzeit Video bei 200 cd/m2 [h]	Akku-Laufzeit Skript bei 100 cd/m2 [h]	Akku-Laufzeit volle Helligkeit [h]
	besser ►	besser ►	besser ►	◀ besser	◀ besser	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►
	34808	60	34	16	5,0	3012	2921	—	—	—
	40660	69	39	15	5,4	3053	2907	—	—	—
	52505	108	62	24	2,5	6077	5072	—	—	—
	76980	115	84	17	2,4	6387	5134	—	—	—
	33191	60	39	15	5,0	3005	2902	17,5	23,8	7,2
	42343	72	45	17	5,2	3215	2911	20,2	28,6	9,0
	34790	52	28	16	4,9	3382	2946	13,0	20,6	7,1
	55638	99	62	17	3,2	4029	5224	18,0	42,4	7,7
	76856	115	85	18	2,2	6805	5424	21,3	32,6	9,5



Auf der Rückseite des Mac mini mit M4 Pro finden sich drei Ports mit Thunderbolt 5.



Ein kompletter Rechner mit M4-Pro-Chip und Netzteil passt auf ein Quadrat mit 12,7 Zentimetern Kantenlänge.

In Sachen Performance liegt der Testrechner auf einem Niveau mit dem MacBook Pro 16" mit M4 Pro (siehe S. C20). Gegenüber dem Mac mini mit M2 Pro legte er bei Geekbench 5 und Cinebench 23 um über 50 Prozent zu. Die Zahl der Spuren bei Logic Pro verdoppelte sich gar. Bei Final Cut Pro mit 8K-Red-

Material betrug der Zuwachs 37 Prozent, bei acht Mal 8K-ProRes war er ganze 37 Mal schneller fertig. Dies ist ein Test, der durchgängig hohe Performance vom System fordert, sonst lahmt er stark.

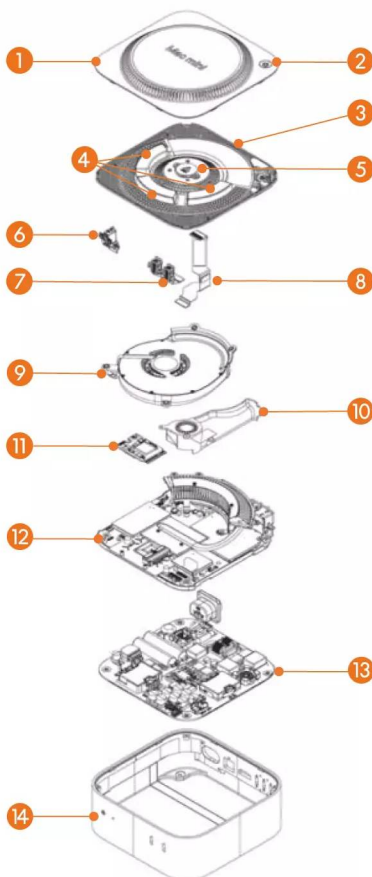
Auch die nun Raytracing-fähige Grafik legte mächtig zu, um 46 Prozent bei Geekbench und 26 Prozent bei Shadow of the Tomb Raider. Nicht verbessert hat sich die ohnehin sehr gute SSD-Geschwindigkeit mit Transferraten über 6000 MByte/s (siehe Balken-Diagramm in diesem Artikel).

Sporadischer Krach

Bei fast allen Benchmarks war der Lüfter des Mac mini nicht zu hören. Setzen wir die CPU allerdings mit Cinebench 24 Multithreading für zehn Minuten unter Dauerstress, drehte er auf ein Level von 4,8 Sone auf. Spätestens ab 3 Sone empfindet der Mensch Rauschen als nervig. Die GPU-Kerne verursachen in einzelnen Spielen eine Geräuschbelastung von deutlich hörbaren 0,7 Sone.

Thunderbolt 5 und 10-Gigabit-Ethernet

An den drei Buchsen des Mac mini Pro mit Thunderbolt 5 konnten wir mit der OWC Envoy Ultra Geschwindigkeiten über 5000 MByte/s messen. Das macht wirklich Spaß. Nur optional gibt es statt Gigabit-Ethernet für 115 Euro eine Netzwerkbuchse mit 10 Gbit/s. Daran konnten wir gegen einen Mac mit 10-Gigabit-Adapter von OWC netto um die 9400 Mbit/s im Up- wie im



Apples Reparaturanleitung zeigt den Aufbau des (kopfstehenden) Mac mini:

1 untere Abdeckung, **2** Ein- / Ausschalter, **3** Antennenplatte, **4** WLAN-Antennen, **5** Batteriefach, **6** Audioplattine und Statusanzeige, **7** vordere USB-C-Anschlüsse, **8** Flexkabel der Antennenanschlussplatte, **9** Lüfter, **10** Lautsprecher, **11** SSD-Modul, **12** Hauptplatine, **13** Netzteil, **14** Gehäuse.

Mac mini M4 und Vorgänger

	Mac mini M2	Mac mini M4	Mac mini M2 Pro	Mac mini M4 Pro
Prozessor	Apple M2, 4 + 4 = 8 Kerne, 3,5+2,4 GHz, Neural Engine 16 Kerne	Apple M4, 4 + 6 = 10 Kerne, 4,5+2,8 GHz, Neural Engine 16 Kerne	Apple M2 Pro, 4 + 6 = 10 Kerne, 3,5 + 2,4 GHz, Neural Engine 16 Kerne, Testgerät/max. 12 CPU-Kerne	Apple M4 Pro, 8 + 4 = 12 Kerne, 4,5 + 2,6 GHz, Neural Engine 16 Kerne, Testgerät/max. 14 CPU-Kerne
Grafik	Apple M2, 10 Kerne, Unified Memory	Apple M4, 10 Kerne, Unified Memory	Apple M2 Pro, 16 Kerne, Unified Memory, Testgerät/max. 19 Kerne	Apple M2 Pro, 16 Kerne, Unified Memory, Testgerät/max. 20 Kerne
Arbeitsspeicher	8 GByte LPDDR5, max. 24 GByte	16 GByte LPDDR5, max. 32 GByte	16 GByte LPDDR5, Testgerät/max. 32 GByte	24 GByte LPDDR5, Testgerät 48/ max. 64 GByte
Massenspeicher	Apple-SSD, 256 GByte, Fabric Link, verlötet, max. 2 TByte	Apple-SSD, 256 GByte, Fabric Link, max. 2 TByte	Apple-SSD, 512 GByte, Fabric Link, verlötet, Testgerät 1 TByte, max. 8 TByte	Apple-SSD, 512 GByte, Fabric Link, Testgerät 1 TByte, max. 8 TByte
Farben	Silber	Silber	Silber	Silber
Display	Externe Auflösung 1 × 6K + 1 × 5K (60 Hz)	Externe Auflösung 2 × 6K + 1 × 5K (60 Hz)	Externe Auflösung 2 × 6K + 1 × 4K (60 Hz) oder 1 × 8K	Externe Auflösung 2 × 6K + 1 × 4K (60 Hz) oder 1 × 8K
Audio	Kopfhörerbuchse (hochohmig), analoger Mono-Eingang mit iPhone-Headset	Kopfhörerbuchse (hochohmig), analoger Mono-Eingang mit iPhone-Headset	Kopfhörerbuchse (hochohmig), analoger Mono-Eingang mit iPhone-Headset	Kopfhörerbuchse (hochohmig), analoger Mono-Eingang mit iPhone-Headset
Sonstige Ausstattung	Mono-Lautsprecher, integriertes Netzteil	Mono-Lautsprecher, integriertes Netzteil	Mono-Lautsprecher, integriertes Netzteil	Mono-Lautsprecher, integriertes Netzteil
Sonstige Anschlüsse und Netzwerk	2 × Thunderbolt 4 mit USB 4 (40 GBit/s), 2 × USB-A, HDMI 2.0, G-Bit-Ethernet, Wi-Fi 6E (2400 MBit/s brutto), Bluetooth 5.3	3 × Thunderbolt 4 mit USB 4 (40 GBit/s), 2 × USB-C (10 GBit/s), HDMI 2.1, G-Bit-Ethernet, Wi-Fi 6E (2400 MBit/s brutto), Bluetooth 5.3	4 × Thunderbolt 4 mit USB 4 (40 GBit/s), 2 × USB-A, HDMI 2.1, G-Bit-Ethernet, Wi-Fi 6E (2400 MBit/s brutto), Bluetooth 5.3	3 × Thunderbolt 5 mit USB 4 (120 GBit/s), 2 × USB-C (10 GBit/s), HDMI 2.1, G-Bit-Ethernet, Wi-Fi 6E (2400 MBit/s brutto), Bluetooth 5.3
Maße	19,7 × 19,7 × 3,6 cm	12,7 × 12,7 × 5,0 cm	19,7 × 19,7 × 3,6 cm	12,7 × 12,7 × 5,0 cm
Gewicht	1,18 kg	0,67 kg	1,28 kg	0,73 kg
Akku/Leistungsaufnahme	Nicht getestet	Nicht getestet	Ruhezustand 1,2 W, aus 0,2 W, an 3,5 W, CPU 52 W, GPU 32 W	Ruhezustand 1,0 W, aus 0,1 W, an 2,6 W, CPU 73 W, GPU 73 W
Geräusche (Sone)	Nicht getestet	Nicht getestet	Betrieb <0,1, Volllast: CPU <0,1, GPU <0,1	Betrieb <0,1, Volllast: CPU 4,8, GPU 0,7
Audio-Wiedergabe	Nicht getestet	Nicht getestet	Klirrfaktor 0,001 %, Dynamik –116,3 dB(A), Linearität 0,02 dB, Störabstand –115,7 dB(A), Übersprechen –78,4 dB	Klirrfaktor 0,001 %, Dynamik –114,9 dB(A), Linearität 0,02 dB, Störabstand –115,5 dB(A), Übersprechen –71,1 dB
Bewertungen				
Verarbeitung/Ausstattung	–	–	⊕⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕
Leistung CPU/GPU/SSD	–	–	⊕⊕ / ⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕ / ⊕⊕
Geräusche/Audio	–	–	⊕ / ⊕⊕	○ / ⊕⊕
Display/Mobilität	–	–	– / –	– / –
Optionen (Auswahl)	16/24 GByte RAM +230/460 €, 0,5/1/2 TByte-SSD +230/460/920 €, 10-G-Bit-Ethernet +115 €	24/32 GByte RAM +230/460 €, 0,5/1/2 TByte-SSD +230/460/920 €, 10-G-Bit-Ethernet +115 €	M2 Pro 12/19 +345 €, 32 GByte RAM +460 €, 1/2/4/8 TByte-SSD +230/690/1380/2760 €, 10-G-Bit-Ethernet +115 €	M4 Pro 14/20 +230 €, 48/64 GByte RAM +460/690 €, 1/2/4/8 TByte-SSD +230/690/1380/2760 €, 10-G-Bit-Ethernet +115 €
Basispreis bei Einführung	699 €	699 €	1549 €	1649 €
Preis Testgerät	–	–	3159 €	2648 €
– nicht vorhanden/getestet ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht				

Download messen. Diese Investition lohnt sich nur, wenn man auch eine entsprechende Gegenstelle hat. Bereits mit dem enthaltenen Wi-Fi 6E konnten wir im Nahbereich zum Wi-Fi-7-Router TP-Link Deco BE65 in Spitzen einen Upload von 1700Mbit/s erzielen.

Fazit

Drei Displays an den Mini anschließen zu wollen, fällt als Kaufgrund für das Modell mit Pro-Chip weg, denn das kann jetzt bereits der normale M4. Vielen

wird auch dessen Rechenleistung ausreichen. Der Aufpreis für einen M4-Pro-Chip von 490 Euro (bei sonst gleicher Ausstattung) mutet außerdem viel zu hoch an. Der kleine Mac mini ist der günstigste Mac und auch vom Preis-Leistungs-Verhältnis ein guter. Rechnet man Tastatur, Maus und Monitor hinzu, kommt man allerdings auf Höhe des iMac oder des MacBook Air, das zusätzlich noch mit seinem Akku mobil einsetzbar ist. Aber gut, dass man wieder die Wahl zwischen attraktiven Einstiegs-Macs für unterwegs und dem Schreibtisch hat. (jes) ct

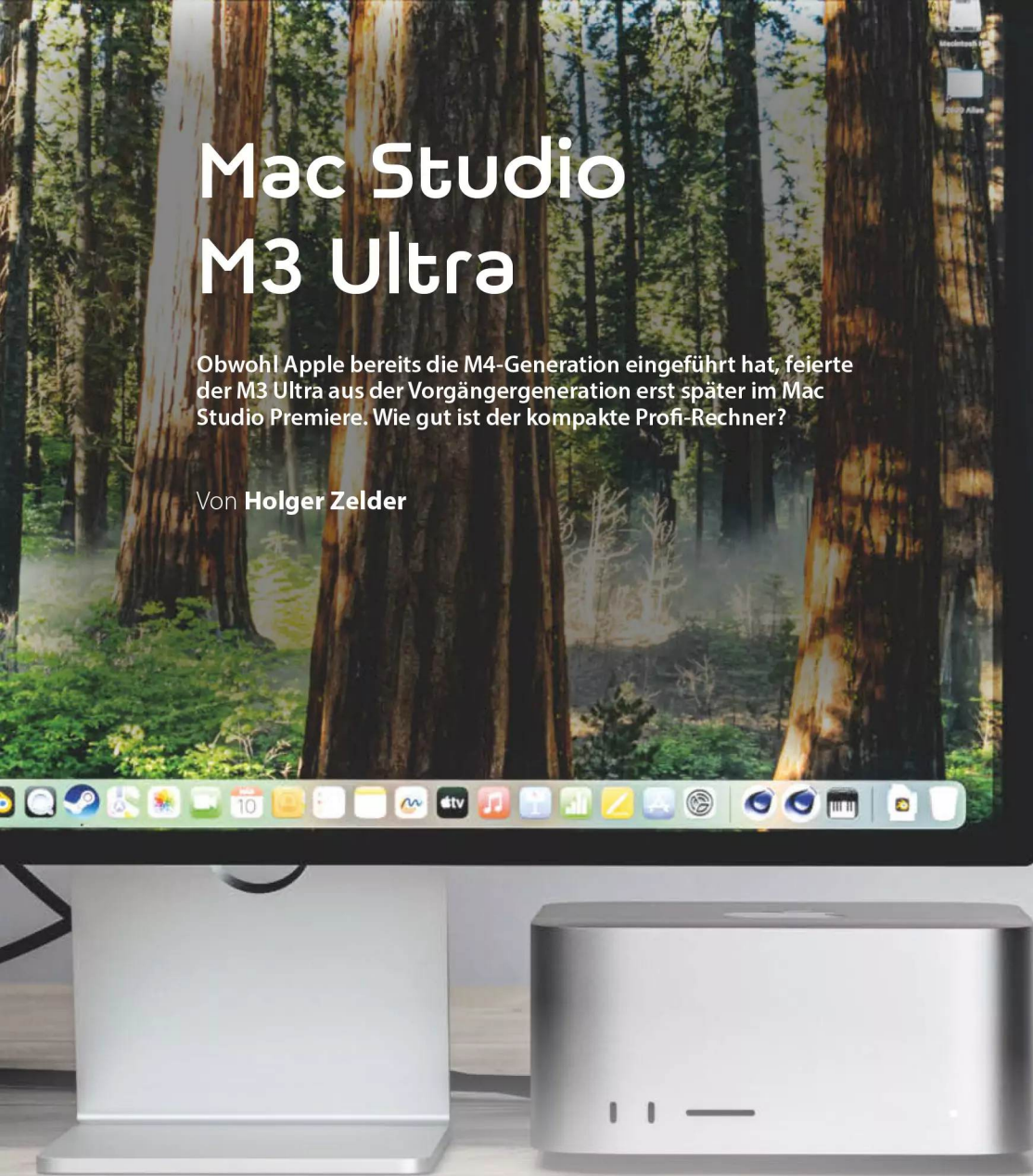
Ihre Meinung,
Zusatzmaterial, Webcode:

ct.de/w225

Mac Studio M3 Ultra

Obwohl Apple bereits die M4-Generation eingeführt hat, feierte der M3 Ultra aus der Vorgängergeneration erst später im Mac Studio Premiere. Wie gut ist der kompakte Profi-Rechner?

Von **Holger Zelder**



Zunächst zog das MacBook Pro an ihm vorbei, gefolgt vom Air, dem iMac und schließlich dem Mac mini: Während Apple die anderen Rechnerreihen mit frischen SoCs bedacht hatte, musste der Mac Studio vom Sommer 2023 lange auf sein Upgrade warten. Nun zieht der kompakte Profi-Rechner nach. Doch während die Basisvariante von der M2- gleich zur M4-Prozessorgeneration springt, stellt Apple mit dem M3 Ultra einen Nachzügler als

schnellsten Apple-Chip vor. Im Test wollten wir erfahren, ob das stimmt.

Uns stand ein Mac Studio mit M3 Ultra, 32-Kern-CPU, 80-Kern-GPU, 256 GByte RAM und 4-TByte-SSD im Wert von 10.124 Euro zum Test zur Verfügung. Äußerlich unterscheidet er sich nicht von seinen Vorgängern: Sein Gehäuse besteht weiterhin aus einem gefrästen Aluminiumblock. Mit 19,7 × 19,7 Zentimetern entspricht die Grundfläche genau der des alten

Mac mini, allerdings ist die Box 2,6-mal so hoch. Das Einstiegsmodell ist mit seinem Aluminiumkühlkörper 2,74 Kilogramm schwer, der M3 Ultra bringt durch seinen massiveren Kupferkühler satte 3,64 Kilogramm auf die Waage.

Schnittstellen: Schnelleres Thunderbolt

Auf der Vorderseite befindet sich rechts ein SDXC-Kartenleser nach UHS-II-Standard, links bringt der Studio zwei USB-C-Ports mit.

An den vier rückwärtigen USB-C-Buchsen liegt bei beiden Prozessorvarianten Thunderbolt 5 statt 4 an. Die maximale Bandbreite erhöht sich von 40 auf 120 GBit/s. Mit einer Thunderbolt-5-SSD von LaCie konnten wir 4977 MByte/s schreibend und 5137 MByte/s lesend messen. Beim Studio mit M3 Ultra liegt auch auf den beiden Buchsen an der Vorderseite Thunderbolt 5 an, bei den Studios mit M4 Max bleibt es vorne bei USB mit 10 GBit/s (USB 3.2 Gen 2x1) und ohne Displayport.

Auf der Rückseite sind außerdem noch zwei USB-Anschlüsse eingebaut, an denen USB 3 (5 GBit/s) anliegt. Die Klinkenbuchse, die auch hochohmige Kopfhörer unterstützt, befindet sich ebenfalls dort. Für Lautsprecher ist die Anordnung praktisch, für ein Headset würde man sich einen (zweiten) Port auf der Vorderseite wünschen.

Die HDMI-Buchse unterstützt wie zuvor ein 8K-Display bei 60 Hz oder ein 4K-Display bei bis zu 240 Hz. Insgesamt lassen sich am M4 Max bis zu fünf Bildschirme gleichzeitig anschließen, beim M3 Ultra sind es bis zu acht.

An der Ethernetbuchse liegen wie zuvor 10 GBit/s an. Keine Neuerungen gibt es beim WLAN: Apple setzt hier weiterhin auf den Standard 6E, nicht aber auf das neuere WiFi 7. Immerhin kann sich der Mac Studio auch mit 6-GHz-Bändern verbinden. Bluetooth wird in Version 5.3 unterstützt.

M3 Ultra mit Kernverdopplung

Warum Apple erst jetzt den M3 Ultra veröffentlicht und den Studio nicht direkt mit einem M4 Ultra präsentiert, hinterlässt zumindest Fragezeichen. Möglicherweise hat der Konzern abgewartet, bis die Profi-Schnittstelle Thunderbolt 5 endlich marktreif war, um sie in den M3 Ultra zu integrieren. Schließlich dürften die Entwicklungszyklen bei Profi-Chips länger sein als beim Pro, Max oder dem Basis-Chip.

Wie bei den anderen Ultra-Generationen besteht der Chip wieder aus zwei M3 Max, die über einen sogenannten Interposer miteinander verbunden sind. Das sorgt zwar in der Theorie für kurze Latenzen im Nanosekundenbereich, in der Praxis bemerkt man diese aber nicht. Durch die Kernverdopplung verfügt der M3 Ultra über mehr Thunderbolt-Controller als ein einzelner M3 Max, kann mehr RAM adressieren und hat die doppelte Speicherbandbreite, die jetzt bei 819 GByte/s statt 800 GByte/s liegt.

Bei unserem Testgerät handelte es sich bei 24 der 32 CPU-Kerne um Hochleistungskerne, die mit 4,05 statt 3,7 GHz getaktet sind. Die verbleibenden 8 Effizienzkerne bringen es auf rund 2,6 GHz. Da uns kein Mac Studio mit M4 Max zur Verfügung stand, beziehen wir uns auf unsere Erfahrungen mit dem gleichen SoC aus dem MacBook Pro.

Durch die hohe Taktzahl dominierte der M3 Ultra Benchmarks vor allem in Multicore-Anwendungen: In Cinebench 23 übertrumpfte der M3 Ultra in unserem Test seinen Vorgänger um gut 60 Prozent. Selbst die neueren M4-Max-Prozessoren aus dem MacBook Pro (siehe Seite 56) konnten nicht mithalten. Bei Single-Core-Benchmarks liegt der M3 Ultra zwar deutlich vor seinem Vorgänger, wird aber vom M4 Max im MacBook Pro abgehängt. Hier macht sich die höhere Taktfrequenz bemerkbar.

Die Neural Engine besitzt im M4 Max 16 Kerne und im M3 Ultra 32 Kerne. Der Co-Prozessor kümmert sich um lokale KI-Aufgaben und maschinelles Lernen. Auch Apps, die auf das CoreML-Framework zugreifen, können die Neural Engine nutzen, in Final Cut hilft sie etwa beim Transkribieren von Sprache, beim Analysieren von Clips für die magnetische Maske oder beim Verfolgen von Objekten innerhalb eines Videos.

Die Zahl der Media Engines ist beim M3 Ultra ebenfalls doppelt so hoch wie beim Max: Der M3 Ultra hat zwei (statt einer) Engines zum Decodieren und vier zum Codieren von Video, hinzu kommen vier Engines zum Codieren und Decodieren von ProRes. Bei unseren Tests mit Final Cut Pro lagen M2 Ultra und M3 Ultra beim Export von 8K-Material aus RED-Kameras in etwa gleichauf, aber hinter dem M4 Max. Beim Export von acht Spuren ProRes in 8K zogen die beiden Ultra-Generationen dem M4 Max jedoch davon.

Reichlich Grafikkerne

Während der Mac Studio in der Basiskonfiguration mit 32 Grafikkernen ausgeliefert wird und mit 40 GPU-Cores bestellbar ist, bringt die M3-Ultra-Version

Benchmarks

	Geekbench 6 Multi	Geekbench 6 Metal	Geekbench 5 Single Core	Cinebench 23 Single Core	Geekbench 5 Multi Core
	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►
Mac mini M4 Pro 14/20 Cores 48/1024 GByte	14831	109295	2737	2297	22872
MacBook Pro 16" M4 Max 16/40 Cores 128 / 8192 Gbyte	25925	186695	2634	2705	27503
Mac Studio M3 Ultra	27544	252652	2389	2016	41350
Mac Studio M2 Ultra 24/76 Cores 192/8000 GByte	21933	221664	2072	1753	28748
— nicht gemessen oder Fehler					

mindestens 40 solcher Kerne mit. Unser Testgerät war mit 80 Grafikkernen ausgestattet. Im 3D-Spiel Shadow of the Tomb Raider erzielte der M3 Ultra zwar Bestmarken, lag aber nur knapp fünf Prozent über dem M2 Ultra mit 76 Kernen.

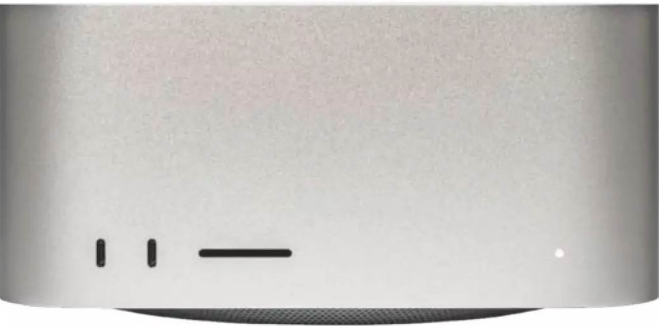
Neue, anspruchsvolle Mac-Spiele, die den Studio weiter fordern, müssen erst noch auf den Markt kommen. Für aktuelle Grafikkraher wie Assassin's Creed Shadows, Control oder Cyberpunk 2077 bringt der M3 Ultra allerdings genug Reserven mit.

Der M3 Ultra sowie der M4 Max warten gegenüber der M2-Generation mit hardwarebeschleunigtem Raytracing auf. Das hilft bei komplexeren Lichtberechnungen und kommt auch in 3D-Programmen wie Blender oder Autodesk Maya zum Einsatz. Um ein entsprechendes Bild aus einem 3D-Modell über

die GPU zu generieren, benötigte der Mac Studio nach dem Laden der Shader etwas über eine Minute. Das ist ziemlich beeindruckend, ein M4-Chip mit weniger Kernen rechnet deutlich länger.

Leise Arbeitsgeräusche

Zwei große Axiallüfter blasen die von unten ins Gehäuse gesaugte Luft durch die Öffnungen nach hinten hinaus. Während des normalen Desktopbetriebs blieb der Mac Studio mit weniger als 0,1 Sone beinahe unhörbar leise. Erst wenn er eine halbe Stunde am Stück 3D-Grafiken berechnete und unter Dauerlast stand, war ein Lüfterrauschen zu vernehmen, das mit bis zu 0,4 Sone aber erträglich blieb. Bei unserem Testexemplar fiel unter hoher GPU-Last



Was an den USB-C-Ports auf der Vorderseite anliegt, hängt von der CPU ab. Beim M3 Ultra gibt es zweimal Thunderbolt 5, beim M4 Max nur USB-C mit 10 GBit/s.



Auf der Rückseite gibt es unter den Luftauslässen zwei USB-A-Ports, viermal Thunderbolt 5, Gigabit-Ethernet, HDMI und eine hochohmige Klinkenbuchse.

Cinebench 23 Multi Core	Logic Pro X [Spuren]	Final Cut Pro 8K Red Export [s]	Final Cut Pro 8K × 8 ProRes Export [s]	Rise of the Tomb Raider 1080p [fps]	Shadow of the Tomb Raider 1080p [fps]	BlackMagic Schreiben [MByte/s]	BlackMagic Lesen [MByte/s]
besser ►	besser ►	◀ besser	◀ besser	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►
23469	629	73	41	115	84	6387	5134
27705	689	46	22	119	116	8509	5932
46224	8500	59	20	142	152	7029	5832
28854	682	57	19	187	144	7241	5784

ein sporadisches Klicken auf. Das war allerdings nur zu hören, wenn man das Ohr sehr nah an den Mac Studio hielt. Woran das lag, konnte Apple uns nicht verraten.

Mehr teurer Speicher

Der Mac Studio kommt in der Basiskonfiguration mit 36 GByte Unified Memory. Der RAM lässt sich hier mit bis zu 128 GByte ordern, allerdings nur, wenn man den M4 Max mit 16 CPU-Kernen bestellt – das kostet dann direkt 375 Euro mehr. Der M3 Ultra kommt in der 5000 Euro teuren Grundausstattung mit mindestens 96 GByte RAM. 256 GByte RAM sind für 2000 Euro Aufpreis möglich, für 512 GByte RAM muss man allerdings den schnellsten M3 Ultra mit

32 Kernen bestellen. Das kostet 5000 Euro für den Arbeitsspeicher und noch mal 1875 Euro Aufpreis für den Chip. So viel RAM ist nicht nur für 3D-Berechnung und Spezialeffekte interessant. Wer KI-Sprachmodelle lokal ausführen will, profitiert von jedem zusätzlichen Gigabyte.

Bei der SSD stehen mindestens 512 GByte zur Verfügung. Je nach Konfiguration lässt sich der Studio beim Kauf jetzt mit bis zu 16 TByte ordern. Unser Modell war mit einer 4-TByte-SSD ausgestattet, die mit über 7000 MByte/s schreibend und über 5800 MByte/s lesend in etwa das Niveau des Vorgängers erreichte. Aufrüsten lässt sich der Studio aktuell nicht. In der Vergangenheit waren die Flash-Module zwar auf gesockelten Kärtchen angebracht, Speicher zum Nachkaufen gab es aber bislang nicht. Auch der fran-

Endlich *gute* Fotos!



**JETZT
LOSLEGEN!**



+ TIPS
VON PROFI-
FOTOGRAFEN



shop.heise.de/ct-fotoeinsteiger25

Apple Mac Studio

	Mac Studio M2 Max	Mac Studio M2 Ultra	Mac Studio M4 Max	Mac Studio M3 Ultra
Prozessor	Apple M2 Max, 4 + 8 = 12 Kerne, 3,5 GHz, Neural Engine 16 Kerne, 32 + 4 MByte L2-Cache	Apple M2 Ultra, 8 + 16 = 24 Kerne, 3,7 GHz, Neural Engine 32 Kerne, 64 + 8 MByte L2-Cache	Apple M4 Max, 10 + 4 = 14 Kerne, 4,5 + 2,6 GHz, Neural Engine 16 Kerne, 64 + 8 MByte L2-Cache	Apple M3 Ultra, 10 + 4 = 14 Kerne, 4,05 + 2,6 GHz, Neural Engine 16 Kerne, 64 + 8 MByte L2-Cache
Grafik	Apple M2 Max, 30 Kerne, Unified Memory, Testgerät / max. 30 / 38 Kerne	Apple M2 Ultra, 60 Kerne, Unified Memory, Testgerät / max. 76 / 76 Kerne	Apple M4 Max, 32 Kerne, Unified Memory, max. 40 Kerne	Apple M3 Ultra, 60 Kerne, Unified Memory, Testgerät / max. 80 / 80 Kerne
Arbeitsspeicher	32 GByte LPDDR5-6400, Testgerät / max. 32 / 96 GByte	64 GByte LPDDR5-6400, Testgerät / max. 192 / 192 GByte	36 GByte LPDDR5-6400, max. 128 GByte	96 GByte LPDDR5-6400, Testgerät / max. 256 / 512 GByte
Massenspeicher	Apple-SSD, 512 GByte, Fabric Link, verlötet, Testgerät / max. 1 / 8 TByte	Apple-SSD, 1 TByte, Fabric Link, verlötet, Testgerät / max. 8 / 8 TByte	Apple-SSD, 512 GByte, Fabric Link, verlötet, max. 8 TByte	Apple-SSD, 1 TByte, Fabric Link, verlötet, Testgerät / max. 4 / 16 TByte
Farben	Silber	Silber	Silber	Silber
Displayunterstützung bei min 60 Hz	4 × 6K + 1 × 4K oder 2 × 6K + 1 × 8K + 1 × 4K	8 × 4K oder 6 × 6K oder 3 × 8K	4 × 6K + 1 × 4K oder 2 × 6K + 1 × 8K	8 × 6K oder 4 × 8K
Audio	Kopfhörerbuchse (hochohmig), analoger Mono-Eingang mit iPhone-Headset	Kopfhörerbuchse (hochohmig), analoger Mono-Eingang mit iPhone-Headset	Kopfhörerbuchse (hochohmig), analoger Mono-Eingang mit iPhone-Headset	Kopfhörerbuchse (hochohmig), analoger Mono-Eingang mit iPhone-Headset
sonstige Ausstattung	Mono-Lautsprecher, Touch ID im optionalen Keyboard	Mono-Lautsprecher, Touch ID im optionalen Keyboard	Mono-Lautsprecher, Touch ID im optionalen Keyboard	Mono-Lautsprecher, Touch ID im optionalen Keyboard
sonstige Anschlüsse und Netzwerk	4 × Thunderbolt 4 (40 GBit/s) mit USB 4 (10 GBit/s), 2 × USB-C, 2 × USB-A, 10-GBit-Ethernet, HDMI 2.1, SDXC-Steckplatz (UHS-II), Wi-Fi 6E (2400 MBit/s brutto), Bluetooth 5.3	6 × Thunderbolt 4 (40 GBit/s) mit USB 4 (10 GBit/s), 2 × USB-A, 10-GBit-Ethernet, HDMI 2.1, SDXC-Steckplatz (UHS-II), Wi-Fi 6E (2400 MBit/s brutto), Bluetooth 5.3	4 × Thunderbolt 5 (120 GBit/s) mit USB 4 (120 GBit/s), 2 × USB-C, 2 × USB-A, 10-GBit-Ethernet, HDMI 2.1, SDXC-Steckplatz (UHS-II), Wi-Fi 6E (2400 MBit/s brutto), Bluetooth 5.3	6 × Thunderbolt 5 (120 GBit/s) mit USB 4 (120 GBit/s), 2 × USB-A, 10-GBit-Ethernet, HDMI 2.1, SDXC-Steckplatz (UHS-II), Wi-Fi 6E (2400 MBit/s brutto), Bluetooth 5.3
Maße (B × T × H)	19,7 × 19,7 × 9,5 cm	19,7 × 19,7 × 9,5 cm	19,7 × 19,7 × 9,5 cm	19,7 × 19,7 × 9,5 cm
Gewicht	2,7 kg	3,6 kg	2,74 kg	3,64 kg
Leistungsaufnahme [Watt]	aus 0,5, Ruhe mit LAN 1,4, Betrieb 8,1, Volllast CPU 56, GPU 65 CPU + GPU 111	aus 0,6, Ruhe mit LAN 1,5, Betrieb 9,1, Volllast CPU 100, GPU 147 CPU + GPU 245	nicht getestet	aus 0,3, Ruhe mit LAN 1,5, Betrieb 6,3, Volllast CPU 150, GPU 100 CPU + GPU 200
Geräusche [Sone]	Betrieb < 0,1, Volllast: CPU < 0,1, GPU < 0,1, CPU + GPU < 0,1	Betrieb < 0,1, Volllast: CPU 0,7, GPU 0,1, CPU + GPU 0,8	nicht getestet	Betrieb < 0,1, Volllast: CPU 0,1, GPU 0,2, CPU + GPU 0,4
Audiowiedergabe	Klirrfaktor 0,001 %, Dynamik –116,2 dB(A), Linearität 0,02 dB, Störabstand –116,1 dB(A), Übersprechen –72,3 dB	Klirrfaktor 0,001 %, Dynamik –116,1 dB(A), Linearität 0,02 dB, Störabstand –115,8 dB(A), Übersprechen –72,1 dB	nicht getestet	Klirrfaktor 0,001 %, Dynamik –126 dB(A), Linearität 0,02 dB, Störabstand –125,7 dB(A), Übersprechen –80,4 dB
Bewertungen				
Verarbeitung / Ausstattung	⊕⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	nicht getestet	⊕⊕ / ⊕⊕
Leistung CPU / GPU / SSD	⊕ / ⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕ / ⊕⊕	nicht getestet	⊕⊕ / ⊕⊕ / ⊕⊕
Geräusche / Audio	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	nicht getestet	⊕⊕ / ⊕⊕
Optionen (Auswahl)	38 GPUs + 230 €, 64 / 96 GByte RAM + 460 / 920 €, 1- / 2- / 4- / 8-TByte-SSD + 230 / 690 / 1380 / 2760 €	76 GPUs + 1150 €, 128 / 192 GByte RAM + 920 / 1840 €, 2- / 4- / 8-TByte-SSD + 460 / 1150 / 2530 €	16 CPUs + 40 GPUs + 48 GByte RAM + 375 € 1- / 2- / 4- / 8-TByte-SSD + 250 / 750 / 1500 / 3000 €	80 GPUs + 1875 €, 256 GByte RAM + 2000 €, 2- / 4- / 8- / 16-TByte-SSD + 500 / 1250 / 2750 / 5750 €
Basispreis	2399 €	4799 €	2499 €	4999 €
Preis Testgerät	2629 € (beim Verkaufsstart)	10.319 € (beim Verkaufsstart)	nicht getestet	10.124 €
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ ausreichend ⊖⊖ schlecht				

zösische Anbieter Polysoft, der Module für verschiedene Mac-Studio-Generationen angekündigt hat, konnte zum Redaktionsschluss noch nicht liefern.

Fazit

Die überfällige Aktualisierung steht dem Mac Studio sehr gut: Gerade bei Aufgaben, die viele Grafikkerne oder mehrere Prozessorkerne fordern, kann der M3 Ultra brillieren. Das macht ihn ideal für Renderings, anspruchsvolle Schnittaufgaben, die Arbeit mit Spe-

zialeffekten oder mit KI. Bei solchen Aufgaben relativiert sich der hohe Preis auch schnell, denn hier ist eine möglichst kurze Rechen- und Arbeitszeit bares Geld wert. Die meisten Nutzer werden die vielen Kerne allerdings kaum ausreizen. Selbst professionelle Cutter oder Musiker dürften mit einem M4 Max sehr gut bedient sein, der für viele anspruchsvolle Aufgaben schnell genug ist. Die aktuelle Generation des Mac Studio sollte hohen Ansprüchen für die nächsten Jahre genügen. (hze) **ct**

Ihre Meinung,
Zusatzmaterial, Webcode:
ct.de/wkpa

WIR TEILEN KEIN HALBWISSEN. WIR SCHAFFEN FACHWISSEN.



Webinar

9. Dezember

Wissenschaftlich Schreiben mit KI-Unterstützung

Das Webinar zeigt, wie Sie KI beim wissenschaftlichen Schreiben gewinnbringend einsetzen und KI-Texte auf Fehler prüfen.



Webinar

8. Januar

Besser als Soundbars

Heimkino- und Musikanlagen einrichten und optimieren

Das Webinar zeigt, welche Faktoren den Sound wirklich prägen – und wie Sie Ihr Setup gezielt verbessern können, jenseits typischer Soundbars.



Workshop

21. – 22. Januar

IT-Sicherheitsstrategien für kleine und mittlere Unternehmen

Workshop zur effektiven IT-Sicherheit für KMUs mit dem Ziel, den Verantwortlichen notwendiges Wissen für fundierte Entscheidungen zu vermitteln.



Webinar

5. Februar

Elektroauto jetzt? Technik, Alltag, Kaufentscheidung

Lohnt sich der Umstieg aufs E-Auto derzeit – oder ist Abwarten die bessere Wahl? Das Webinar liefert fundierte Antworten und Orientierung.



Mehr anzeigen ▲

heise.de/ct/Events



Kaufberatung für externe Massenspeicher

Geschwindigkeit rauf, Preise runter: Flash-Speicher wird immer attraktiver. So finden Sie gute USB-Sticks, USB-SSDs, Speicherkarten und externe Festplatten.

Von **Christof Windeck**

Auch bei einem unscheinbaren Allerweltsprodukt wie einem USB-Stick lohnt es sich, auf Qualität zu achten. Denn wenn die darauf gespeicherten Daten nicht mehr lesbar sind, ist es zu spät. Außer der Zuverlässigkeit spielt auch die Datentransferrate eine wichtige Rolle. Die liegt in der Praxis oft deutlich niedriger als die der jeweiligen Schnittstelle, weil die Hersteller lahme Speicherchips und Controller einbauen.

Viele flinke Speichermedien kosten kaum mehr als langsamere. Mit etwas Hintergrundwissen trennen Sie die Spreu vom Weizen. Das gilt auch bei der Auswahl von externen SSDs mit USB- oder Thunderbolt-Schnittstelle sowie von SD-, microSD- und CFexpress-Speicherkarten. Außerdem finden Sie Ratschläge zum Schutz gegen Fälschungen.

Lassen Sie sich nicht von verwirrenden Angaben blenden. Ein beliebter Trick von Herstellern und

Händlern ist das Protzen mit wohlklingenden Angaben wie „USB 3.2“, obwohl es nur um die 18 Jahre alte Technik USB 3.0 geht. Viele Flash-Speichermedien schaffen trotz schnellerer Anschlüsse nicht einmal Geschwindigkeiten, die bereits mit USB 2.0 möglich wären.

USB-Grundlagen

Der USB-3.0-Transfermodus mit 5 Gbit/s respektive 450 MByte/s hieß einst SuperSpeed. Das genügt noch immer für alle externen Magnetfestplatten und bremst auch SATA-SSDs mit USB-Umsetzerchip kaum spürbar. Heutzutage versteckt sich der 5-Gbit/s-Modus hinter der Bezeichnung USB 3.2 Gen 1, was leider zulässig ist. Der doppelt so schnelle Übertragungsmodus mit 10 Gbit/s (1,1 GByte/s) startete vor elf Jahren als USB 3.1 und heißt heute USB 3.2 Gen 2.

Doppelt so schnell ist USB 3.2 Gen 2x2 mit 20 Gbit/s, aber damit können nur wenige Notebooks, Desktop-PCs und Hubs umgehen. Derzeit wächst das Angebot an USB4-SSDs, die Signale mit 40 Gbit/s übertragen und pro Sekunde 4 GByte liefern können. Das entspricht der Geschwindigkeit einer M.2-SSD mit PCI-Express-3.0-Controller (PCIe 3.0x4). Die aktuell schnellste externe PC-Schnittstelle ist Thunderbolt 5 (TB5) mit 80 Gbit/s, erste TB5-SSDs reizen das mit knapp 7 GByte/s noch nicht aus. Bald soll auch das eng damit verwandte USB4 2.0 mit derselben Datenrate kommen. Dass TB5 in Senderichtung (Downstream) bis zu 120 Gbit/s schafft, spielt für Massenspeicher keine Rolle. Diese Transferrate ist nur für den Anschluss von Monitoren relevant.

Einen guten Kompromiss aus Preis und Geschwindigkeit bieten USB-Speicher mit 10 Gbit/s, die tatsächlich auch fast 1,1 GByte/s schaffen. Mit 1 TByte Kapazität kosten sie ab etwa 60 Euro. Der 10-Gbit/s-Modus funktioniert auch an USB-A-Buchsen, sofern

im USB-Host – also PC, Notebook, Tablet, Smartphone, TV-Gerät, NAS – ein entsprechend flinker Controller steckt. Ab 20 Gbit/s sind Buchsen und Kabel mit USB-C zwingend. Das bedeutet leider nicht, dass jede USB-C-Buchse auch 20 Gbit/s schafft – manche erreichen nur 5 Gbit/s, einige arbeiten sogar noch mit dem uralten USB 2.0 mit 480 Mbit/s. Für maximale Geschwindigkeit müssen alle Komponenten zusammenspielen, auch ein eventuell dazwischengeschalteter Hub oder Adapter.

Thunderbolt (TB) nutzt seit der Version 3 USB-C-Stecker und -Buchsen und die Kabel sehen deshalb gleich aus. TB funktioniert zwar im Kern anders als USB-C, ist aber dazu kompatibel – doch nicht umgekehrt. Ein reines TB-Gerät funktioniert deshalb nicht an einem Host, der nur USB-C kann.

USB4 ist wiederum zu TB3 kompatibel. Allerdings fehlt manchen Notebooks unter 800 Euro USB4, obwohl Prozessor oder Chipsatz damit umgehen könnten. Folglich sollten Sie vor einem Kauf externer Massenspeicher genau prüfen, was Ihr Computer unterstützt.

Speed und Haltbarkeit

Achten Sie auf konkrete Angaben zu Datentransferaten für Lesen und Schreiben. Wird nur ein Wert genannt, gilt der üblicherweise fürs Lesen und beim Schreiben. Vermutlich ist der Speicher lahm. Denn sonst würde der Hersteller den Wert ja nennen, statt ihn zu verschweigen.

Flash-Speicherchips lassen sich deutlich schneller auslesen als überschreiben. Ein Cache kaschiert diese Schreibschwäche. Dazu schaltet der Controller einen Teil der Flash-Zellen in einen schnelleren Betriebsmodus (Stichwort: Pseudo Single Level Cell, Pseudo-SLC, meist pSLC abgekürzt). Je nach absoluter Kapazität des Speichermediums und aktuellem

Preisvergleich externe Massenspeicher									
Datenträgertyp	Preis pro Terabyte minimal ¹	Preisbeispiele							
		250 GByte	500 GByte	1 TByte	2 TByte	4 TByte	8 TByte	16 TByte	26 TByte
M.2-SSD PCIe 4.0 x4	51	20	35	55	115	220	590	—	—
SATA-SSD	48	18	30	50	98	210	580	2600	—
USB-Festplatte	20	—	35	50	65	100	145	300	650
USB-SSD (ab 500 MByte/s)	50	40	50	70	115	220	550	3000	—
MicroSD-Karte (ab 80 MByte/s)	63	20	35	75	175	—	—	—	—

Preise: Stand August 2025 ¹ Preis pro Terabyte beim günstigsten Angebot

Füllstand kann ein solcher Cache über 100 GByte fassen. In der Praxis reicht das fast immer. Doch bei sehr langen, kontinuierlichen Schreibzugriffen – wenn man beispielsweise einen vollen Datenträger kopiert – läuft der Cache über und die wahre Schreibgeschwindigkeit der Flash-Chips schlägt durch. Manche Flash-Speichermedien sind dann mit weniger als 100 MByte/s langsamer als heutige Magnetfestplatten.

Dermaßen gigantische Kopieraktionen sind selten. Aber falls es in besonderen Anwendungsfällen genau darauf ankommt, lohnt sich möglicherweise ein teureres Speichermedium mit schnelleren Flash-Chips. Beispielsweise sind CFexpress-Karten dafür optimiert – aber auch sehr teuer, und man findet sie nur in ebenfalls teuren Profikameras.

Die Anzahl der pro Sekunde bedienten Ein- und Ausgabeanforderungen (IOPS) ist bei externen Speichern weniger wichtig als bei einer internen SSD. Denn von letzterer starten das Betriebssystem und alle Anwendungen, da ist niedrige Latenz vorteilhaft. Bei externen Speichern kommt es typischerweise eher auf die sequenzielle Datentransferrate an. Es gibt allerdings Ausnahmen, beispielsweise wenn häufig viele kleine Dateien kopiert werden sollen.

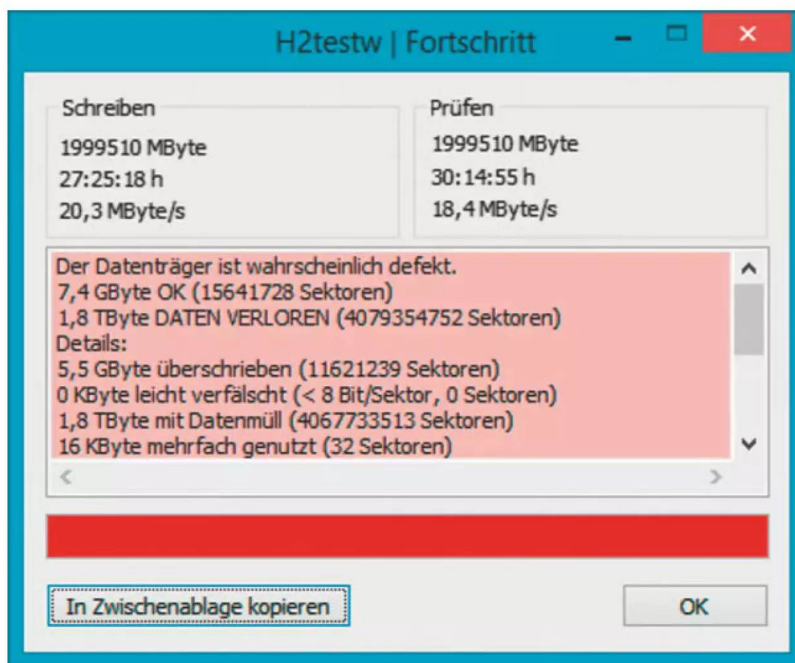
Angaben zu IOPS fehlen in den Datenblättern externer Speichermedien meistens. Um besonders schnelle zu finden, müssen Sie Testberichte lesen. Für SD- und microSD-Karten gibt es die IOPS-Klassen A1 und A2; letztere verlangt mehr als 4000 IOPS beim Lesen. Das bringt Vorteile, wenn Apps oder das Betriebssystem von der Speicherkarte starten sollen, etwa in manchen Android-Smartphones (Apps) oder bei Einplatinencomputern wie dem Raspberry Pi.

Eine einzelne Flash-Speicherzelle lässt sich zwar beliebig oft auslesen, aber nur wenige Tausend Male überschreiben. Daher verteilt der Controller Schreibzugriffe über alle vorhandenen Zellen, der Fachbegriff lautet Wear Leveling. Das funktioniert desto besser, je mehr (freie) Speicherzellen vorhanden sind. Und das sind bei aktuellen Flash-Medien sehr viele: 1 TByte erfordert knapp 9 Billionen Speicherzellen (1 Terabyte = 8 Terabit = 2^{43} Bit). Moderne Flash-Speichermedien lassen sich bei einigermaßen typischer Nutzung innerhalb der Garantiefrist nicht kaputtschreiben. Wenn Sie allerdings schon wissen, dass extrem viele Daten geschrieben werden sollen, sollten Sie beim Einkauf auf Angaben zur Schreibfestigkeit (Endurance) achten. Oder Sie nehmen ein Speichermedium mit viel höherer Kapazität als nötig, sodass der Controller viele Reserven nutzen kann.

Obwohl sie viele Schreibzugriffe vertragen, können auch Flash-Speichermedien jederzeit ausfallen – oder sie gehen verloren, werden gestohlen oder versehentlich gelöscht. Backups bleiben unverzichtbar!

Anti-Fake

Gefälschte Flash-Speichermedien sind keine Seltenheit. Die erste Verteidigungslinie ist simpel: Vergleichen Sie die Preise. Eine Stichprobe bei der chinesischen Handelsplattform Temu liefert im Sommer 2025 zahlreiche Angebote für USB-SSDs, die angeblich 2 TByte fassen, aber weniger als 30 Euro kosten. Das ist wegen der Preise der Flash-Chips unmöglich, seriöse Anbieter verlangen mindestens rund 100 Euro. Ihre Alarmglocken sollten auch schrillen, wenn Sie auf einen USB-Stick oder eine microSD-Karte mit mehr als 2 TByte stoßen – solche gibt es bisher nämlich noch gar nicht zu kaufen.



Das Windows-Tool H2testw enttarnt gefälschte Flash-Speichermedien, braucht dazu manchmal aber sehr lange.



USB-Sticks gibt es in riesiger Auswahl, in manchen steckt eigentlich SSD-Technik. Praktisch sind Sticks mit Steckern für USB-A und USB-C.

Leider gibt es auch Fälschungen, die weniger auf fallen, beispielsweise USB-Sticks mit 256 oder 512 GByte zu üblichen Preisen zwischen 20 und 50 Euro. Daher raten wir dazu, Speichermedien nur bei etablierten Händlern mit Sitz in der EU zu kaufen und sofort nach Erhalt zu prüfen, zum Beispiel mit H2testw, siehe ct.de/wmvm. Und es mag zunächst wenig logisch klingen, aber achten Sie auf die Datentransferrate. Wir würden nichts mehr kaufen, für das der Hersteller weniger als 80 MByte/s verspricht. Denn unsere Erfahrung zeigt, dass gefälschte Datenträger oft sehr langsam arbeiten und selten mit hohen Transferraten beworben werden. Außerdem können Sie an Ihrem Rechner die Geschwindigkeit prüfen (etwa mit CrystalDiskMark, siehe ct.de/wmvm), und haben damit einen zusätzlichen Hebel für eine Reklamation.

Verschlüsselung

Externe Speichermedien gehen leicht verloren und können in falsche Hände geraten. Falls Sie schützenswerte Daten transportieren, raten wir dringend zu Verschlüsselung. Die gelingt mit Bordmitteln der Betriebssysteme (BitLocker, FileVault, LUKS) oder kostenloser Software wie 7-Zip oder VeraCrypt. USB-Datenträger mit integrierten Verschlüsselungsfunktionen entsperrt man hingegen per Zahlencode oder Fingerabdruck. Sie benötigen also keine zusätzliche Software und funktionieren dadurch auch an Geräten wie Smart-TV, NAS, Smartphone oder Messtechnik. Bei verschlüsselnden

externen Speichermedien werden allerdings immer wieder Sicherheitslücken aufgedeckt.

USB-Sticks

USB-Sticks sind billig und funktionieren nicht nur an Computern, sondern etwa auch Smart-TVs, Heimelektronik, Messtechnik und anderen Geräten. Die meisten Sticks haben einen USB-A-Stecker, aber mittlerweile gibt es auch viele mit zusätzlichem USB-C-Stecker.

Manche Sticks mit mehr als 32 GByte Kapazität sind allerdings werksseitig mit exFAT-Dateisystem formatiert, das in Unterhaltungselektronik noch nicht verbreitet ist. Sie lassen sich zwar umformatieren – Vorsicht, dann sind die Daten weg –, aber mit Nachteilen. Bei FAT32 hingegen kann stören, dass eine einzelne Datei auf maximal 4 GByte anwachsen darf. Und manche Smart-TVs binden einen USB-Stick erst dann als Aufzeichnungsmedium ein, wenn sie ihn selbst formatiert haben, zwecks Kopierschutz.

USB-Sticks können Sie schon für weniger als 3 Euro kaufen, dann aber mit steinalter USB-2.0-Technik – Finger weg! Ab 12 Euro gibt es 128-GByte-Sticks etablierter Marken, die mindestens 80 MByte/s beim Schreiben zusichern. Jenseits von 1 TByte steigen die Preise für USB-Sticks überproportional an. Daher kommen Sie ab 1 TByte mit einer USB-SSD meist günstiger weg.

Die Grenzen zwischen USB-SSDs und USB-Sticks verschwimmen bei großen Kapazitäten zunehmend,



USB-SSDs sind flotter als USB-Sticks und ab 1 TByte Kapazität sogar günstiger.

es gibt mittlerweile etwa auch stickförmige USB-SSDs. Dabei kommt es auf den eingebauten Controllerchip sowie die Geschwindigkeitsklasse und Qualität der Flash-Speicherchips an. Tendenziell sind USB-SSDs schneller als Sticks, vor allem beim Schreiben, liefern mehr IOPS und vertragen mehr Schreibzyklen. Weil aber nur wenige Hersteller konkrete Angaben dazu veröffentlichen, ergeben sich daraus selten nutzwertige Vorteile. Manche USB-SSDs liefern anders als einfache USB-Sticks auch Diagnoseinformationen, also SMART-Parameter (Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology).

Denken Sie beim täglichen Gebrauch auch an die Leistungsaufnahme externer Massenspeicher. Mancher USB-Stick erwärmt sich spürbar, selbst wenn er weder liest noch schreibt; er frisst also nutzlos Strom. Einige schlucken dabei mehr als 1 Watt. Bei einem flachen Notebook, das im Leerlauf mit 2 bis 3 Watt auskommt, verkürzt das die Akkulaufzeit merklich.

SSDs mit USB(-C) oder TB

USB-SSDs mit 1 GByte/s sind kaum teurer als ordentliche USB-Sticks gleicher Kapazität. Für höhere Geschwindigkeit – USB 3.2 Gen 2x2, USB4, TB3, TB4, TB5 – zahlt man erhebliche Aufpreise. Das lohnt sich nur dann, wenn Sie sehr häufig sehr große Datenmengen bewegen.

Externe SSDs gibt es mit (USB-C-)Buchse oder fest angeschlossenem Kabel. Letzteres ist praktisch, weil man es so weder verlieren noch vergessen kann. Per

A-auf-C-Adapter funktionieren die meisten USB-C-SSDs auch an USB-A-Buchsen – aber nicht alle und oft deutlich langsamer.

Externe SSDs gibt es auch in wasserdichten oder mechanisch besonders robusten Versionen, außerdem gibt es USB-C-Docks mit eingebauter SSD. USB-SSDs für Smartphones sind vor allem zum Aufzeichnen von 4K-Videos gedacht. Einige haften magnetisch an iPhones. Damit lässt sich der Speicherplatz auch dann erweitern, wenn das Phone keinen microSD-Schacht besitzt. Zeichnet man direkt auf die



USB-Festplatten eignen sich gut als Datenarchive und für große Backups. Sie bieten die höchste Kapazität pro Euro.

externe SSD auf, muss man Videos zur Nachbearbeitung nicht erst überspielen, sondern steckt einfach die SSD an den Schnittrechner.

Externe Platten

Externe Magnetfestplatten mit mehr als 500 GByte bieten sehr viel mehr Speicherplatz pro Euro als Flash-Medien. Das gilt vor allem für externe 3,5-Zoll-Platten, die bis zu 28 TByte fassen. Sie eignen sich prima als Archivmedium, brauchen jedoch ein zusätzliches Netzteil, machen Geräusche und vertragen weder Stöße noch Stürze.

Kompaktere 2,5-Zoll-Platten sind leise und brauchen zumindest an USB-C-Buchsen, die 7,5 Watt oder mehr liefern, kein zusätzliches Netzteil. Die kleinen Platten fassen derzeit maximal 6 TByte, aber nur in der 1,5 Zentimeter dicken Bauform. Die flacheren Laufwerke mit 7 respektive 9 Millimetern werden praktisch nicht mehr weiterentwickelt.

Die meisten externen Festplatten mit hoher Kapazität arbeiten mit der Aufzeichnungstechnik Shingled Magnetic Recording (SMR), bei der sich die Datenspuren auf den Magnetscheiben teilweise überlappen. SMR funktioniert zwar zuverlässig, hat aber den Nachteil, dass bei sehr lange andauernden Schreibvorgängen bereits gut gefüllter Platten immer wieder die Transferrate absackt. Das wiederum kann in RAID-Konfigurationen zu Nachteilen führen – aber von einem RAID mit externen Datenträgern raten wir ohnehin ab.

Speicherkarten

MicroSD-Karten fassen mittlerweile bis zu 2 TByte. Ähnlich wie bei USB-Sticks steigen die Preise bei den höchsten Kapazitäten überproportional an. Gute Kärtchen schaffen mindestens 80 MByte/s beim Schreiben und über 100 MByte/s beim Lesen. Noch höhere Geschwindigkeiten bringen nur dann Vorteile, wenn Host beziehungsweise Lesegerät mitspielen. Eingebaute Kartenleser in vielen Notebooks, Mini-PCs und USB-C-Docks sind aber schnarchlahm. Gängig ist UHS-I, das nur im Idealfall 104 MByte/s schafft. Das schnellere UHS-II mit maximal 312 MByte/s benötigt zusätzliche Kontakte auf den Karten und Lesegeräten und hat sich nicht durchgesetzt. Relativ viele UHS-I-Kärtchen beherrschen den Spezialmodus DDR208. Ein dafür geeignetes USB-Lesegerät wie das Kingston MLPM kostet rund 12 Euro. Mancher Hersteller beschränkt seine DDR208-Kartenleser jedoch, sodass sie nur eigene



MicroSD-Karten gibt es mit bis zu 2 TByte. CFexpress- und SD-Express-Karten sind superschnell, benötigen aber spezielle Lesegeräte mit USB 3.2 Gen 2 oder gar USB4.

Karten schnell auslesen und fremde auf den 104er-Modus beschränken.

SD-Karten bieten im Vergleich zu ihren kleineren MicroSD-Geschwistern keine grundsätzlichen Vorteile bei Kapazität, Geschwindigkeit oder Preis. Für Kameras mit SD-Kartenschacht sind größere Kärtchen aber besser als kleinere im Adapter, weil die Verbindungsstücke ziemlich oft Störungen verursachen. Für Profikameras mit hohen Bildraten und Auflösungen gibt es superschnelle CFexpress-Speicherkarten, die allerdings auch superteuer sind. Mit diesen konkurrieren wiederum SD Express und MicroSD Express. Um solche Karten mit voller Geschwindigkeit auszulesen, braucht man spezielle Cardreader sowie einen PC oder ein Notebook, das mindestens USB 3.2 Gen 2 mit 10 Gbit/s bereitstellt. Für CFexpress 4.0 muss es sogar USB4 sein.

Fazit

Zuverlässige und flinke Mobilspeicher mit hoher Kapazität gibt es schon für wenig Geld. Im gigantischen Angebot stößt man allerdings leicht auch auf veraltete und lahme Technik oder gar Fälschungen. Prüfen Sie daher vermeintliche Schnäppchen ganz genau, bevor Sie bestellen. (ciw) **ct**

Tools zum Download:

ct.de/wmvm

Backup-Festplatten

Externe Festplatten eignen sich wunderbar als langjähriger Speicher, ob für Backups oder das Filmarchiv – das Gigabyte ist unschlagbar günstig. Wir testen sechs kompakte USB-HDs ab 4 Terabyte Kapazität.

Von **Johannes Schuster**

Datenverluste können durch Hardwaredefekte, versehentliches Löschen oder Softwareprobleme jederzeit auftreten. Mit Time Machine bietet macOS ein integriertes, automatisiertes Backup-System, das die Wiederherstellung früherer Dateiversionen ebenso einfach macht wie die vollständige Rückholung seines persönlichen Setups im Ernstfall. Zusammen mit einer externen Festplatte erledigt sich das am einfachsten. Zusätzlich kann man auf das Medium große Dateien auslagern, um Platz auf der internen SSD zu gewinnen. Wir haben uns USB-Festplatten ab einer Größe von 4 Terabyte bestellt. Die sechs getesteten Modelle benötigen nicht einmal ein eigenes Netzteil, da sie ihren Strom über USB beziehen. Alle Kandidaten

blieben mit ihrer Leistungsaufnahme unter den von USB 3 normalen 4,5 Watt.

Durch ihre 2,5-Zoll-Laufwerke sind sie außerdem angenehm kompakt und passen sogar in die Hosentasche. Zwar sind Festplatten deutlich langsamer und etwas lauter als SSDs, doch spielt das zum Beispiel für ein Backup keine große Rolle. Wichtiger ist die Kapazität, und hier sind sie deutlich günstiger als SSDs. Wer ständig mit großen Dateien hantiert oder von dem externen Medium arbeiten will, sollte besser zu einer externen SSD greifen. Und wer sich gegen Diebstahl oder Ausfall der Backup-Festplatte absichern möchte, der kauft gleich zwei Medien, die er abwechselnd einsetzt und dazwischen wegschließt.





LaCie Mobile Drive

Die schick gestylte USB-Platte von LaCie besitzt oben und unten jeweils eine Metallplatte mit matter und kühler Oberfläche, dazwischen laufen die Kühlrippen aus Kunststoff rund ums Gehäuse. Auf der Rückseite sitzen eine bei Zugriff blau blinkende LED und eine USB-C-Buchse. LaCie legt ein 50 Zentimeter langes Kabel auf USB-C bei. Mit einer Geschwindigkeit um 140 MByte/s war das Mobile Drive unter den schnellsten im Test. Teilt man

Mit 4,2 Cent pro GByte ist der Speicherplatz des Mobile Drive von LaCie der teuerste im Test.

den Kaufpreis von 170 Euro durch die Kapazität von 4 Terabyte, kommt man auf 4,2 Cent pro GByte – der höchste Wert von allen Kandidaten. Im Preis enthalten ist für drei Jahre ein Datenrettungsservice und nach Registrierung ein Toolkit für Passwortschutz.



SanDisk G-Drive ArmorATD

Western Digital lässt seine G-Drives nunmehr unter dem Markennamen von SanDisk antreten. Die ArmorATD bringt ein Metallgehäuse mit, das durch einen Kunststoffüberzug gegen Stöße geschützt ist. Die USB-C-Buchse auf der Rückseite ist durch einen eigenen Stöpsel abgeschildert. Gegen das Eintauchen ins Wasser hilft beides aber nur bedingt, sodass lediglich die Schutzklasse IP54 (Spritzwasser) erreicht wird. Die weiße LED scheint und blinkt angenehm dezent durch den Gummipanzer. Im Karton finden sich zwei Kabel, eines auf USB-A und eines auf USB-C. Mit 374 Gramm wiegt das G-Drive mehr als alle anderen Testteilnehmer und benötigt auch mehr Platz. Die Transferraten

Das G-Drive ArmorATD ist mit seiner Rugged-Hülle spritzwassergeschützt, aber teuer.

kamen gerade mal über 110 MByte/s, trotzdem war die SanDisk-Festplatte am schnellsten mit dem Kopieren eines großen Filmordners fertig – offenbar eignet sie sich für große Datenblöcke besonders. Die 6-Terabyte-Version kostet 244 Euro und damit mehr als alle anderen, der Preis von 4,0 Cent pro Gigabyte ist der zweithöchste in diesem Vergleich.



Seagate Ultra Touch

Das Kunststoffgehäuse der Ultra Touch besteht zu 30 Prozent aus recyceltem Material, die Unterschale sieht entsprechend gesprenkelt aus. Warum sie so heißt, wie sie heißt, weiß nur der Hersteller. Seagate liefert ein weißes USB-C-Kabel (49 cm) mit. Neben der Typ-C-Buchse findet sich auf der Rückseite eine bei Zugriff weiß pulsende LED, was viele Mac-Anwender an ihre älteren Rechner erinnern dürfte. Mit einer Leistungsaufnahme bis

Mac-Anwender will die Ultra Touch mit pulsendem Licht und Recyclinganteil im Gehäuse gewinnen.

zu 4,2 Watt war die Ultra Touch die stromhungrigste im Testfeld. Bei den Benchmarks und Gigabyte-Preisen rangiert sie im Mittelfeld. Mit 5 Terabyte Kapazität kostet die Ultra Touch 160 Euro.



Transcend Storejet 25M3C

Das mit einem extra Rahmen verstärkte Kunststoffgehäuse der recht schweren und großen Storejet 25M3C steckt zusätzlich noch zu 90 Prozent in einem Gummiüberzug, wodurch sich ein dreifacher Schutz vor Stößen ergeben soll. Ein Knopf im Gehäuse bewirkt, dass die Platte vom System neu gemountet wird, falls man sie vorher ausgeworfen hat, und spart so das Ab- und Anstöpseln. Bei Geschwindigkeit, Leistungsaufnahme und Geräus-

Der Knopf an der Storejet 25M3C bewirkt das Mounten der Festplatte ohne Abstöpseln.

schen schwamm die Transcend-HD stets im Mittelfeld mit, das gilt auch für den Gigabyte-Preis (3,7 Cent). Mit 4 Terabyte kostet die Storejet 25M3C 150 Euro. Transcend bietet Festplattenkäufern eigene Tools für Backup, Verschlüsselung und Passwortschutz zum kostenlosen Download an.



Verbatim Store 'n' Go USB 3.0

Mit ihrem Preis von 131 Euro ist die Store 'n' Go die günstigste Vertreterin im Testfeld. Das Gigabyte kostet mit 3,2 Cent am zweitwenigsten. Die recht leichte Festplatte im Kunststoffgehäuse besitzt eine breite Micro-B-Buchse, das 21 Zentimeter kurze Kabel endet auf USB-A. Gegebenenfalls benötigt man hier für moderne Macs noch einen Adapter auf USB-C. Die Verbatim-HD zählte zu den schnellsten im Test und benötigte am wenigsten Strom, allerdings rauschte sie hörbar mit 0,4 Sone auf 25 Zentimeter Abstand. Die LED an der Rückfront blinkte recht hell

Günstig und flott, aber hörbar, präsentierte sich Verbatims Store 'n' Go USB 3.0. Die Micro-B-Buchse ist nicht mehr zeitgemäß.

bei Zugriffen, was manche eher als störend empfinden. Im Preis enthalten sind Tools zum Formatieren und für Backups, wobei Mac-Anwender sicherlich lieber zum Festplattendienstprogramm und zu Time Machine greifen.



Western Digital My Passport

Schmale 2,4 Cent kostet das Gigabyte bei WDs 155 Euro teuren MyPassport mit 5 Terabyte Kapazität. Das ist der günstigste Preis aller Teilnehmer. Zugleich ist die Festplatte die kleinste und leichteste im Testfeld. Auf der anderen Seite lieferte sie das geringste Tempo und machte die lautesten Geräusche: 1,2 Sone auf 25 Zentimeter sind auf dem Schreibtisch deutlich zu hören und damit störend. Die weiße LED auf der Rückseite des

Dem besten Preis fürs Gigabyte stehen bei WDs My Passport hörbare Geräusche und lahme Transfers gegenüber.

Kunststoffgehäuses blinkte hingegen dezent. Daneben findet sich eine breite Micro-B-Buchse. Für das Kabel auf USB-A lag ein Adapter auf USB-C bei. Auch WD bietet ebenfalls eine kostenlose Software mit Passwortschutz an.



Benchmarks mobile Backup-Festplatten

Name	Hersteller	Disk Speed Test Write [MByte/s]	Disk Speed Test Read [MByte/s]	dd Write [MByte/s]	dd Read [MByte/s]	IOPS Write (RND4K QD64)	IOPS Read (RND4K QD64)	Film kopieren [s]	Leistungsauf- nahme max. [W]	Geräusche Betrieb [Sone]¹	Geräusche Zugriff [Sone]¹
		besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	◀ besser	◀ besser	◀ besser	◀ besser
Mobile Drive	LaCie	144,4	143,6	139,3	139,0	546,3	350,2	134	3,9	0,1	0,1
G-Drive ArmorATD	SanDisk	113,1	117,9	114,7	114,8	520,7	350,0	117	3,9	0,1	0,1
Ultra Touch	Seagate	129,6	139,4	137,4	141,9	764,3	316,3	153	4,2	0,1	0,2
Storejet 25M3C	Transcend	135,3	135,6	139,4	141,9	624,0	355,1	150	3,9	0,1	0,1
Store 'n' Go USB 3.0	Verbatim	143,5	145,9	142,8	144,9	740,9	274,6	122	3,6	0,4	0,4
My Passport	Western Digital	104,1	109,1	106,1	107,4	411,2	115,0	173	3,9	1,1	1,2

¹ gemessen mit 25 cm Abstand

Mobile Backup-Festplatten

Name	Mobile Drive	G-Drive ArmorATD	Ultra Touch	Storejet 25M3C	Store 'n' Go USB 3.0	My Passport
Hersteller	LaCie	SanDisk	Seagate	Transcend	Verbatim	Western Digital
Kapazität im Test	4 TByte	6 TByte	5 TByte	4 TByte	4 TByte	5 TByte
weitere Kapazitäten	1, 2, 5 TByte	1, 2, 4, 5 TByte	2, 4 TByte	2 TByte	1, 2 TByte	2, 4, 6 TByte
Laufwerk	2,5 Zoll	2,5 Zoll	2,5 Zoll	2,5 Zoll	2,5 Zoll	2,5 Zoll
Werkformat	exFAT	NTFS	exFAT	NTFS	exFAT	exFAT
Anschluss	USB-A 5 GBit/s	USB-C 5 GBit/s	USB-C 5 GBit/s	USB-C 5 GBit/s	USB-A 5 GBit/s	USB-C 5 GBit/s
Kabel (Länge, Stecker)	50 cm USB-C	58 cm USB-C, 44 cm USB-A	49 cm USB-C	30 cm USB-C, 29 cm USB-A	21 cm USB-A	45 cm USB-A/-C
Maße	11,9 × 8,6 × 2,1 cm	13,2 × 9,0 × 3,0 cm	11,6 × 8,1 × 2,4 cm	13,0 × 8,1 × 2,4 cm	11,9 × 8,1 × 2,1 cm	10,9 × 7,6 × 1,9 cm
Gewicht	269 g	374 g	243 g	290 g	221 g	211 g
LED	ja, blinkt bei Zugriff	ja, blinkt bei Zugriff	ja, pulst bei Zugriff	ja, blinkt bei Zugriff	ja, blinkt bei Zugriff	ja, blinkt bei Zugriff
Besonderheiten	—	Kunststoffhülle IP54	—	Mount-Taster	—	—
Garantie	3 Jahre	3 Jahre	2 Jahre	3 Jahre	2 Jahre	3 Jahre

Bewertungen

Geschwindigkeit	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	○
Ausstattung	○	⊕	○	⊕	○	○
Geräusche	⊕	⊕	⊕	⊕	○	⊖
Gehäuse	⊕	⊕	○	⊕	○	○
Preis-Leistungs-Verhältnis	⊖	⊖	○	○	⊕	○
Preis pro GByte (Cent)	4,2	4,0	3,1	3,7	3,2	2,4
Preis (€)	170	244	185	150	131	123

⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden — nicht vorhanden

Fazit

Noch sind geräumige Festplatten deutlich billiger als SSDs gleicher Kapazität und bieten sich somit für Backups an. Mobile Geräte ohne Netzteil sind besonders einfach in der Handhabung. Eine klare Kaufempfehlung fällt aber schwer, da jede Platte Nachteile hat. Die Western Digital mit dem günstigsten

Preis pro Gigabyte ist laut und langsam. Die Modelle von LaCie, SanDisk und Seagate erscheinen uns teuer. Die zweitgünstigste pro Gigabyte stammt von Verbatim, ist hörbar und hat alte Anschlüsse. Sie bräuchte also eventuell einen Adapter, bietet aber ansonsten das beste Preis-Leistungs-Verhältnis. Danach folgt die Storejet von Transcend mit durchweg guten Resultaten bei einem mittleren Preis. (jes) **ct**

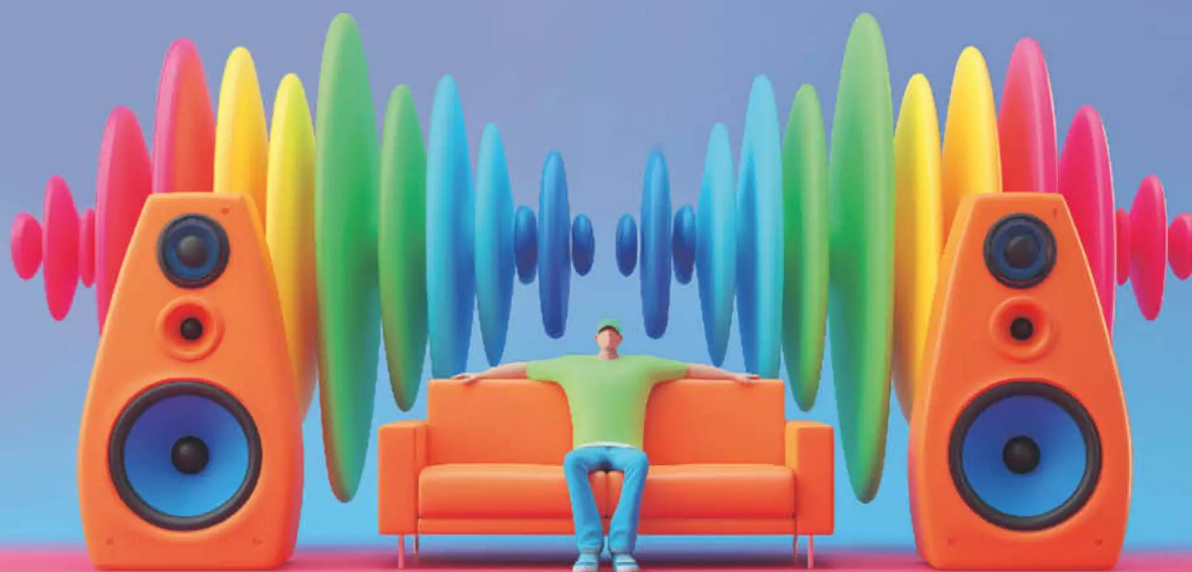
Ihre Meinung,
Zusatzmaterial, Webcode:
ct.de/w5xt

8. Januar

ct
WEBINAR

Besser als Soundbars

**Heimkino- und Musikanlagen
einrichten und optimieren**



Jetzt informieren:

heise-academy.de/webinare/besser-als-soundbars

Speichersticks mit USB-C und -A

USB-Sticks mit zwei verschiedenen Steckern sind ungemein praktisch für den bequemen Datenaustausch. Inzwischen gibt es sie trotz des kompakten Formats mit der Geschwindigkeit von SSDs. Wir testen zehn ganz unterschiedliche Modelle von 32 bis 1024 Gigabyte.

Von **Johannes Schuster**

diaRange
512GB

SanDisk



Sie wiegen nur wenige Gramm und sind kleiner als ein Riegel Kinderschokolade – dadurch eignen sich USB-Sticks perfekt zum Mitnehmen und Austauschen von Daten über das „Turnschuh-Netzwerk“. Exemplare mit zwei verschiedenen USB-Steckern passen ohne Adapter sowohl an ältere als auch an neuere Macs und PCs. Sie funktionieren zudem am iPhone und iPad. Bis vor Kurzem waren sie allerdings weder in großen Kapazitäten noch mit hohen Geschwindigkeiten zu bekommen. Doch mittlerweile machen einige den wesentlich voluminöseren SSDs Konkurrenz, da sie genauso schnelle Chips, Caches und Controller besitzen.

Aber nicht jeder braucht die teuren Varianten der Sticks, wenn es zum Beispiel nur um günstigen Transportspeicher geht. Wir haben deshalb unabhängig von der Geschwindigkeit USB-Sticks mit Doppelkopf ab 32 GByte zum Test gebeten. Die Bandbreite bei der Performance reicht von halbem USB-2.0-Tempo (20 MByte/s) bis zur vollen USB-3.2-Geschwindigkeit (1000 MByte/s).

Hatten wir bei früheren Tests noch Kandidaten dabei, die durch ihre Breite die nächste Thunderbolt-Buchse beim MacBook Pro verdeckten, vertragen sich die aktuellen Kandidaten alle zumindest mit einem USB-C-Kabel als Nachbar. Zwei von den breiteren Teilnehmern (ab 15 Millimeter) passen aber nicht nebeneinander. Als vollgasfest, also mit dauerhaft hohen Schreibraten, erwiesen sich nicht alle Kandidaten. Das kann man am stockenden Balken des Transferfortschritts ablesen. Sie pausierten insbesondere beim Schreiben manchmal für eine Abkühlung. Einer blieb beim Test mit kleinen Datenblöcken sogar fast stehen.

Eine gewisse Wärmeentwicklung war bei allen festzustellen, aber nur einer wurde richtig heiß. Je schneller die Chips, desto mehr Wärme produzieren sie auch, weshalb sie mehr Metall zur Kühlung benötigen und dadurch auch mehr wiegen. Es gibt also ein direktes Verhältnis von Gewicht zu Geschwindigkeit.

Die maximale Leistungsaufnahme (siehe Balkendiagramm auf S. 90) lag mit 0,5 bis 2,4 Watt so

Delock Speicherstick 54074

Der 54074 von Delock zählt zu den kleinsten und leichtesten Kandidaten im Test. In der Folge erwies er sich trotz Metallgehäuse als sehr langsam und schaffte schreibend nur halbes USB-2.0-Tempo. Obendrein stockte das Schreiben sekunden-

Beim Delock Speicherstick 54074 zahlt man für das Gigabyte teure 37,5 Cent.

lang. Bei einem Preis von 24 Euro für 64 Gigabyte kostet das GByte 37,5 Cent und ist damit das teuerste im Testfeld.



Intenso Twist Line

Als einziger Kandidat im Test bringt der in Kunststoff gewandete Twist Line eine LED mit, die bei Zugriffen hell und rot blinkt. Als einziger lieferte er auch beim Schreiben im IOPS-Test Werte im einstelligen Bereich. Er eignet sich somit extrem schlecht für das Abspeichern von kleinen Dateien. Große Blöcke schrieb er sehr langsam mit lediglich rund 25 MByte/s.

Der Twist Line von Intenso besitzt als einziger Stick im Test eine LED.

Hinzu kommt, dass ein Gigabyte mit 23,4 Cent zu Buche schlägt, das ist der zweitschlechteste Preis im Testfeld.



niedrig, dass es an den meisten USB-Buchsen keine Probleme für die netzteillosen Sticks geben sollte. Passive Ports an Hubs oder Tastaturen eignen sich ohnehin nicht für USB-Sticks. Unterschiede bei der Performance zwischen USB-C und USB-A gab es in diesem Test nur geringe. Das ist ein Zeichen dafür, dass USB-C nicht nachträglich irgendwie drangefflickt wurde.

Zu den Ärgernissen bei USB-Sticks zählte und zählt weiterhin ihre Verpackung: Sieben von zehn Kandidaten mussten wir freischneiden, weil sie in Plastik geblisteret wurden. Immerhin drei Teilnehmer waren in Pappe gewandet.

Unser Testparcours

Zunächst einmal ermittelten wir an einem Mac mini mit M4 Pro die Transferraten der USB-Sticks beim Schreiben und Lesen mit dem Programm Blackmagic Disk Speed Test und dem Terminal-Kommando `dd`. Bei beiden verwendeten wir Dateigrößen oberhalb

von 5 GByte, um die dauerhafte Performance zu erfahren. Da die Tests jeweils unterschiedliche Blockgrößen verwenden, können die Ergebnisse deutlich voneinander abweichen. Ergänzend ermittelten wir noch einen Wert aus der Praxis und stoppten die Zeit, die macOS benötigt, um einen 6,46 GByte großen Filmordner auf dem Medium zu duplizieren. Dabei lädt das System den Ordner portionsweise erst in das RAM (Lesen) und kopiert ihn dann aus dem Arbeitsspeicher wieder zurück (Schreiben).

Außerdem haben wir mit dem kostenlosen Programm AmorphousDiskMark die Ein- und Ausgabeoperationen pro Sekunde im Zufallszugriff gemessen (IOPS Random) und dazu sehr kleine Blöcke von 4096 Bytes zugrunde gelegt. QD64 steht dabei für die gleichzeitigen Ein-/Ausgabeanfragen, also die Zugriffstiefe (QueueDepth). Sämtliche Messungen haben wir identisch an USB-C und USB-A durchgeführt. Und schließlich haben wir die Leistungsaufnahme ohne Zugriff, beim Schreiben und beim Lesen mit einem Zwischenstecker gemessen.

Integral 360-C Dual

Der ebenfalls hauptsächlich aus Metall gefertigte 360-C-Dual von Integral ähnelt dem Stick von Delock. Er ist zwar noch leichter, aber gut doppelt so schnell. Er erreichte beim Schreiben allerdings immer noch nicht volles USB-2.0-Tempo und stockte dabei gelegentlich. Beim Lesen war er mit über 170 MByte/s einigermaßen flott. Sein Stromkonsum war der

Der sparsame Integral 360-C Dual konsumierte höchstens 0,5 Watt Energie.

niedrigste im Test. Für 23 Euro bekommt man 256 Gigabyte, was 9,0 Cent pro Gigabyte bedeutet – der zweitniedrigste Preis in dieser Kategorie.



MediaRange Kombo-Speicherstick

Mit Transferraten oberhalb von 250 MByte/s spielt der Kombo-Speicherstick bereits in der SATA-SSD-Liga mit. Beim Schreiben kleiner Blöcke (IOPS) waren andere Kandidaten aber deutlich besser. Leistungen, Stromverbrauch und Gigabyte-Preis bewegen sich im mittleren Bereich. Von den schnelleren Sticks wiegt der MediaRange-Stick dank Kunststoffgehäuse am

Der MediaRange Kombo-Speicherstick ist für einen schnellen Stick sehr leicht.

wenigsten. 13,3 Cent pro Gigabyte machen ihn aber eher teuer.



Patriot Viper Gaming PVP30

Mit einer Länge von 8,2 Zentimetern und einem Gewicht von 31 Gramm zählt der Viper Gaming PVP30 zu den großen und schweren Teilnehmern. Beim Lesen war er mit über 900 MByte/s der schnellste. Er kostet zwar 80 Euro, bringt aber auch ein ganzes Terabyte an Kapazität mit, wodurch er den niedrigsten Preis pro Gigabyte erreicht, nämlich 7,8 Cent. Kleiner Wermutstropfen ist die hohe Leistungsaufnahme von bis zu 2,9 Watt. Abgesehen davon brachte der Patriot-Stick

Patriots Viper Gaming PVP30 lieferte in fast allen Bereichen Bestnoten.

Bestnoten in allen Bereichen und verdiente sich somit eine Kaufempfehlung.



SanDisk Extreme Pro Dual Drive

Die Drehkappe des Extreme Pro Dual Drive besteht aus Metall, das darunterliegende eigentliche Gehäuse des Sticks aus Kunststoff. Trotzdem wiegt er mit 34 Gramm vergleichsweise viel. Mit 19 Millimetern ist der SanDisk-Speicher der breiteste im Testfeld. Beim Energieverbrauch kam er mit maximal 2,4 Watt auf den vorletzten Rang. Demgegenüber läuft der Stick bei der

Beim Gehäuse des Extreme Pro Dual Drive kombiniert SanDisk Kunststoff und Metall.

Performance im Spitzenfeld mit und zählt zu den drei schnellsten. Das Gigabyte kostet 14,3 Cent.



USB-Sticks Performance

	Disk Speed Test schreiben [MByte/s]		Disk Speed Test lesen [MByte/s]		dd schreiben [MByte/s]		dd lesen [MByte/s]
	USB-C	USB-A	USB-C	USB-A	USB-C	USB-A	USB-C
	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶
Delock Speicherstick 54074 (64)	121,9	121,5	95,3	97,2	121,1	122,1	96,5
Integral 360-C Dual (256)	135,8	135,3	171,0	170,8	135,4	135,1	176,8
Intenso Twist Line (32)	124,3	123,7	134,3	133,8	126,8	134,0	136,6
MediaRange Kombo-Speicherstick (512)	250,9	274,7	319,0	339,9	240,9	274,8	359,5
Patriot Viper Gaming PVP30 (1024)	847,0	844,3	926,9	929,2	902,3	902,1	960,4
PNY Duo Link V3 (256)	860,7	860,8	811,6	809,9	941,9	940,2	885,5
SanDisk Extreme Pro Dual Drive (512)	868,1	855,5	886,4	882,6	888,2	870,0	915,4
SanDisk Ultra Dual Drive Luxe (256)	196,2	137,2	380,3	380,0	177,1	124,3	390,6
Verbatim Dual USB-Stick (64)	113,2	113,1	70,6	81,7	113,2	113,6	82,9
Verbatim Dual QuickStick (256)	392,4	387,7	388,1	388,3	403,9	398,0	399,9

Dateisystem ändern

Ab Werk waren die Kandidaten alle mit ExFAT oder FAT32 formatiert. Letzteres ist über 25 Jahre alt und immer noch sehr gebräuchlich. Jedes der gängigen Betriebssysteme kommt mit FAT32 zurecht und kann sowohl darauf schreiben als auch davon lesen und es formatieren. Damit wäre es im Prinzip sehr gut zum Datenaustausch auch mit Mediaplayern oder Fernsehern geeignet. Leider darf eine einzelne Datei nicht größer als 4 GByte sein, was bei Filmen aber oft der Fall ist. Die kritische Größe ist bei 4K-Videos mit 60 fps bereits nach ungefähr zehn Minuten erreicht.

Vor fast 20 Jahren hat Microsoft deshalb ExFAT für Speicherkarten und USB-Sticks als Austauschformat entwickelt. Seit einigen Jahren hat der Konzern auch die Nutzung unter Linux frei-

gegeben, sodass einer Verwendung scheinbar nichts im Wege steht. Doch einige Mediaplayer und Fernseher unterstützen ExFAT nicht und unter macOS ist es nicht startfähig. Um ein aktuelles macOS zu beherrschen, benötigt man AFPS als Dateisystem. Einen Boot-Stick für die Systeminstallation sollte man nach wie vor mit macOS Journaled (HFS+) mit GUID-Partitionschema formatieren, was wir auch zum Test verwendet haben.

Egal, wie ein Stick ab Werk formatiert ist – mit dem Festplattendienstprogramm kann man das Format ändern, allerdings nicht in das bei Windows-Usern verbreitete NTFS. Ein Tipp: Schalten Sie im Menü „Darstellung“ von „Nur Volumes anzeigen“ auf „Alle Geräte einblenden“ um, wenn Sie alle Optionen beim Löschen angezeigt bekommen wollen.

PNY Duo Link V3

Der Dual Link V3 war beim Schreiben im dd-Test und bei den IOPS schneller als alle Mitbewerber und gehört somit in die Klasse der SSD-Konkurrenten. Er wiegt mit 41 Gramm aber auch am meisten. Sein Stromkonsum lag mit maximal 1,5 Watt für einen Stick mit 256 Gigabyte im grünen Bereich. Der Preis von 40 Euro und 16,6 Cent pro Gigabyte führt zu einem

Bei einigen Schreibtests war der PNY Duo Link V3 schneller als alle anderen.

Wert im unteren Mittelfeld. Der V3 ist als einziger auch in einer Kapazität von 2 Terabyte erhältlich.



		Film duplizieren [s]		IOPS QD64 schreiben		IOPS QD64 lesen		Leistungsaufnahme Betrieb / Lesen [Watt]	Leistungsaufnahme Schreiben [Watt]
	USB-A	USB-C	USB-A	USB-C	USB-A	USB-C	USB-A	USB-C	USB-C
besser ▶		◀ besser	◀ besser	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	◀ besser	◀ besser
■ 97,5		■ 352	■ 368	■ 194,7	■ 158,4	■ 1324,4	■ 1344,5	■ 0,4/0,6	■ 0,7
■ 177,4		■ 215	■ 214	■ 242,1	■ 310,0	■ 1688,4	■ 1690,7	■ 0,2/0,5	■ 0,5
■ 135,8		■ 241	■ 205	■ 2,6	■ 2,8	■ 1603,5	■ 1614,1	■ 0,4/0,7	■ 0,7
■ 327,0		■ 48	■ 47	■ 333,9	■ 381,9	■ 7843,9	■ 8343,7	■ 0,4/0,7	■ 1,9
■ 965,2		■ 15	■ 15	■ 7042,2	■ 7916,7	■ 44339,8	■ 44741,7	■ 0,9/1,6	■ 2,9
■ 884,5		■ 16	■ 16	■ 12174,6	■ 12221,7	■ 44996,3	■ 45675,4	■ 0,6/1,3	■ 1,5
■ 915,3		■ 16	■ 17	■ 7589,9	■ 8569,6	■ 40075,8	■ 40209,9	■ 1,2/2,1	■ 2,4
■ 390,3		■ 88	■ 88	■ 802,8	■ 796,3	■ 3102,0	■ 3324,9	■ 0,7/1,0	■ 0,9
■ 82,4		■ 559	■ 559	■ 255,1	■ 257,4	■ 1333,1	■ 1311,2	■ 0,4/0,5	■ 0,6
■ 400,0		■ 32	■ 32	■ 4377,6	■ 4360,1	■ 31827,4	■ 31883,2	■ 0,9/1,3	■ 1,4

SanDisk Ultra Dual Drive Luxe

Von der Größe und der Bauart passt der Ultra Dual Drive Luxe mit seinem kleinen Metallgehäuse in eine Schublade mit den Sticks von Delock und Integral, allerdings schlägt er diese bei der Performance haushoch. Bis zu 390 MByte/s schaffte der goldene SanDisk-Stick, wurde dabei allerdings auch sehr heiß. Leistungsaufnahme (maximal 0,9 Watt), Gewicht (12 Gramm)

Trotz seiner winzigen Größe gibt es den SanDisk Ultra Dual Drive Luxe mit 1TByte.

und Gigabyte-Preis (10,9 Cent) lagen im Mittelfeld. Der Ultra Dual Drive Luxe ist unter den kleinen Sticks der einzige, den man auch mit 1 Terabyte Kapazität bekommt.



Verbatim Dual USB-Stick

Lediglich 3 Gramm wiegt der winzige Dual USB-Stick, der kaum größer ist als seine beiden Stecker. Das Minigehäuse und der USB-A-Schaft bestehen aus einem Kunststoffstück. Erwartungsgemäß lieferte der Verbatim-Stick die schlechtesten Transferraten und benötigte zum Duplizieren des Filmorders 37-mal so lange wie der Patriot PVP30. Der Verbatim-Stick

Dank kleinem Kunststoffgehäuse wiegt der Verbatim Dual USB-Stick nur 3 Gramm.

war bei den IOPS ebenfalls weit hinten, allerdings beim Stromverbrauch weit vorn. Das Gigabyte kostet 18,8 Cent und ist damit recht teuer.



Verbatim Dual QuickStick

Mit Transferraten um 400 MByte/s spielt der zweite Stick von Verbatim in einer ganz anderen Liga, nämlich der von SSDs. In dieser ist er allerdings zum Beispiel dem bei gleicher Kapazität (256 GByte) gleich teuren (40 Euro) Konkurrenten von PNY deutlich unterlegen. Mit einer Länge von 8,2 Zentimetern gehört er zu den längsten Vertretern, mit 36 Gramm zu den schwersten. Die Leistungsaufnahme von maximal 1,4 Watt liegt hingegen

Kappe und Klappe kombiniert Verbatim an den Buchsen des Dual QuickStick.

im Mittelfeld. Der Drehverschluss über dem USB-C-Port lässt sich nicht vollständig wegrotieren und steht dadurch leicht mal im Weg. Man fragt sich, warum nicht auf beiden Seiten Kappen stecken.



Fazit

Das Angebot von USB-Sticks hat sich verändert und teilt sich nun in zwei Gruppen: Zur einen gehören die günstigen, aber eher langsamen Sticks traditioneller Art. Zur anderen kompakte SSDs in Stick-Form, die aber auch teurer sind. Allerdings bezieht sich das nicht auf den Preis pro Gigabyte, denn hier liegt keine der Gruppen vorn. Besonders gut hat uns der pfeilschnelle Viper Gaming PVP30 von Patriot ge-

fallen, der mit 1 Terabyte lediglich 80 Euro kostet. Wer 2 Terabyte braucht, kann zu dem ebenfalls sehr schnellen PNY Duo Link V3 greifen. Für Allerweltsaufgaben oder als Bootstick empfiehlt sich der kleine SanDisk Dual Drive Luxe mit 10,9 Cent pro Gigabyte oder der recht langsame Integral 360-C Dual mit 9,0 Cent/GByte. Die Finger lassen sollte man vom teilweise provozierend langsamen Intenso Twist Line sowie dem gemütlichen, aber trotzdem teuren Delock Speicherstick 54074. (jes) ct

**Ihre Meinung,
Zusatzmaterial, Webcode:**
ct.de/wptt

USB-A/C-Sticks

	Speicherstick 54074	360-C Dual	Twist Line	Kombo-Speicherstick	Viper Gaming PVP30	Duo Link V3	Extreme Pro Dual Drive	Ultra Dual Drive Luxe	Dual USB-Stick	Dual QuickStick
Hersteller	DeLock	Integral	Intenso	MediaRange	Patriot	PNY	SanDisk	SanDisk	Verbatim	Verbatim
Formatierung	FAT32	exFAT	FAT32	FAT32	exFAT	exFAT	exFAT	FAT32	FAT32	exFAT
GByte	64	256	32	512	1024	256	512	256	64	256
Größe formatiert (GByte)	62,5	249	31,1	497,7	1044,5	249,7	499,8	249,8	62,2	255,7
andere Größen	16, 32, 128, 256 GByte	16, 32, 64, 128 GByte	64, 128, 256, 512 GByte	16, 32, 64, 128, 256, 1024 GByte	512, 2048 GByte	512, 1024, 2048 GByte	1024, 2048 GByte	32, 64, 128, 512, 1024 GByte	32 GByte	128, 512, 1024 GByte
Maße	37 × 12 × 8 mm	34 × 12 × 8 mm	64 × 18 × 9 mm	70 × 18 × 9 mm	82 × 17 × 11 mm	77 × 18 × 11 mm	81 × 19 × 12 mm	46 × 13 × 9 mm	33 × 18 × 8 mm	82 × 18 × 11 mm
Gewicht	9 g	7 g	10 g	11 g	31 g	41 g	34 g	12 g	3 g	36 g
Gehäuse	Metall	Metall	Kunststoff	Kunststoff	Metall	Metall	Mischung	Metall	Kunststoff	Metall
Besonderheiten	nicht vollgasfest	nicht vollgasfest	nicht vollgasfest, rote LED	—	—	—	—	wird sehr heiß	nicht vollgasfest, Plastikschaft	Kappe im Weg
Cent pro GByte	37,5	9,0	23,4	13,3	7,8	15,6	14,3	10,9	18,8	15,6
Bewertungen										
Geschwindigkeit A/C	⊖/⊖	⊖/⊖	⊖/⊖	○/○	⊕⊕/⊕⊕	⊕⊕/⊕⊕	⊕⊕/⊕⊕	○/○	⊖⊖/⊖⊖	⊕/⊕
Preis-Leistungs-Verhältnis	⊖⊖	⊕	⊖	○	⊕⊕	⊕	⊕	⊕	⊖	○
Preis ab	24 €	23 €	7,50 €	68 €	80 €	40 €	73 €	28 €	12 €	40 €
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden — nicht vorhanden										

E-Books im heise Shop

Jetzt viele Titel als
ePub, mobi und PDF
erhältlich.

Sofort im Zugriff,
dauerhaft in Ihrem
Account gespeichert.

shop.heise.de/e-books



SD-Karten für das MacBook Pro

Interner SSD-Speicher ist sehr teuer und nachträglich aufrüsten unmöglich. Besitzt Ihr Rechner jedoch einen SD-Kartenslot, können Sie hierüber vergleichsweise günstig den Speicherplatz mehr als verdoppeln. Wir testen MicroSD-Karten ab einer Kapazität von 1 Terabyte, die mit dem passenden Adapter nicht aus dem MacBook herausragen.

Von **Johannes Schuster**

Viele MacBooks besitzen einen Steckplatz für Secure-Digital-Karten, aktuell MacBook Pro 14" und 16" (ab M1). In dem Slot kann man zum einen die Speicherkarten aus seinem Fotoapparat, seiner Überwachungskamera oder seiner Kameraldrone auslesen. Zum zweiten lässt er sich auch wie ein Wechselspeichereinschub verwenden. Noch beliebter dürfte aber eine dritte Einsatzmöglichkeit sein, nämlich die Bestückung mit einer dauerhaft verbleibenden Karte, um darauf Daten von der meist zu knapp bemessenen internen SSD auszulagern.

Zwar sind selbst schnelle MicroSD-Karten mit höchstens etwa 250 MByte/s viel langsamer als die internen SSDs der aktuellen MacBook Pros (über 2,5 GByte/s respektive über 5 GByte/s mit M-Pro- oder M-Max-Chip), aber für die Ablage privater Videos, Fotos, Musikdateien, Hörbücher, PDFs, Downloads und anderer platzgreifender oder selten gebrauchter Dokumente schnell genug. Mit ihren hohen Zugriffszeiten sind sie hingegen nicht als Arbeits- oder gar als Startvolumen geeignet. Zudem werden schnelle SD-Karten im Dauerbetrieb mit hohen Datenraten heiß und dann deutlich langsamer. Beim Abspielen von Musik oder einzelnen Transfers von Dateien bis 5 GByte und Pausen dazwischen ist das bei den guten Karten kaum zu merken, aber bei ständigem Zugriff sinkt auch bei ihnen das Tempo irgendwann. Wir haben deshalb auch mehrere Tests mit großen Dateien über 6 GByte durchgeführt.

Für diesen Test haben wir uns MicroSD-Cards bestellt, die mindestens 1 TByte fassen, zwei Modelle mit 2 TByte haben wir ebenfalls dabei. Zusätzlich haben wir eine kurze SD-Karte ins Teilnehmerfeld aufgenommen, die ohne Adapter genau in den Steckplatz der MacBooks passt. Sie besitzt ebenfalls eine Kapazität von 1 TByte. Die günstigsten im Test vertretenen Exemplare mit 1 TByte kosten 83 Euro.

Alle Teilnehmer in dieser Kapazität gehören der Gruppe mit UHS-I-Geschwindigkeit an. MicroSDs mit dem schnelleren UHS-II gibt es zur Zeit nur bis zu einer Größe von 256 GByte. Man muss sich also zwischen schnell oder groß entscheiden.

Verwirrend viele Standards

Die kleinen MicroSD-Karten entsprechen elektrisch ihren großen Brüdern, weshalb einerseits die Adapter nur eine Leiterverbindung herstellen müssen und andererseits dieselben Standards (etwa UHS-I, Class 10, U 3, A1 und V30) gelten.

Meist prangen auf den Kärtchen noch diverse Logos. Zum einen unterscheidet man zwischen SD

(Secure Digital) mit maximal 2 GByte, SDHC (High Capacity) mit höchstens 32 GByte und SDXC (Extended Capacity) mit maximal 2048 GByte Kapazität. Der kommende Standard SDUC soll sogar Karten mit bis zu 128 TByte erlauben. Zudem wird oft ein C-Symbol mit einem fast geschlossenen Kreis verwendet: Die Zahl darin (2, 4, 6 oder 10) gibt die Speed Class in MByte/s an. Dann findet man oft ein großes U für UHS-Speed mit einer Zahl in der Mitte: 1 steht für mindestens 10 MByte/s und 3 für minimal 30 MByte/s. Und schließlich legte die SD Association die Video Speed Class (mit V und einer Zahl) fest für konstante Schreibgeschwindigkeit von 6 bis 90 MByte/s (etwa V30). Auf manchen Karten findet sich auch ein A1 oder A2. Dies bezeichnet die Anwendungsleistungs-klasse. A1 garantiert 1500 Lesezugriffe und 500 Schreibzugriffe pro Sekunde. A2 steht für mindestens 4000 respektive 2000 Lese- und Schreibvorgänge, braucht aber spezielle Slots.

Neben den Geschwindigkeitsklassen mit ihren Minimalwerten gibt es zu allem Überfluss auch noch verschiedene Schnittstellen: Es fängt an mit dem 12,5 MByte/s schnellen Normal Speed, dann kommt High Speed mit 25 MByte/s und schließlich das heute häufige UHS-I mit 104 MByte/s sowie UHS-II mit 312 MByte/s. SanDisk hat zudem eine proprietäre Double-Data-Rate-Technik (DDR208) entwickelt, um mehr als 104 MByte/s bei UHS-I durchzusetzen. Das Verfahren wird inzwischen auch von vielen anderen Herstellern eingesetzt, um bis zu 180 respektive 250 MByte/s an Daten zu übertragen. Aber dieser Trick hat einen Haken: Das klappt nur mit speziellen Kartenlesegeräten und zum Beispiel nicht in den eingebauten SD-Schächten von Macs. Wir haben deshalb die MicroSD-Karten auch in einem DDR208-kompatiblen USB-Adapter gemessen.

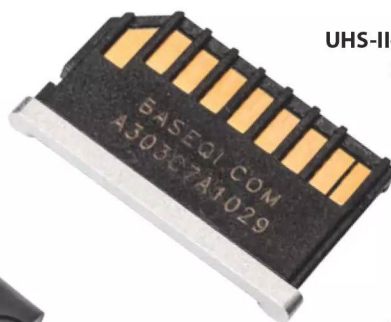
UHS-II-Karten lassen sich leicht an der zweiten Reihe mit Kontakten erkennen. Diese sind zum Erreichen der höchsten Geschwindigkeit nötig, die Karten funktionieren aber auch in Lesegeräten für UHS-I mit nur einer Kontaktreihe – dann begrenzt auf maximal 104 MByte/s. Ein Adapter für MicroSD-Cards mit UHS-II muss auch die beiden PIN-Reihen besitzen. Der SDXC-Kartensteckplatz der MacBook Pros ab 2021 unterstützt UHS-II, der Slot der Airs nur UHS-I.

Flash, aber keine SSD

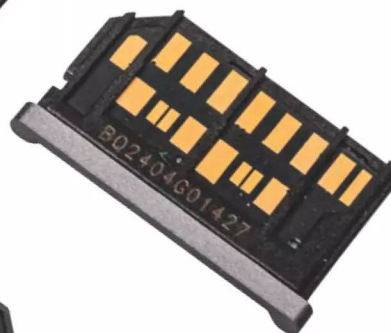
Intern arbeiten MicroSD-Cards mit übereinanderliegenden Flash-Dies von der Dicke eines menschlichen Haares und einem Controller, der denen von



Mit einem DDR208 kompatiblen Adapter lässt sich aus vielen UHS-I-Karten eine höhere Geschwindigkeit herausholen.



UHS-II-Karten sind von solchen mit UHS-I an der zweiten Reihe mit Kontakten zu unterscheiden.



SSDs ähnelt, aber einfacher aufgebaut und weniger robust ist. Sie unterstützen weder DRAM-Cache noch einen Trim-Befehl, der die Fragmentierung nach vielen Löschvorgängen beseitigt. Man sollte die Kartchen deshalb bei regem Gebrauch und sehr hoher Nutzung der Kapazität von Zeit zu Zeit frisch formatieren. Natürlich muss man die Daten dann vorübergehend irgendwo anders zwischenspeichern. Etwas Kapazität benötigt der Controller auch bei microSD-Cards für die Verwaltung, sodass der tatsächliche Speicherplatz nach der Formatierung etwas nach unten von der Bruttokapazität abweicht.

Passende Adapter

Natürlich lässt sich jeder Adapter für microSD-Karten, der genau die Form einer großen SD-Karte hat, im MacBook einsetzen. Da dieser genauso weit hervorsteht wie eine normal große SD-Karte, kann man allerdings auch gleich zu einer solchen greifen.

Besser eignen sich clevere Adapter wie die von BaseQi, die exakt in den Slot passen und nicht überstehen. Um sie wieder herauszuholen, benötigt man einen stabilen Fingernagel oder ein ähnlich geform-

Die Adapter von BaseQi passen bündig in den Schacht vom MacBook Pro 14" oder 16". Es gibt sie mit UHS-I und mit UHS-II (rechts).

tes Werkzeug, das man von oben in eine Mulde einführt und dann vorsichtig hebt.

Inzwischen gibt es die Adapter auch mit den zusätzlichen PINs von UHS-II (Typ SDA 420A), dann kosten sie stolze 48 Euro. Die einfachere Form mit UHS-I (Typ SDA 303A) geht für ebenfalls nicht gerade günstige 36 Euro über den Ladentisch. Für unseren Test haben wir beide ausprobiert und zu Vergleichszwecken eine schnelle microSD-Karte mit UHS-II vom Typ Kingston Canvas React mitgetestet (siehe Balkendiagramm), die es aber nur bis 256 GByte Kapazität gibt.

Im MacBook kaum Unterschiede

Alle Kandidaten kamen im MacBook Pro 14" mit M1 Pro auf Schreibgeschwindigkeiten von mindestens



Kioxias Exceria Plus G2 bringt eine Kapazität von 2 TByte zum günstigen Preis von 6,7 Cent pro GByte mit, ist aber nicht sehr schnell.



Lexars sehr teuer gewordene Play liegt geschwindigkeitsmäßig im Mittelfeld, bringt aber gute Werten beim Lesen.



Hohe Performance steht einem sehr hohen Preis bei Lexars Professional Silver gegenüber. Das GByte ist mit 14,4 Cent sehr teuer.

76 MByte/s mit dem Programm Blackmagic Disk Speed Test und auf mindestens 79 mit dem Terminal-Befehl dd bei Verwendung anderer Blockgrößen. Zugleich waren sie dabei nicht schneller als 80 respektive 85 MByte/s. Beim Lesen reichten die Transferraten mit DiskSpeed Test von 90 bis 91 sowie mit dd von 91 bis 92 MByte/s. Somit erreichen fast alle das Maximum des Leseegerätes.

Deutliche Unterschiede gab es lediglich bei der Zahl der Zugriffe auf zufällige Adressen, welche etwa für einen schnellen Start von Apps wichtig sind. Diese haben wir mit dem Programm AmorphousDiskMark bei Random Sequence 4 KiB QD 64 gemessen. Random Sequence bedeutet: zufällige Schreib- und Lesevorgänge auf der Karte, bei denen die Daten nicht am Stück angeordnet sind. 4 KiB steht für die verwendete

Speicherkarten für MacBooks ab 1 Terabyte

	Exceria Plus G2	Play	Professional Silver Plus	EVO Plus	PRO Plus	Extreme PRO	300S	High Endurance 350V	JetDrive Lite 330
Hersteller	Kioxia	Lexar	Lexar	Samsung	Samsung	SanDisk	Transcend	Transcend	Transcend
Kapazität	2 TByte	1 TByte	1 TByte	1 TByte	1 TByte	2 TByte	1 TByte	1 TByte	1 TByte
formatiert	1,98 TByte	1,00 TByte	1,02 TByte	1,03 TByte	1,03 TByte	2,05 TByte	1,00 TByte	1,00 TByte	1,00 TByte
Typ	microSDXC I	microSDXC I	microSDXC I	microSDXC I	microSDXC I	microSDXC I	microSDXC I	microSDXC I	kurze SDXC
UHS	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Speed Class	C10	C10	C10	C10	C10	C10	C10	C10	k.A.
Zugriffsklasse	A1	A2	A2	A2	A2	A2	A2	—	k.A.
U	U 3	U 3	U 3	U 3	U 3	U 3	U 3	U 3	k.A.
Video Speed Class	V30	V30	V30	V30	V30	V30	V30	V30	k.A.
Standardformat	ExFAT	ExFAT	ExFAT	ExFAT	ExFAT	ExFAT	ExFAT	ExFAT	ExFAT
Set mit	SD-Adapter	—	SD-Adapter	SD-Adapter	SD-Adapter	SD-Adapter	SD-Adapter	SD-Adapter	—
Bewertungen									
Schreiben	○	⊕	⊕⊕	⊕	⊕⊕	⊕⊕	○	○	⊖
Lesen	○	⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕	○	○	○
Zugriffsspeed	○	○	⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕	○	○	○	○
Preis-Leistung	⊕	○	○	⊕⊕	⊕⊕	⊕	○	○	○
Cent pro GByte	6,7	15,7	14,4	8,3	9,5	12,0	8,6	10,4	13,7
Preis (€)	133	157	144	83	95	239	86	104	137
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden — nicht vorhanden k.A. keine Angabe									



Mit 83 Euro für 1TByte (8,3 ct/GByte) kostet die Samsung EVO Plus am wenigsten, ohne dabei langsam zu sein.



95 Euro kostet die empfehlenswerte Samsung PRO Plus mit 1TByte (9,5 ct/GByte), sie ist noch etwas schneller als die EVO.



Für die 239 Euro teure SanDisk Extreme PRO mit 2 TByte (12,0 ct/GByte) spricht die hohe Lesegeschwindigkeit im USB-Adapter.

Blockgröße der Dateien von 4 Kibibyte (1 KiB sind 1000 Byte, während ein 1 Kilobyte 1024 Byte entspricht). QD 64 gibt die Warteschlangentiefe (Queue Depth) an, es können also bis zu 64 Schreib- und Leseanfragen gleichzeitig bearbeitet werden. Dies simuliert Aufgaben mit vielen gleichzeitigen Transfers

kleiner Datenblöcke, bei denen zum Beispiel SSDs viel besser abschneiden als Festplatten.

Bei Schreibzugriffen schnitt die Kioxia Exceria G2 mit einem Wert von 388 IOPS am schlechtesten ab; es ist auch die einzige Karte im Test mit der Zugriffsklasse A1 statt A2. Allerdings waren die drei

MicroSD-Karten-Geschwindigkeit

Karte	Hersteller		Disk Speed Write	dd Write	Aufkopieren	Disk Speed Read	dd Read	Runterkopieren	Duplizieren	IOPS Write	IOPS Read
(MByte/s)			besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶
Exceria Plus G2	Kioxia	intern ¹	80	84	87	90	91	96	93	388	3258
		DDR208-Adapter	88	89	92	93	89	99	91	397	2454
Play	Lexar	intern	79	82	85	90	91	96	91	716	2868
		DDR208-Adapter	119	122	125	151	152	158	134	626	2126
Professional Silver Plus	Lexar	intern	80	85	88	90	91	97	86	1407	3899
		DDR208-Adapter	145	149	147	157	159	165	145	1228	2128
EVO Plus	Samsung	intern	78	82	85	91	92	97	91	1648	4692
		DDR208-Adapter	118	119	116	156	158	165	132	1247	3180
PRO Plus	Samsung	intern	78	82	84	90	92	96	84	1387	4623
		DDR208-Adapter	135	136	138	159	159	165	145	1271	3115
Extreme PRO	SanDisk	intern	79	84	86	90	91	99	92	856	2432
		DDR208-Adapter	132	140	110	171	154	141	125	825	1967
300S	Transcend	intern	77	81	83	90	91	97	91	568	2907
		DDR208-Adapter	82	83	85	93	93	99	91	498	2175
High Endurance 350V	Transcend	intern	77	80	84	91	91	102	89	518	2959
		DDR208-Adapter	82	83	85	93	94	99	90	482	2187
JetDrive Lite 330	Transcend	intern	76	79	82	90	91	96	90	481	2754
		DDR208-Adapter	79	75	81	89	88	93	85	452	1769
Canvas React Plus (UHS-II)	Kingston	intern	206	219	221	193	236	265	223	505	3034
		DDR208-Adapter	204	230	221	173	218	200	213	584	2398

¹ unter Verwendung des internen SD-Kartenlesers im MacBook Pro M1 Pr



Die 300S von Transcend kostet mit 1 TByte 86 Euro (8,6 ct/GByte) und erzielte im Test eher durchschnittliche Ergebnisse.



Die 104 Euro teure High Endurance 350V von Transcend (10,4 ct/GByte) soll besonders robust sein, was wir aber nicht testen konnten.



Das JetDrive Lite 330 ist eine kurze SD-Karte, die nur wenige Millimeter aus dem Kartenschacht des MacBook Pro 14" heraussteht.

Kandidaten von Transcend mit Werten von 452 bis 498 IOPS hier auch nicht viel besser. Über 1000 IOPS schafften die Lexar Professional Silver Plus und die beiden Vertreter von Samsung.

In Sachen Lesezugriffen war SanDisk's Extreme PRO mit 2432 IOPS die langsamste, gefolgt vom Transcend JetDrive Lite 330 mit 1769. Über 3000 IOPS schafften die beiden Samsungs, Lexars Professional Silver Plus und die Kioxia.

Zugaben im USB-Adapter

In unserem DDR208-Kartenleser von Kingston zeigten einige kompatible MicroSD-Karten, wie schnell sie sein können. Beim Schreiben schafften die Lexar Play und Samsungs EVO Plus um 120 MByte/s. Über 130 MByte/s kamen Samsungs PRO Plus und SanDisk's Extreme PRO. Lexars Professional Silver Plus erzielte sogar über 140 MByte/s.

Beim Lesen gingen die Werte noch höher: Über 150 MByte/s erreichten jeweils beide Kandidaten von Lexar und Samsung sowie die MicroSD-Karte von SanDisk. Die Vertreter von Kioxia und Transcend hingegen wurden im DDR208-USB-Adapter kaum schneller.

Was UHS-II bringen kann

Um über den Tellerrand hinauszublicken, haben wir auch die Canvas React Plus mit UHS-II mitgetestet. Sie schaffte beim Schreiben über 200 MByte/s, beim Lesen bis zu 235 MByte/s. Bei den Zugriffen auf zufällige Adressen gehörte sie aber wiederum zu den langsameren. Alle Ergebnisse finden Sie in grafischer

Form aufbereitet im Diagramm unten. Dort finden Sie auch die Ergebnisse von Tests mit dem Finder: Wir haben einen 6,46 GByte großen Ordner von der SSD des MacBooks erst aufkopiert, dann auf der Karte dupliziert, wieder zurückkopiert und die Werte in MByte/s umgerechnet.

Fazit

Gut, dass Apple wieder einen SD-Slot in seine MacBook Pros einbaut, denn diesen Steckplatz können nicht nur Fotografen für ihre Bilddateien gebrauchen, sondern er lässt sich mit großen Speicherkarten auch als Festplattenersatz benutzen. Mit Kapazitäten bis 2 TByte fassen die MicroSD-Karten dabei mehr Daten als viele interne SSDs. Leider bieten diese großen SD-Karten mit UHS-I-Schnittstelle nur mäßiges Tempo, hier lohnt sich der Kauf eines Card-Readers mit DDR208 oder gleich einer SSD. Will man mehr Speed, muss man zu Karten mit UHS-II greifen und ist aktuell auf Kapazitäten von 256 GByte beschränkt. Besitzer eines MacBook Airs kommen mit dem verbauten Reader aber eh nicht über UHS-I-Geschwindigkeit hinaus.

Für den Gebrauch im MacBook bieten sich von den getesteten MicroSD-Karten vor allem die von Samsung an, da sie das beste Preis-Leistungs-Verhältnis besitzen. Mit der Kapazität von 2 TByte ist die Kioxia am günstigsten, aber nicht besonders schnell. Das JetDrive Lite 330 von Transcend liegt sowohl bei der Geschwindigkeit als auch preislich am unteren Ende, allerdings spart man sich die Kosten für den Adapter und erreicht zusätzlich eine Verbindung mit weniger Übergängen. (jes) **ct**

Ihre Meinung,
Zusatzmaterial, Webcode:
ct.de/wutk

Apple Watches 2025

Apple bringt frischen Wind in sein Smartwatch-Line-up. Drei erhalten 5G-Mobilfunk, zwei warnen vor Bluthochdruck und eine ruft per Satellit um Hilfe. Was taugen Apple Watch SE 3, Series 11 und die Ultra 3?

Von **Holger Zelder**

Mit der Apple Watch SE 3, Series 11 und Ultra 3 bringt Apple dezente, aber sinnvolle Updates. Verbesserte Bildschirme und schnellere 5G-Verbindungen stehen im Fokus – ganz ohne neue Sensoren. Dennoch kommen Gesundheit und Akkulaufzeit nicht zu kurz. Wir haben die Modelle im Test auf Alltagstauglichkeit geprüft.

Series 11

Das Standardmodell erfährt solide Modellpflege. Wie zuvor gibt es die Series 11 wahlweise mit einem Aluminium- oder einem Titangehäuse, die Kantenlänge liegt bei 42 oder 46 mm. Mit weiterhin 9,7 mm Dicke ist sie die dünnste Watch am Handgelenk. Das von uns getestete große Aluminiummodell bringt rund anderthalb Gramm mehr als die Series 10 auf die Waage, was aber nicht auffällt.

Bei den Alumodellen setzt Apple nun ein Ion-X-Glas ein, das doppelt so kratzfest wie zuvor sein soll.

Die Titan-Watches haben weiterhin Saphirglas, das bewährt vor Kratzern schützt, wie die Vorgänger bewiesen.

Das sehr gute LTPO3-Display lässt sich auch von der Seite leicht ablesen und leuchtet laut Apple bis zu 2000 cd/m² hell. Im Freien strahlte es laut unseren Messungen mit 1598 cd/m², beim Vorgänger (2000 Candela) konnten wir 1701 Candela messen. Das Always-On-Display ist in der Lage, die Bildwiederholrate auf 1 Hz zu reduzieren und so dauerhaft einen tickenden Sekundenzeiger anzuzeigen. Für manch einen ist das eine Spielerei, für andere macht das die Apple Watch erst zu einer richtigen Uhr. Die Funktion wurde bereits mit der Series 10 vorgestellt.

Im Inneren bleibt es beim S10-Chip, den Apple letztes Jahr eingeführt hat. Im Grunde handelt es sich um einen verkleinerten S9 von 2023. Bei Speicher, Lautsprecher und Mikrofon sowie den Gesundheitssensoren (siehe Tabelle am Ende des Artikels) gibt es keine Änderungen zum Vorgänger. Viele der



neuen Funktionen – etwa den Schlafindex – liefert watchOS 26 auch auf ältere Watches.

SE 3

Das nach drei Jahren neu aufgelegte Einstiegsmodell behält die Maße der SE 2 und besitzt weiterhin ein Gehäuse aus Aluminium mit 40 respektive 44 mm Kantenlänge. Mit 10,7 mm ist sie einen Millimeter dicker als die Series 11. Die größte Neuerung betrifft den Bildschirm: Der löst zwar weiterhin mit 368×448 Pixeln auf und wirkt im Vergleich zu den anderen Watches fast zierlich, doch erstmals besitzt die SE ein Always-On-Display. Bei Nichtgebrauch

dunkelt es sich auf 2 cd/m^2 ab. Die Uhrzeit bleibt aber weiterhin noch lesbar.

Die maximale Helligkeit gibt Apple mit 1000 cd/m^2 an, wir konnten bis zu 910 Candela messen. Das reicht noch aus, um die Uhrzeit bei herbstlicher Sonne zu entziffern, die größeren Watches strahlen aber merklich heller und lassen sich besser ablesen.

Auch im Inneren hat Apple die SE 3 überholt: Sie nutzt mit dem S10 den gleichen Chip (System in Package – SiP) wie die anderen Watches. Dadurch unterstützt die SE nun lokale Siri-Befehle und Handgesten wie den Doppeltipp oder die Drehbewegung (auch „Wrist flick“ genannt). Apple hat einen Temperatursensor eingebaut, der nachts die Körpertemperatur



Die Series 11 (Mitte) ist die dünnste der drei Watches.



Die Gesundheitssensoren der Ultra 3 (links) und der Series 11 (Mitte) sind identisch, der SE 3 (rechts) fehlt das EKG.

am Handgelenk misst. Über die Vitalzeichen-App erkennt man damit plötzliche Temperaturabweichungen, was auf einen möglichen Infekt hinweisen kann. Außerdem wird er zur Ovulationsbestimmung im Zyklusprotokoll herangezogen. Atemaussetzer im Schlaf (Schlafapnoe) soll die SE 3 jetzt ebenfalls erkennen.

Der Speicher verdoppelt sich von 32 auf 64 GByte, sodass noch mehr Platz für Musik und Podcasts bereitsteht. Die lassen sich nun auch über den Lautsprecher abspielen, wenn keine Kopfhörer zur Hand sind. Telefonate klingen durch die Stimmisolation des Mikrofons verständlicher als zuvor. Das WLAN funkt weiterhin nur im 2,4-GHz-Band. Im Vergleich zu den größeren Modellen fehlen der SE 3 die mit der Series 7 eingeführte Bildschirmtastatur, ein Ultrabreitbandchip zur iPhone-Ortung in der Umgebung, die Tiefenmessung zum Tauchen, das Einkanal-EKG sowie die Warnmitteilungen bei Bluthochdruck.

Ultra 3

Bei der Outdoor-Watch hat Apple die Bildschirmauflösung ein wenig erhöht: Statt mit 410×502 Pixeln löst sie nun mit 422×514 Pixeln auf. Die aktive Bildfläche wächst von 1185 mm^2 auf 1245 mm^2 . Damit hat die Ultra 3 wieder das größte Display. Das Gehäuse musste dafür nicht wachsen, Apple hat den schwarzen Displayrand um 24 Prozent geschrumpft. In der Praxis bietet das aber keinen großen Mehrwert.

Die Ultra 3 besitzt nun ein LTPO3-Panel. Gegenüber der Ultra 2 hat sich die Spitzenhelligkeit nicht verändert: Apple gibt diese weiterhin mit bis zu 3000 cd/m^2 an, wir kamen auf 1952 cd/m^2 im Freien. Die Ultra 2 strahlte im Test 1929 cd/m^2 . Ein Vorteil gegenüber dem älteren LTPO2-Display ist die bessere Ablesbarkeit von der Seite. Außerdem kann das Panel die Bildwiederholrate auf 1 Hz ändern. Dank

dieser Maßnahme tickt der Sekundenzeiger bei manchen Zifferblättern sogar bei inaktivem Bildschirm. Den S9-Chip hat Apple durch den ebenso schnellen S10 ersetzt. Gegenüber der Ultra 2 bringt das keine weiteren Änderungen.

Satellitennotruf

Die Ultra 3 erhält als erste Watch Satellitenfunk. Dieser ist wie beim iPhone dazu gedacht, bei Notfällen abseits von Mobilfunknetzen Hilfe zu rufen. Den Satellitenfunk startet man über das Kontrollzentrum oder den Smart-Stapel. Er funktioniert nur unter freiem Himmel. Der Verbindungsaufbau zu einem vorbeifliegenden Globalstar-Satelliten kann einige Minuten dauern. Die Ultra fordert während des Vorgangs dazu auf, die Anzeige zum Satelliten auszurichten. Nutzer geben über vorgefertigte Textblöcke an, um was für einen Notfall es sich handelt, und informieren darüber eine Leitstelle. Die Ultra 3 soll dabei auch via Satellit die eingerichteten Notfallkontaktpersonen benachrichtigen. Zudem lässt sich hierbei der Standort über „Wo ist?“ teilen. Erkennt die Watch einen Autounfall oder Sturz und ihr Träger reagiert nicht mehr, kann sie den automatischen Notruf nicht nur über das Mobilfunknetz, sondern auch über Satellit absetzen.

Obendrein lassen sich auf diesem Wege SMS und iMessages versenden. Diese Funktion gibt es derzeit allerdings nur in Kanada, Mexiko und den USA. Die Nutzung von Satellitenfunk ist zwei Jahre lang kostenfrei. Ob und welche Kosten anschließend anfallen, bleibt unklar.

5G-Mobilfunk

Die Mobilfunkversionen (auch GPS+Cellular genannt) erweitert Apple um 5G-Konnektivität. Die Watches setzen auf den Standard 5G RedCap, der Zusatz steht

für „Reduced Capability“. Hierbei handelt es sich um eine Variante des 5G-Standards, die speziell für Geräte mit kleinem Akku entwickelt wurde, also IoT-Geräte wie Sensoren, aber auch Wearables. Hohe Datenraten stehen bei 5G RedCap nicht im Vordergrund: die Download-Geschwindigkeiten liegen hier zwischen 10 und 100 MBit/s und sind dadurch mit 4G respektive LTE vergleichbar. Beim Streaming von Musik und Podcasts, bei FaceTime-Anrufen, aber auch beim Navigieren dürfte man keinen Unterschied bemerken. Vorteile liegen aber in der niedrigen Latenz und einer potenziell besseren Netzabdeckung bei geringem Stromverbrauch. Ist 5G nicht verfügbar, nutzen die Watches automatisch LTE.

Testen konnten wir die 5G-Verbindung mangels passender eSIM allerdings nicht. 5G RedCap war hierzulande bis Redaktionsschluss nur mit Laufzeitverträgen im Netz der Telekom verfügbar. Vodafone und O2 testen den Standard derzeit und dürften zeitnah nachziehen. Bis dahin funken die neuen Watches dort weiterhin über LTE.

Bluthochdruckwarnung

Series 11 und Ultra 3 bringen mit der Bluthochdruckwarnung eine neue Gesundheitsfunktion mit. Die Watch soll chronisch hohen Blutdruck (arterielle Hypertonie) erkennen, was als oftmals unerkannte Volkskrankheit gilt. Die Watches nutzen dafür den vorhandenen optischen Herzfrequenzsensor und einen speziellen Algorithmus. Anders als bei einem Blutdruckmessgerät liefert die Uhr keine konkreten systolischen und diastolischen Werte. Sie analysiert jeweils über einen Zeitraum von 30 Tagen, wie die Blutgefäße auf den Herzschlag reagieren – für mindestens 14 Tage muss man dafür die Uhr tagsüber tragen. Bei Anzeichen einer möglichen Hypertonie erhält der Träger eine Nachricht mit der Aufforderung, die Werte beim Arzt überprüfen zu lassen. Im Testzeitraum konnten wir noch keine Erfahrungen sammeln. Apple hat aber eine Zulassung der US-Gesundheitsbehörde FDA sowie diverser europäischer Pendanten erhalten. Für diese Funktion muss sich nicht jeder eine neue Uhr kaufen:



Series 9, 10 und Ultra 2 bekommen die Bluthochdruckwarnung per Software-Update.

Ein Quäntchen mehr Laufzeit

Bis zur Series 10 hat Apple die Batterielaufzeit „für den ganzen Tag“ mit bis zu 18 Stunden beziffert. Für die SE 3 gibt Apple weiterhin diesen Wert an. Bei der Series 11 hat Apple die Akkukapazität um 12 Prozent erhöht, bei der Ultra 3 immerhin um 6 Prozent. Die Series 11 soll nun 24 Stunden durchhalten, die Ultra 3 bis zu 42 Stunden. Die Steigerung von 33 respektive 17 Prozent will der Hersteller durch energieeffizientere Software erreicht haben. Allerdings zählt der Konzern bei seinen Laufzeitangaben jetzt die Stunden im Fokus-Modus „Schlafen“ dazu, der das Display abdunkelt, Benachrichtigungen abdreht und viel weniger Strom benötigt.

Im Test bei moderater Nutzung – mit kurzen Radfahreinheiten, zehnminütigen GPS-Spaziergängen, Nachrichtenversand und gelegentlichem Uhrzeitlezen – konnten wir die Werte bei aktiviertem Always-On-Display weitestgehend bestätigen. Die Series 11 (46 mm) hielt von Freitagnachmittag bis Samstagabend durch und musste erst nach 28 Stunden wieder ans Ladegerät. Die Ultra 3 hielt fast 45 Stunden durch. Die SE 3 (44 mm) musste nach gut 18 Stunden ans Netz.

Die größten Verbraucher bleiben, Bildschirm, Funkverbindungen und GPS-Tracking. Mit eingeschaltetem Always-On-Display und Helligkeit auf der niedrigsten Stufe verbrauchte die Series 11 während eines einstündigen Outdoortrainings knapp 15 Prozent. Bei der Ultra 3 waren es 9 Prozent, bei der SE 3 17 Prozent. Wer die Helligkeit weiter hochdreht, leert den Akku noch schneller.

Jede lädt schnell

Die mit der Series 7 eingeführte Schnellladetechnik hat Apple inzwischen auf alle Modelle ausgeweitet: Die Series 11 lud ihren

Ein SOS lässt sich jetzt auch per Satellit absetzen.

Apple Watches 2025

Modell	SE (3. Generation)	Series 11	Watch Ultra 3
Veröffentlichung	2025	2025	2025
Farben (Material)	Mitternacht, Polarstern (Aluminium)	Diamantschwarz, Space Grau, Silber, Rosé (Aluminium); Natur, Gold, Schiefer (Titan)	Natürlich, Tiefschwarz (Titan)
Maße	40 × 34 × 10,7 mm bzw. 44 × 38 × 10,7 mm	42 × 36 × 9,7 mm bzw. 46 × 39 × 9,7 mm	49 × 44 × 14,4 mm
Gewicht ohne Band	26,3 g (40 mm), 32,9 g (44 mm)	30 g (42 mm), 37,8 g (46 mm)	61,6 g (natur), 61,8 g (schwarz)
Schutzklasse	—	IP6X (Schwimmen, Staubschutz)	IP6X (Schwimmen, Staubschutz; 10 ATM), MIL-STD-810H-getestet
Wasserschutz	bis 50 Meter	bis 50 Meter	bis 100 Meter
Tauchen	—	bis 6 Meter	bis 40 Meter
Lautsprecher / Mikrofon	1 / 1	1 / 1	2 / 3
Chip	S10	S10	S10
WLAN / Bluetooth / Ultrabreitband	802.11b/g/n 2,4 GHz / Bluetooth 5.3 / —	802.11b/g/n 2,4 + 5 GHz / Bluetooth 5.3 / U2	802.11b/g/n 2,4 + 5 GHz / Bluetooth 5.3 / U2
Speicher	64 GByte	64 GByte	64 GByte
Familienkonfiguration	✓ (Cellular-Modelle)	✓ (Cellular-Modelle)	✓
Display	324 × 394 Pixel (40 mm), 368 × 448 Pixel (44 mm), LTPO-OLED	352 × 430 Pixel (41 mm), 396 × 484 Pixel (45 mm), LTPO3-OLED	422 × 514 Pixel, LTPO3-OLED
Always-On-Display	✓	✓	✓
max. Helligkeit laut Hersteller	1000 Nits	2000 Nits	3000 Nits
Gesundheitsfunktionen			
Herzfrequenzmessung optisch / elektrisch (EKG)	✓ (2. Generation) / —	✓ (3. Generation) / ✓	✓ (3. Generation) / ✓
Mitteilung bei unregelmäßigem Herzrhythmus	✓	✓	✓
Blutsauerstoffmessung	—	✓	✓
Bluthochdruck	—	✓	✓
Schlaf- / Schlafphasentracking / Schlafapnoe	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓
Ovulationsschätzung / Handgelenkstemperaturmessung	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Sturz- / Unfallerkennung	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Outdoor- / weitere Funktionen			
Positionsbestimmung / Mobilfunk	GPS, GLONASS, Galileo, QZSS / UMTS, LTE, 5G	GPS, GLONASS, Galileo, QZSS, BeiDou / UMTS, LTE, 5G	Dualband-GPS, GLONASS, Galileo, QZSS, BeiDou / UMTS, LTE, 5G
Wegpunkte setzen / Backtrack-Funktion	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
barometr. Höhen- / Wassertiefenmessung	✓ / —	✓ / ✓	✓ / ✓
Apple Pay / CarKey	✓ / ✓	✓ / ✓ ¹	✓ / ✓ ¹
Weiteres	lokales Siri, Doppeltipp, Drehgeste, Medienwiedergabe, Stimmisolation	genaue iPhone-Suche ¹ , lokales Siri, Doppeltipp, Drehgeste, Medienwiedergabe, Stimmisolation	programmierbare Taste, Sirene, genaue iPhone-Suche ¹ , lokales Siri, , Medienwiedergabe, Stimmisolation
Bewertungen			
Display, Bedienbarkeit	⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕
Ausstattung	⊕	⊕⊕	⊕⊕
Neupreis	ab 269 €	ab 449 €	ab 899 €
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden — nicht vorhanden k.A. keine Angabe ¹ über Ultrabreitband			

Akku innerhalb von 30 Minuten auf 80 Prozent. Die SE 3 benötigte dafür 45 Minuten, der dickere Ultra-3-Akku brauchte im Test für denselben Füllstand eine ganze Stunde.

Will man die Uhren des Nachts tragen, müssen sie nur kurz ans Netz: Die Series 11 und die Ultra 3

müssen laut Apple 5 Minuten auf dem Ladepuck verweilen, um acht Stunden lang den Schlaf zu tracken. Die SE 3 benötigt dafür 8 Minuten.

Zum Schnellladen benötigt man ein Netzteil mit Power Delivery. Apple empfiehlt hier eines mit 20 Watt Ladeleistung.

Varianten und Preise

Die Apple Watch Series 11 kostet im Aluminiumkleid wie gehabt ab 450 Euro. Das größere Display fordert 30 Euro Aufpreis, für Mobilfunk zahlt man jeweils 120 Euro mehr. Neben Rosé, Silber und dem glänzend-polierten Diamantschwarz führt Apple ein neues Space Grau im Programm, das wie ein dunkleres Silber wirkt.

Wie zuvor gibt es die Series 11 wahlweise mit Titangehäuse für 800 respektive 850 Euro, hier ist Mobilfunkunterstützung inklusive. Die Titanversion gibt es auch in einer teureren Hermès-Variante mit eigenen Armbändern und angepassten Zifferblättern.

Für die SE 3 ohne Mobilfunk ruft Apple 270 bis 300 Euro auf. Die Cellular-Variante kostet hier 50 Euro mehr. Die SE bietet Apple nur in den Farben Silber und Mitternacht an. Die Ultra 3 gibt es wahlweise

in schwarzem oder grauem Titan, sie kostet unverändert 900 Euro. Alle Titangehäuse fertigt Apple im materialsparenden 3D-Druck.

Fazit

Klarer Gewinner der diesjährigen Updates ist die Apple Watch SE 3: Vom Underdog hat sie sich mit neuem Chip und besserem Display zur Empfehlung für Einsteiger und preisbewusste Apple-Watch-Käufer gemausert. Die Ultra 3 profitiert vom größeren Display und dem Satellitenfunk.

Die Series 11 bleibt mit ihrem flachen Gehäuse und der längeren Laufzeit die erste Wahl für die meisten Watch-Käufer. Sie empfiehlt sich besonders für diejenigen, die das Einkanal-EKG benötigen oder von chronisch hohem Blutdruck betroffen sein könnten. Wer keinen 5G-Mobilfunk braucht, kann bei der Series 10 im Abverkauf sparen. (hze) **ct**

Ihre Meinung,
Zusatzmaterial, Webcode:

ct.de/wwxs



-mal intelligenter

30 %
Rabatt

Testen Sie jetzt das iX-Miniabo:

3 x iX als Heft und digital
statt 34,50 € für **nur 23,25 €**

Hier bestellen:



www.iX.de/rabe



www.iX.de/rabe



0511 / 647 22 888



leserservice@heise.de



AirPods Pro 3

Apple wertet die beliebtesten In-Ears mit neuem Sound, längerer Laufzeit, besserem ANC und einem zusätzlichen Sensor auf. Wir haben die AirPods Pro 3 getestet.

Von **Holger Zelder**

Die erste Generation der AirPods Pro klang gut und führte aktive Geräuschunterdrückung (ANC) ein. Beim Nachfolger verbesserte Apple viele Funktionen und rückte obendrein die Hörsundheit in den Fokus. Die AirPods Pro 3 sollen noch einen draufsetzen und integrieren einen neuen Herzfrequenzmesser für Workouts. Auf eine spannende Neuerung muss man jedoch hierzulande vorerst verzichten.

Aufbau

Die AirPods Pro 3 sind ein wenig schmaler als die Vorgänger. Sie besitzen ein glänzend weißes Kunststoffgehäuse mit einem kurzen Steg, der Mikrofone und eine klickbare Touchfläche zur Steuerung beherbergt.

Die AirPods Pro 3 ragen ein wenig weiter aus dem Ohr als ihre Vorgänger. Mit den passenden Aufsätzen halten sie dennoch ziemlich sicher. Die Ohrpolster liegen in fünf statt vormals vier Größen bei, erstmals gibt es eine XXS-Variante. Zudem sind sie nun mit Schaumstoff verstärkt. Dadurch sitzen sie fester im Ohr und dichten den Gehörgang stärker ab als zuvor. Auf ältere AirPods Pro passen die Polster nicht. Ein Ventil sorgt für einen Druckausgleich, sodass kein unangenehmes Abschottungsgefühl einsetzt.

Hülle und Hörer sind nach IP57-Schutzklasse gegen Schweiß, Staub und kurzes Untertauchen geschützt, die Vorgänger hat Apple noch mit IP54 (gegen Staub und Spritzwasser) eingestuft.

Bluetooth und H2-Chip

Die AirPods Pro 3 verbinden sich wie gehabt via Bluetooth 5.3. Auch beim Apple-Chip H2 handelt es sich



Die umgestülpten Ohrpolster verraten es: Im Gegensatz zum Vorgänger (links) ist der Aufsatz nun gerade (rechts) und sitzt dadurch fester im Ohr.

um einen alten Bekannten, ihn gibt es schon seit den 2022 vorgestellten AirPods Pro 2 und den AirPods 4. Er sorgt für eine schnelle Kopplung mit Apple-Geräten, die über denselben Apple-Account verbunden sind. Der H2 steuert die Geräuschunterdrückung und Transparenz. Er ermöglicht Funktionen wie den adaptiven Modus, der die Intensität des ANC an die Umgebung anpasst, sowie die Konversationserkennung. Beim Telefonieren filtert der Chip Nebengeräusche heraus und verbessert den Klang der Stimme. Außerdem sorgt er dafür, dass man die AirPods als Hörhilfe verwenden kann. Diese Funktionen beherrschen die AirPods Pro 2 ebenfalls.

Frischer Klang

Mit dem neuen Gehäuse hat Apple den Klang der Hörer überarbeitet. Die Treiber zeigen direkt in den Gehörgang, ein innen liegendes Mikrofon gleicht weiterhin die Musik mit dem Gehörgang ab und passt die Wiedergabe an.

Gegenüber den eher ausgeglichenen Vorgängern fällt die stärkere Betonung von Frequenzen unterhalb 150 Hz auf: Die AirPods Pro 3 spielen im Bassbereich dominanter auf und wirken lauter. Mit ausgewogenen Mitten gelingt den In-Ears eine natürliche Stimmwiedergabe. Bei den Höhen wirken sie stellenweise ein wenig schrill, weil sie Frequenzen ab 1,5 Kiloherz anheben. Das ist aber Meckern auf hohem Niveau; insbesondere bei elektronischer Musik und Hip-Hop, bei denen es auf bassbetonte

AirPods Pro 3 (In-Ear-Hörer mit ANC)

Hersteller: Apple

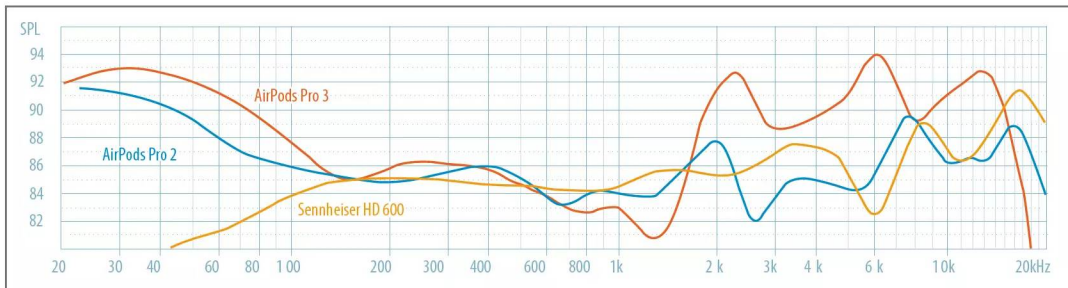
Maße: 30,9 × 19,2 × 27 mm (Hörer) / 62,2 × 47,2 × 21,8 mm (Hülle)

Gewicht: 5,6 g / 44 g

Lieferumfang: Ohrpolster (5 Größen)

Systemanforderungen: macOS ab 26, iOS ab 26, watchOS ab 26, tvOS ab 26, Bluetooth

Preis: 249 €



Die AirPods Pro 3 (rot) betonen tiefe Frequenzen und Höhen stärker als die Vorgänger (blau). So neutral wie unsere Referenz Sennheiser HD 600 (orange) klingen sie nicht.

„Loudness“ ankommt, gewinnen die neuen deutlich. Die Vorgänger waren etwas zurückhaltender, aber eher Allrounder für sämtliche Musikgenres. Dazu sei gesagt, dass sich die Wiedergabe über die Bedienungshilfen von iOS an den eigenen Geschmack anpassen lässt. In Streaming-Apps kann man weiterhin 3D-Audio aktivieren, um Tracks und Videos mit Dolby Atmos und Raumklang zu hören.

Überarbeitetes ANC

Bei der aktiven Geräuschunterdrückung zählten die AirPods Pro 2 bereits zur Oberklasse unter den In-Ears. Das ANC der AirPods Pro 3 soll zweimal so effektiv sein, verspricht Apple. Im Test bemerkten wir zumindest bei lauten Geräuschen wie Rasenmähern, Straßenlärm oder per Lautsprecher simuliertem Flugzeugrauschen keinen Unterschied. Bei Nebengeräuschen wie sprechenden Personen zeigten sich die AirPods Pro 3 ein wenig effektiver. Es lohnt sich allerdings, hier mit den Ohrpolstern zu experimentieren, da deren Sitz die Dämpfung stark beeinflusst.

Weiterhin gefiel uns im Test der sehr natürlich klingende Transparenzmodus, der Außengeräusche per Mikrofon ans Ohr weiterleitet.

Keine Live-Übersetzung hierzulande

Die AirPods Pro 3 greifen nun auf Apple Intelligence zurück und unterstützen Live-Übersetzungen. Dabei nehmen die Mikrofone das Gesagte des Gegenübers auf und übersetzen die Fremdsprache nach einer kurzen Zeit. So werden die Hörer zum Babelschiff. Die Live-Übersetzung läuft lokal auf dem gekoppelten iPhone ab dem 15 Pro. Das zeigt zugleich das Transkript auf dem Bildschirm an. Die Live-Übersetzung reicht Apple

per Firmware-Update auch auf den AirPods Pro 2 und AirPods 4 (siehe Seite 122) nach.

Bedingt durch den Dauerstreit mit der EU-Kommission sperrt Apple die Live-Übersetzung allerdings für EU-Apple-Accounts – solange man in der EU weilt. Ob und wann die Funktion hierzulande verfügbar sein wird, ist unklar.

Herzfrequenz

In den AirPods Pro 3 stecken optische Herzfrequenzmesser, die sich für Workouts nutzen lassen. Die Sensoren erfassen über Infrarot den Puls des Trägers (Photoplethysmographie). Ähnliches hat Apple-Tochter Beats bereits Anfang des Jahres in den Powerbeats Pro 2 (siehe Seite 128) eingesetzt. Der Sensor in den AirPods Pro 3 gibt laut Apple 256-mal pro Sekunde Infrarotlicht ab, um die Lichtabsorption des Blutstroms zu messen. Die Herzfrequenz lässt sich in Fitness-Apps abrufen, die Werte werden mit der Health-App synchronisiert. Das funktioniert beispielsweise in der Fitness-App, die in iOS 26 Trainings auf dem iPhone aufzeichnet. Die Werte waren im Test in etwa gleichauf mit denen der Powerbeats und der Apple Watch. Für sportliche Nutzer, die weder Watch noch Pulsgurt tragen wollen, könnte das eine gute Alternative sein. Die dauerhafte Überwachung anderer Vitalwerte ermöglicht der Sensor nicht.

Ortbare Ladehülle

Geladen werden die AirPods Pro 3 in ihrer Batteriehülle, in die man sie zum Transport steckt. Einen Knopf zum Zurücksetzen gibt es nicht mehr; wie bei den AirPods 4 tippt man dafür nun zwei-



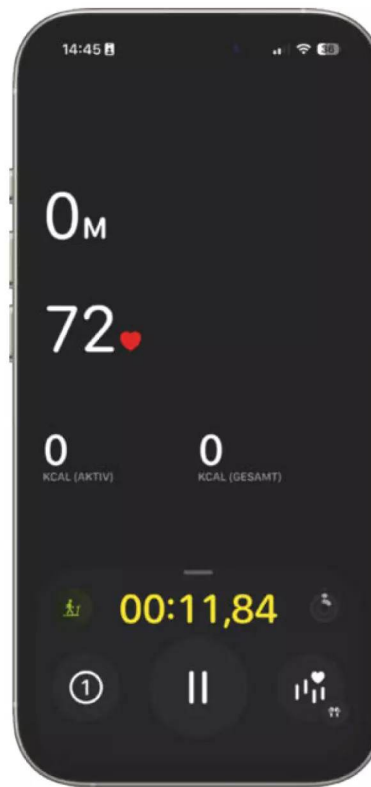
Der neue Sensor misst die Herzfrequenz per Infrarotlicht am Ohr.

mal auf die Hülle. Die besitzt weiterhin eine Öse für ein Trageband (Lanyard) und einen eingebauten Lautsprecher. Der spielt einen Suchton ab, wenn man die AirPods über Apples „Wo ist?“-Netzwerk sucht. Für die Suche hat Apple nun die aktuelle Version seines Ultrabreitbandchips namens U2 eingebaut. Er sorgt ab einem iPhone 15 dafür, dass sich die Reichweite der „Genauen Suche“ mit Richtungspfeil ein wenig erhöht. Im Test kamen wir im Büro auf gut 18 Meter, bei den Vorgängern mit U1 verschwand der Pfeil nach 13 Metern.

Die Hülle lädt weiterhin über USB-C, den Ladepuck einer Apple Watch oder induktiv via MagSafe respektive Qi. Ein Ladekabel liegt nicht mehr bei. Wer ein iPhone oder iPad besitzt, kann dessen Kabel verwenden und die AirPods direkt am Smartphone oder Tablet laden.

Akkulaufzeit

Die Akkulaufzeit will Apple gegenüber den Vorgängern gesteigert haben; statt 6 sollen die Hörer jetzt 8 Stunden mit einer Ladung bei aktiviertem ANC durchhalten, bei fünfzigprozentiger Lautstärke. Im Test im Büro kamen wir mit ANC sogar auf 10 Stunden. Nutzt man die Herzfrequenzmessung bei Work-



In der Fitness-App erscheint die Herzfrequenz während eines Trainings.

outs, sind es laut Apple immerhin noch 6,5 Stunden. Die Batteriehülle hält zwei volle Ladungen bereit, sodass man insgesamt auf bis zu 24 Stunden kommen soll. Die Vorgänger kamen zusammen auf bis zu 30 Stunden.

Die besten fürs Apple-Ökosystem

Mit den AirPods Pro 3 entwickelt Apple die beliebten In-Ears konsequent weiter. Sie klingen super, sitzen fester im Ohr, der Akku hält länger durch und das ANC arbeitet weiterhin hervorragend. Mit 250

Euro sind die AirPods Pro 3 zwar nicht billig, aber zumindest 30 Euro billiger als die Vorgänger beim Verkaufsstart – und ihren Preis allemal wert.

Wer eine eher neutrale Abstimmung sucht, sollte zu den AirPods Pro 2 greifen. Die hat Apple zwar aus dem Verkauf genommen, bei Händlern gibt es aber noch Restposten. Die Vorgänger erhalten durch ihren H2-Chip ebenfalls alle aktuellen Softwarefunktionen. (hze) **ct**

Ihre Meinung,
Zusatzmaterial, Webcode:

ct.de/wt1q

Datenkraken verstehen!

Schwachstellen aufdecken wie die Profis!

NEU im
heise
shop!



shop.heise.de/ct-hacking25



JETZT
Tools + Taktiken
kennenlernen



AirPods 4

Nicht nur das Pro-Modell, sondern auch die klassischen AirPods gibt es mit Geräuschunterdrückung. Wir haben die beliebten Ohrstöpsel mit ANC getestet.

Von **Holger Zelder**

Die AirPods waren beim Start 2016 zwar nicht die ersten True-Wireless-Hörer, aber schnell die erfolgreichsten auf dem Markt. Zumindest bis Apple mit den AirPods Pro den hauseigenen Marktführer vom Thron stieß. Mit den AirPods 4 hat Apple gleich zwei Hörer mit demselben Design und Namen im Angebot. Die günstigeren Ausführung tritt die AirPods-2-Nachfolge an. Die teurere Variante hebt sich durch aktive Geräuschunterdrückung (Active Noise Cancellation, ANC), induktives Laden und weitere Pro-Funktionen ab. Wir haben die Variante mit ANC getestet.

Bewährtes Design

Äußerlich ähneln die AirPods 4 mit ihrem Gehäuse aus weißem, glänzendem Kunststoff den AirPods 3

(siehe Mac & i Heft 6/2021, S. 42) stark. Die kugeligen Köpfe der Hörer sind etwas kürzer und mit der Öffnung leicht schräg nach unten ausgerichtet. In den Stegen sitzen ein Mikrofon und ein Drucksensor zur Steuerung (dazu gleich mehr). Gegenüber den Vorgängern hat Apple den Tragesensor etwas anders positioniert. Dieser erkennt, ob die AirPods gerade im Ohr stecken. Apple gibt an, dass das Design auf Analysen „tausender verschiedener Ohrformen“ basiert. Über Foto- und Laserscans will der Konzern über 50 Millionen Datenpunkte gesammelt haben, um das Design zu optimieren.

Tatsächlich sitzen die AirPods 4 wie ihre Vorgänger locker im Ohr und drücken auch nach mehreren Stunden nicht – ganz im Unterschied zu manchen In-Ears mit Silikonpassstücken, die nicht jedermanns Sache sind. Die AirPods fühlen sich ziemlich luftig an und



Die AirPods 4 ähneln ihren Vorgängern (links) stark. Apple hat das Design nur leicht verändert und Sensoren neu positioniert.



Die Batteriehülle der AirPods 4 (rechts) ist kleiner als beim Vorgänger.

kapseln ihren Träger nicht von der Umwelt ab. Das macht sie interessanter für diejenigen, die sie im Straßenverkehr tragen wollen. Allerdings sitzen sie auch nicht ganz so fest im Ohr. Wer bisher mit älteren Modellen gut zurechtkam, wird auch die AirPods 4 gut tragen können. Die meisten unserer Redakteure hatten zwar kein Problem mit dem Sitz, bei manchen Kollegen rutschte aber ein Hörer aus dem Ohr, wenn sie den Kopf schnell zur Seite drehten. Zumindest ist uns das im Test ein paar Mal passiert. Obendrein sollen die neuen etwas robuster als die alten sein: Gemäß IP54-Norm widerstehen Hülle und Hörer nun Staub, Schweiß und Wasser. AirPods 3 sind lediglich schweiß- und wasserresistent (IPX4).

Während die Hörer so groß wie die Vorgänger sind, hat Apple die Ladehülle um rund 4 Millimeter in der Breite geschrumpft. Das klingt nicht nach viel,

sieht aber deutlich kleiner aus und macht sich auch in der Tasche bemerkbar. Die Hülle der AirPods 4 hat zudem keine Konfigurationstaste auf der Rückseite mehr. Wer sie mit einem neuen Gerät koppeln oder einen Dialog bestätigen muss, erledigt dies stattdessen per Doppeltipp auf die Hülle. Auch der Reset erfolgt mit drei Doppeltipps hintereinander.

Vertrautes Handling

Beim Handling verhalten sich die AirPods 4 so wie andere Apple-Modelle: Öffnet man die Ladehülle neben einem iPhone, koppeln sich die Hörer schnell via Bluetooth 5.3 und stehen auf jedem Apple-Gerät zur Verfügung, das denselben Apple-Account verwendet. Echtes Multipoint, bei dem die Kopfhörer gleichzeitig mit zwei Zusppielern verbunden sind,

In den iOS-Einstellungen lassen sich die AirPods 4 konfigurieren.



AirPods 4 (In-Ear-Hörer)

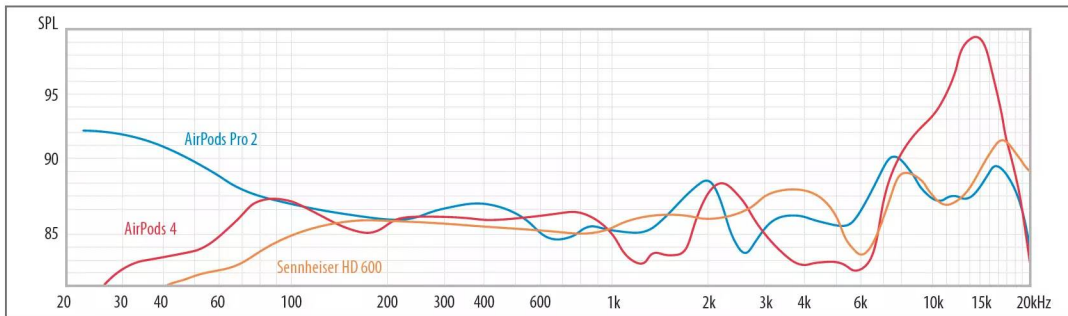
Hersteller: Apple

Maße: 30,2 × 18,3 × 18,1 mm (Hörer) / 50,1 × 46,2 × 21,2 mm (Hülle)

Gewicht: 4,3 g / 32,3 bzw. 34,7 g (mit ANC)

Systemanforderungen: macOS ab 15, iOS ab 18, watchOS ab 11, tvOS ab 18, Bluetooth

Preis: 149 € (ohne ANC) / 199 € (mit ANC)



Die AirPods 4 (rot) ähneln beim Klang den AirPods Pro 2 (blau), sind aber nicht so neutral abgestimmt wie unsere Referenz Sennheiser HD 600 (orange). Bei den tiefen Frequenzen haben sie weniger Reserven, in den Höhen um 15 kHz sorgt die offene Bauweise für Ausreißer.

beherrschen die AirPods nicht. Auf Apple-Geräten sind sie jedoch tief in das System integriert und lassen sich dort über die Einstellungen oder das iOS-Kontrollzentrum konfigurieren. Mit Android-Geräten kann man die AirPods 4 zwar auch koppeln, aber die Bedienung nicht anpassen.

Im Steg sitzt wie zuvor ein Drucksensor, der die Headset-Steuerung (Play, Pause, Mediensteuerung, Siri, Anrufe annehmen und ablehnen) übernimmt, aber auch das ANC an- und abschaltet. Der Sensor unterscheidet zwischen kurzem und langem Drücken. Allerdings fehlt die nützliche Streichgeste der AirPods Pro 2 und AirPods Pro 3 (siehe Seite 118), um die Lautstärke zu verringern oder zu erhöhen. Das Sprachassistenzsystem Siri reagiert wie zuvor auf einen langen Tastendruck, ein gesprochenes „Hey Siri“ oder neuerdings auch nur auf „Siri“.

Ein bisschen Pro dank H2

Statt des alten H1-Chips steckt Apple den H2 in die AirPods 4. Er bietet neben der oben genannten Drahtloskopplung auch eine geringe Latenz, Klangoptimierung und ein paar Funktionen, die bislang nur die AirPods Pro 2 beherrschten. So registrieren die AirPods 4 über die „Konversationserkennung“, ob ihr Träger spricht. Dann senken die Hörer die Lautstärke während eines Gespräches ab und heben sie anschließend wieder an. Auch unterstützen sie die neuen Siri-Interaktionen. Damit lassen sich Siri-Anfragen wie eingehende Anrufe mit einem Kopfnicken annehmen oder per Kopfschütteln ablehnen. Das klappte grundsätzlich, man muss den Kopf dabei aber stark schütteln, damit die Gesten erkannt werden. Die Bewegungen registrieren die AirPods 4 über die eingebauten Beschleunigungssensoren. Darüber funktioniert wie gehabt auch personalisiertes 3D-Audio mit Kopfverfolgung, sofern man entspre-

chend aufbereitete Medien hört. Dann passen die AirPods den Klang an, wenn man etwa beim Film schauen auf dem iPad den Kopf zur Seite dreht und der Sound aus der Richtung des Tablets kommt. Anders als die AirPods Pro 2 und 3 werden die AirPods 4 allerdings kein Update erhalten, mit dem man sie als Hörhilfe nutzen kann.

Gute Geräuschunterdrückung

Als erste Apple-Hörer mit Open-Ear-Design beherrschen die AirPods 4 aktive Geräuschunterdrückung und versuchen, Umgebungsgeräusche mit Gegenschall zu neutralisieren. Vom Design her sind die Hörer im Nachteil, da sie keine Silikonstopfen haben, die das Ohr vor der Außenwelt abdichten. Trotzdem schlagen sich die AirPods 4 erstaunlich gut: Das Brummen einer Teichpumpe vor dem Verlagsgebäude verschwand mit aktiviertem ANC, sowohl mit als auch ohne Musikwiedergabe. Die AirPods 4 blenden Lärm allerdings längst nicht so effektiv aus wie die AirPods Pro 2 oder gar die AirPods Pro 3. Um die Geräuschkulisse in der Bahn oder im vollen Büro zumindest abzusenken, taugen sie aber durchaus. Die AirPods 4 bieten ebenfalls die adaptive Geräuschunterdrückung, die das ANC an die Umgebung anpasst.

Ausgezeichnet funktioniert der Transparenzmodus, der Umgebungsgeräusche ans Ohr durchlässt. Während andere Hörer hier oft blechern klingen, hört sich der Modus bei den AirPods 4 sehr natürlich an. Allerdings hilft auch das offene Design der Hörer dabei ungemein. Der Modus lässt sich außerdem mit der Konversationserkennung kombinieren.

Frischer Klang

Im Inneren wurden die AirPods grundlegend renoviert. Apple spricht von einer neuen Audioarchitektur

CODE IST MEINE SPRACHE. UPDATES SIND SMALLTALK!



Jetzt 5x c't lesen

für 20,25 €
statt 29,90 €*

* im Vergleich zum Standard-Abo

**30%
Rabatt!**



c't MINIABO DIGITAL AUF EINEN BLICK:

- 5 Ausgaben digital in der App, im Browser und als PDF
- Inklusive Geschenk nach Wahl
- Mit dem Digitalabo  Geld und Papier sparen
- Zugriff auf das Artikel-Archiv

Jetzt bestellen:

ct.de/smalltalk



und setzt einen verbesserten Treiber ein, der besonders verzerrungsarm sein soll. Tatsächlich erinnern die AirPods 4 an ihre Vorgänger, was keinesfalls schlecht ist. Ihnen gelingen erstaunlich tiefe Frequenzen und sie geben kräftige Bässe wieder, ohne dabei zu übertreiben. Stimmen wirken präsent und klar. Zwar halten sie nicht ganz mit den AirPods Pro 2 mit, die durch ihre Silikonpolster den Gehörgang vollends abdichten, für offene Ohrhörer ist das Ergebnis aber ziemlich beeindruckend.

So ausgewogen wie die AirPods Pro 2 (siehe Heft 5/2022, S. 22) oder unsere neutral abgestimmte Kopfhörerreferenz Sennheiser HD 600 klingen die AirPods 4 nicht. Insgesamt ist der Sound eher warm und angenehm gehalten.

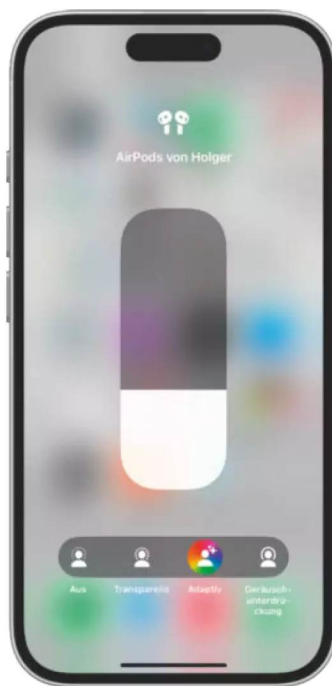
Die Audioabstimmung lässt sich wie bei anderen Apple-Hörern in den iOS-Einstellungen unter „Bedienungshilfen > Audio & Visuelles > Kopfhöreranpassungen“ etwas verändern. Hier kann der Nutzer auch ein Audiogramm hinzufügen, um den Klang auf den Träger abzustimmen, einen Equalizer mit manuellen Feineinstellungen oder Ähnliches gibt es aber nicht.

Stichwort Klangqualität: Die eingebauten Mikrofone hören sich beim Telefonieren besser an, zumindest ein wenig. Beide Versionen der AirPods 4 beherrschen nun die Stimmisolation, wie schon andere Apple-Geräte. Die Funktion filtert Nebengeräusche heraus, sodass man die Stimme besser versteht.

Laufzeit, Ladehülle und Induktion

Die Laufzeit liegt laut Apple bei fünf Stunden ohne Geräuschunterdrückung. Schaltet man das ANC an, reduziert sich die Laufzeit auf vier Stunden, jeweils bei fünfzigprozentiger Lautstärke. Für Telefonate und Videokonferenzen gibt Apple bis zu viereinhalb Stunden Laufzeit an. Die Ladehülle erlaubt fünf weitere Aufladungen der Ohrstöpsel, sodass man auf insgesamt 30 Stunden kommen soll. In unseren Tests kamen wir mit aktiviertem ANC auf rund vier Stunden pro Ladung.

Die Hülle hat einen USB-C-Port und kann bei der ANC-Version obendrein induktiv laden: Entweder per MagSafe, über Qi oder am Ladepuck einer Apple Watch. An einem MagSafe-Lader haften sie allerdings nicht magnetisch, am Watch-Puck allerdings sehr wohl. Obendrein hat Apple hier einen kleinen Lautsprecher eingebaut. Vergessliche wird das freuen, denn darüber lässt sich ein Suchton abspielen, wenn man die Hülle verlegt hat. Außerdem piepst die Hülle



Den Modus der Geräuschunterdrückung regelt man komfortabel über das iOS-Kontrollzentrum.

charmant, wenn man sie zum Laden einsteckt. Die Töne kann man auch abschalten. Leider hat Apple keinen Ultrabreitband-Chip eingebaut, um das Akkukästchen mit einem iPhone auf wenige Zentimeter genau orten zu können. Wer sich für die AirPods 4 ohne ANC entscheidet, muss bei der Hülle auf das induktive Laden sowie den Lautsprecher verzichten. Ein Ladekabel liegt den AirPods 4 nicht mehr bei.

Fazit

Die AirPods 4 sind ein gelungenes Update für Apples Kopfhörerpalette. Sie sitzen angenehm im Ohr und klingen sehr gut. Der Aufpreis für ANC, Induktionshülle und Pro-Funktionen ist definitiv 50 Euro wert. Schwieriger wird es für diejenigen, die zwischen AirPods 4 und AirPods Pro 2 oder den AirPods Pro 3 schwanken: Zwar kosten die Pro-Modelle mehr, sie klingen allerdings noch besser und bringen das effektivere ANC sowie mehr Funktionen wie Hörhilfe, UWB-Chip oder die Lautstärkesteuerung am Steg mit. Wenn man aber luftige Hörer bevorzugt und dafür kleinere Abstriche beim Sound und der Geräuschunterdrückung in Kauf nimmt, sind die AirPods 4 die perfekten Begleiter für Apple-Geräte. (hze) **ct**

**Ihre Meinung,
Zusatzmaterial, Webcode:**
ct.de/w55z

betterCode()



Kotlin 2026

Die heise-Konferenz zu Kotlin

24. und 25. Februar 2026 • Online

Eine Programmiersprache, zwei Tage

Der erste Tag zeigt dir, wie du die **neusten Features** von Kotlin und Android erfolgreich für die **Mobile-Entwicklung** einsetzt.

Der zweite Tag bietet **Deep Dives** in die Softwareentwicklung mit Kotlin in Back- und Frontend – von **KI** bis **Koroutinen**.

kotlin.bettercode.eu

Jetzt
Frühbuche-
tickets
sichern!

Workshops zu Testing, Funktionale Programmierung und Ktor

Veranstalter



 dpunkt.verlag

Powerbeats Pro 2

Die In-Ears von Beats halten beim Training sicher im Ohr und bieten aktive Geräuschunterdrückung sowie Herzfrequenzmessung.

Von **Holger Zelder**

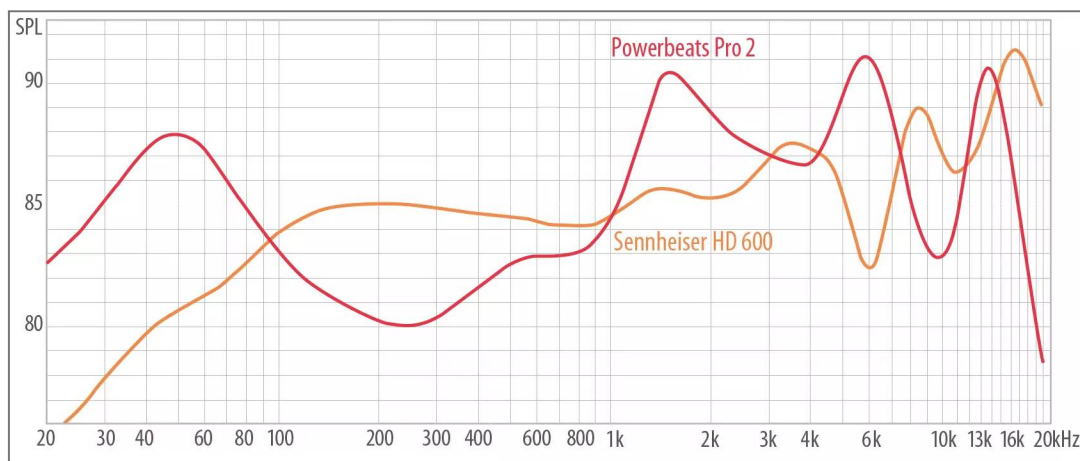
Die 2019 vorgestellten Powerbeats Pro waren nicht nur beliebte Sportohrhörer, sondern auch die ersten True-Wireless-Hörer der Apple-Tochter Beats. Die Nachfolger reichen nicht nur längst überfällige Funktionen wie Active Noise Cancelling (ANC) nach, sondern erfassen beim Training die Herzfrequenz. Doch der Reihe nach.

Haken dran

Wie ihre Vorgänger haben die Powerbeats Pro 2 große, flexible Ohrbügel, die für einen sicheren Halt sorgen. Der Hersteller hat das Design deutlich ver-

schlankt, größer als AirPods Pro sind die Sportler dennoch.

Das Einsetzen gerät durch die Haken gewöhnungsbedürftiger als bei anderen In-Ears: Die Powerbeats steckt man sich zunächst ins Ohr und dreht sie dann ein wenig, sodass die Haken hinter dem Ohr klemmen. Die Bügel unter einem Fahrradhelm aufzusetzen, ist fummelig, Brillenträger stört der Bügel womöglich ebenfalls. Über Wippschalter, die sich auf jedem Hörer befinden, lässt sich die Lautstärke bequem verändern. Unter den Beats-Logos auf jedem Hörer befindet sich zudem eine weitere Taste, die etwa das ANC umschaltet oder Anrufe annimmt.



Gegenüber unserer Referenz Sennheiser HD 600 (orange) betonen die Powerbeats Pro 2 (rot) vor allem die tiefen Frequenzen, bleiben jedoch bei den Mitten zurück.



Powerbeats Pro 2 (In-Ear-Hörer mit Bluetooth)

Hersteller: Beats

Maße: 4,5 × 4,1 × 2,4 cm (Hörer) / 7,5 × 6,6 × 3,4 cm (Hülle)

Gewicht: 8,7 g (Hörer) / 69 g (Hülle)

Farben: Schwarz, Grau, Violett oder Orange

Lieferumfang: Ladehülle, Ohrpassstücke (5 Größen)

Systemanforderungen: macOS ab 15, iOS ab 18.3, Android ab 9

Preis: 299,95 €

Die Hörer sind schweiß- und spritzwassergeschützt nach IPX4-Zertifizierung. Beats legt Passstücke aus Silikon in fünf unterschiedlichen Größen bei. Im Test saßen die Powerbeats Pro 2 bequem und verrutschten beim Sport nicht. Allerdings ragen ihre Gehäuse weit aus dem Ohr heraus und sind so deutlich anfälliger für störende Windgeräusche als kleinere In-Ears. Unter Mützen lassen sie sich nicht dezent verstecken.

Drahtlosfunktionen

Die Hörer kommunizieren via Bluetooth 5.3 mit ihrem Zuspeler und nutzen den AAC-Codec. Im Unterschied zu anderen Modellen wie den Studio Buds+

oder den Solo Buds setzt Beats mit dem H2 wieder einen Apple-Chip ein, der auch in den AirPods Pro 2 und AirPods 4 steckt. Er sorgt nicht nur für eine schnelle Kopplung mit allen Geräten, die denselben Apple-Account verwenden; er verbessert ebenso das ANC und die Tonqualität. Über die Funktion „Audio teilen“ streamt ein iOS-Gerät auf Wunsch an zwei Paar Beats- oder Apple-Hörer gleichzeitig Musik. Die Powerbeats lassen sich über Apples Wo-ist-Netzwerk aufspüren, die genaue Suche mit Richtungspfeil beherrschen sie jedoch nicht.

Im Zusammenspiel mit einer Vision Pro geben die Powerbeats Pro 2 drahtlos verlustfreies (Lossless) Audio mit geringer Latenz wieder. Das können sonst nur die AirPods Pro mit USB-C und AirPods Pro 3.

Den Powerbeats fehlt jedoch Apples Funktion, die AirPods Pro zur Hörhilfe macht.

Trotz Apple-Chip sollen die Powerbeats Pro 2 auch gut mit Android-Geräten zusammenarbeiten, was wir allerdings nicht ausprobiert haben. Neben Fast Pairing unterstützen sie die Gerätesuche (Find Hub) über Google. Zur Konfiguration ist die Installation der kostenfreien Beats-App sowie Android ab 9 erforderlich.

Klang und ANC

Anders als die Vorgänger beherrschen die Powerbeats Pro 2 eine aktive Geräuschunterdrückung sowie einen Transparenzmodus, der Geräusche außerhalb des Kopfhörers durchlässt. Das ANC ist auf einem ähnlich hohen Niveau wie das der AirPods Pro 2 und kommt ohne störendes Grundrauschen aus. Der Transparenzmodus ähnelt ebenfalls dem der Apple-Hörer. Allerdings fehlt den Beats ein adaptiver Modus, der die Intensität an die Umgebung anpasst.

Beim Klangdesign gibt es Ähnlichkeiten zu den Apple-Hörern: Die Powerbeats wirken in den Höhen und Mitten ähnlich ausgewogen wie die AirPods Pro 2, betonen die Bässe jedoch deutlich stärker. Unangenehm klingt das nicht, beim Sport darf es auch gerne etwas lauter krachen.

Die Powerbeats haben neben den nach außen gerichteten Mikrofonen auch ein nach innen gerichtetes Mikrofon in jedem Hörer. Das unterstützt zum einen das ANC und den Transparenzmodus. Schaltet man die Modi ab, aktivieren die Hörer einen adaptiven Equalizer, der die Höhen und Mitten an die Umgebung anpassen soll. Große Unterschiede fielen uns allerdings nicht auf.

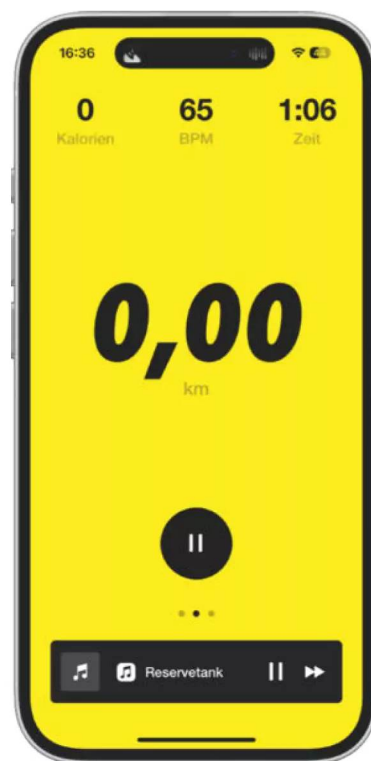
Ähnlich wie die AirPods Pro 2 beherrschen die Mikrofone der Powerbeats Pro 2 die Funktion „Stimmisolation“, die störende Nebengeräusche beim Telefonieren reduziert. Das sorgt zwar nicht für Studioklang, bei Telefonaten wird man aber auf der Gegenseite deutlich besser verstanden.

Herzfrequenz

In den Powerbeats stecken optische Sensoren, die ähnlich wie in der Apple Watch mit Photoplethysmographie (PPG) arbeiten: Wenn sie aktiv sind, pulsiert eine LED über 100-mal in der Sekunde und trifft durch die Haut auf rote Blutzellen. Die Sensoren ermitteln anhand des von den Zellen reflektierten Lichts die Herzfrequenz des Trägers. Ein eingebauter Beschleunigungsmesser soll Fehler korrigieren, falls



Unter iOS wird der Herzfrequenzmesser direkt eingeschaltet, in den Einstellungen kann man ihn deaktivieren.



Die Messung funktioniert nur während Trainings. Wer seine Ruheherzfrequenz erfassen will, muss zwangsweise einen Workout per App starten.

die Hörer bei Bewegung verrutschen. Andere In-Ears wie Sennheisers Momentum Sport können solche Messungen auch durchführen; während die Konkurrenz aber nur einen Sensor pro Hörerpaar einsetzt, steckt in jedem Beats-Hörer ein eigener. Allerdings verzichtet die Apple-Tochter auf die Temperaturmessung im Ohr, anders als die oben genannten Sennheiser.

Die Herzfrequenzmessung schalten Nutzer in den iOS-Einstellungen oder in der Beats-App (Android) ein oder aus. Die Sensoren springen unter iOS jedoch nur an, wenn man ein Training auf dem iPhone startet. Sobald man das Training beendet, schalten sich die Sensoren ab. Trägt man zeitgleich eine

Apple Watch, wird der Herzfrequenzsensor der Smartwatch bevorzugt und der im Ohr nicht berücksichtigt.

Zum Start klappt die Messung nur mit einer Handvoll Apps: Beats listet etwa Slopes, Runna oder die Peloton-App auf. Diese benötigen Zugriff auf die Health-Daten und speichern die Messdaten nach dem Training dort. Im Test mit der unterstützten App Nike Run Club funktionierten die Sensoren auf Anhieb. Sie lieferten ähnliche Werte wie der Pulsmesser einer Apple Watch Series 10, lagen aber mal zwei Schläge über der Smartwatch, mal leicht darunter. Später sollen die Powerbeats mit weiteren Apps zusammenarbeiten, die auf die Herzfrequenz in Health zugreifen können. Ab iOS 26 funktioniert die Messung auch mit Trainings in Apples Fitness-App auf dem iPhone.

Wer im Fitnessstudio an Geräten trainiert, die sich via Bluetooth mit Pulsmessern verbinden, kann dort seine Powerbeats Pro 2 koppeln. Das funktioniert mit den neueren AirPods Pro 3 (siehe Seite 118) nicht.

Ihre Meinung, Zusatzmaterial, Webcode:

ct.de/weqq

Laufzeit und Laden

Die Batteriehülle hat Beats laut eigenen Angaben um 33 Prozent gegenüber dem Vorgängermodell geschrumpft, sie ist somit hosentaschenfreundlicher

als zuvor. Allerdings ist sie immer noch etwa anderthalbmal so groß wie die Hülle der AirPods Pro und etwas dicker. Wo zuvor ein Lightning-Port residierte, ist nun eine USB-C-Buchse eingebaut, ein Ladekabel gehört nicht zum Lieferumfang. Außerdem lädt die Hülle nun induktiv via Qi. An Apples MagSafe-Ladern tanken die Beats zwar auch auf, haften jedoch nicht magnetisch.

Die Akkulaufzeit gibt Apple mit bis zu acht Stunden an, wenn man ANC oder Transparenzmodus aktiviert, was sie im Test locker schafften. Ohne ANC sind es laut Hersteller bis zu zehn Stunden. Das LadeCase hält noch dreieinhalb weitere Ladungen bereit, sodass man auf 36 respektive 45 Stunden kommt.

Unterm Strich

Die Powerbeats Pro 2 sind größer als die AirPods Pro geraten und fummeliger ins Ohr einzusetzen. Dafür halten sie sicher und klingen hervorragend. Die Herzfrequenzmessung ist eine nette Ergänzung, aber uninteressant, wenn man etwa eine Apple Watch besitzt. Wer beim Training aber weder Smartwatch noch Pulsgurt tragen will, muss nicht auf die Puls-messung verzichten. Der gute Klang, das sehr gute ANC und die lange Laufzeit machen die Hörer zu prima Trainingspartnern. (hze) **ct**

Das bisschen Haushalt...

... machen ab jetzt Ihre smarten Helfer

Jetzt loslegen!



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

heise shop

11 Over-Ear-Kopfhörer im Test

Viele Over-Ear-Kopfhörer klingen großartig, Modelle mit Active Noise Cancellation filtern zudem Störgeräusche heraus. Apple bietet mit den AirPods Max beliebte, aber teure Hörer an. Wie schlägt sich die Konkurrenz von Bose, Sonos, Sony & Co.? Elf Modelle im Test.

Von **Holger Zelder**

Der Lärm der Straße, vom Laubbläser im Garten oder dem PC-Lüfter im Großraumbüro: Alltäglicher Krach nervt! Da ist es gut, wenn man zu einem Kopfhörer mit aktiver Geräuschunterdrückung (Active Noise Cancellation, kurz ANC) greifen kann. So einer sorgt mit Elektronik für ein ruhiges Umfeld. Und wenn der dann noch gut klingt, mag man ihn kaum absetzen.

Das beste Hi-Fi-Erlebnis bieten Over-Ear-Kopfhörer; also solche Modelle mit Kopfbügel und großen, ohrmschließenden Muscheln. Sie besitzen große Lautsprechermembranen, auch Treiber genannt, die meistens einen Durchmesser von 40mm aufweisen.

Wir haben elf ANC-Kopfhörer, die mit iOS-Geräten kompatibel sind, genauer unter die Lupe genommen. Alle Kandidaten verbinden sich drahtlos via Bluetooth mit ihrem Zuspielder und laden per USB-C-Port. Der günstigste Kandidat kostet laut Hersteller rund 200 Euro, der teuerste 580 Euro. Im Test bewerten wir Bedienfreundlichkeit, Komfort, Klang, Geräuschunterdrückung und Zusammenspiel mit Apple-Geräten

ANC und Transparenz

Over-Ear-Kopfhörer wirken auf zwei Wegen gegen Störgeräusche: einmal passiv, indem die Polster den Lärm dämpfen. Außerdem besitzt ein ANC-Hörer meh-

rere Mikrofone, die den Außenlärm erfassen. Die Elektronik erzeugt aus dem aufgenommenen Umgebungslärm ein in der Phase gedrehtes Signal (Gegenschall) und leitet dieses in den Gehörgang. Das reduziert den hörbaren Lärm oder löscht ihn im besten Fall aus.

ANC funktioniert mit tiefen, gleichmäßigen Frequenzen wie Motorbrummen oder Flugzeugtriebwerken effizient. Auch leises Tastenklappen oder langsam und ruhig sprechende Personen werden von aktueller Elektronik gut gedämpft. Wunder darf man freilich nicht erwarten: Plötzliche, schrille Töne oder Geschrei dringen immer noch durch. Bei älteren Hörern wurde die ANC oft von einem leichten Grundrauschen begleitet, das bei manchen Nutzern Unbehagen verursachte. Bei den Testkandidaten kommt dies nicht mehr vor.

Alle ANC-Hörer im Test bieten einen zuschaltbaren Transparenzmodus. Der hilft gegen die Abschottung und nimmt die Außengeräusche per Mikrofon auf und leitet sie an die Hörer weiter. So versteht man Personen, die einen ansprechen. Allerdings kann es vorkommen, dass Windgeräusche dadurch unangenehm verstärkt werden.

Bei den meisten Hörern lässt sich zwischen Geräuschunterdrückung und Transparenz umschalten. Einige Hörer bieten auch einen adaptiven Modus, der ANC und Transparenz an die Umgebung anpasst.



Anschlussfreude

Einmal mit einem Gerät gekoppelt, verbinden sich die Hörer automatisch mit dem letzten Zuspeler, sobald man sie in dessen Nähe einschaltet. Bis auf die Hörer von Apple und Beats unterstützen alle Kandidaten Bluetooth-Multipoint: Sie können mit mehreren Geräten auf einmal verbunden sein. So wechselt er, wenn man zum Beispiel Musik vom Mac lauscht, automatisch bei einem eintreffenden Anruf zum iPhone. Die Apple-Hörer wechseln zwischen Geräten, die denselben Apple-Account verwenden.

Alle Testkandidaten bringen einen USB-C-Port mit, über den man die eingebauten Akkus auflädt. Beim Großteil (siehe Tabelle am Artikelende) nimmt der Anschluss auch Audiosignale von iPhone, iPad oder Mac entgegen. Das sorgt zum einen für eine niedrigere Latenz als über Bluetooth, was bei der Musik-

produktion, aber auch beim Gaming hilft. Die Hörer von Apple und Beats spielen per Kabel obendrein verlustfrei komprimierte Musik ab (auch Lossless Audio genannt). Allerdings bemerken in der Praxis nur die wenigsten Nutzer einen Unterschied zu herkömmlich codierter Musik und solcher mit Lossless-Audio.

Die analoge Kabelverbindung ist hingegen auf dem Rückzug: nur Beats, Beyerdynamic, Bose, Sennheiser, Sony, Soundcore und Teufel bauen noch Klinkenbuchsen ein. Das ist schade, denn so ein Anschluss ist auch heute noch praktisch, etwa an Spielecontrollern, in Flugzeugen oder allen modernen Macs. Manche Modelle finden über Umwege eine Verbindung: Sonos legt seinem Ace ein Spezialkabel mit Digital-Analog-Wandler bei, das man in den USB-C-Port steckt und das auf einem Klinkenstecker endet. Für die AirPods Max kostet so ein Kabel zum Nachkaufen schlappe 45 Euro. Fairphone verkauft sein Modell für ein Drittel des Preises.

Audio-Codecs

Bluetooth-Kopfhörer verwenden für die Audioübertragung das Advanced Audio Distribution Profile (A2DP). Dieses schreibt den Audio-Codec SBC vor. SBC ist auf eine effiziente und möglichst unterbrechungsfreie Wiedergabe ausgelegt, allerdings stark komprimiert und somit verlustbehaftet.

Das A2DP-Profil erlaubt aber zusätzlich effizientere Codecs. Sowohl aptX als auch AAC bieten eine bessere Wiedergabequalität als SBC. Beide Codecs liefern bei der passenden Codierung CD-Qualität (44,1 kHz bei 16 Bit). iOS und macOS verwenden automatisch AAC, sofern der angeschlossene Lautsprecher dies unterstützt – das ist bei allen Testkandidaten der Fall.

aptX und die leistungstärkeren Codecs LDAC oder aptX Adaptive unterstützen manche Android-Geräte, aber kein iPhone. Die Hörer von Apple und Beats können per Kabel Musik im höherwertigen Apple Lossless Codec (ALAC) übertragen, bei einer Bitrate von 24 Bit bei 48 kHz.

Laden und Laufzeit

Während die schwächsten Kandidaten auf 20 Stunden mit aktivierter ANC kommen, halten andere Kandidaten fast 60 Stunden durch. Die Herstellerangaben sind in der Regel etwas konservativ geschätzt und beziehen sich auf die Laufzeit bei fünfzigprozentiger Lautstärke. Eine Übersicht finden Sie in der Tabelle. In der Praxis erreicht man das mit einem einzelnen Zuspeler problemlos, und eine Ladung reicht für mehrere Arbeitstage.

Wer häufiger telefoniert, eifrig zwischen mehreren Geräten via Multipoint wechselt oder 3D-Audio zuschaltet, verkürzt die Laufzeit meist ein wenig. Eine Schnellladefunktion, die jeder Kandidat beherrscht, hilft bei einem leeren Akku. Zehn Minuten am Netzteil genügen, damit jeder Hörer wieder mehrere Stunden lang Musik abspielt.

Transport und Reisetauglichkeit

Abgesehen von den AirPods, Beats, Fairbuds und Space One kommen alle Kopfhörer im stabilen Hardcase. Für den Transport lassen sich sechs der Kandidaten zusammenklappen. Beim Rest kann man lediglich die Ohrmuscheln eindrehen, sodass die Hörer zumindest etwas flacher werden. Klappbare Modelle lassen sich gut in den Rucksack stopfen, flach gefaltete Ohrhörer bekommt man prima in einer schmalen Umhängetasche verstaut.

Obwohl sich ANC-Hörer für die Reise empfehlen und man sie selbst im Fitnessstudio oder auf den



Bild: Heise Medien

Die Ohrpolster lassen sich bei den meisten Hörern vom Nutzer wechseln. Die Fairbuds XL dürfen Nutzer komplett zerlegen.

Köpfen von Joggern entdeckt, besitzen die meisten Modelle keinen Flüssigkeits- oder Wetterschutz. Lediglich Nothing und Fairphone geben für ihre Hörer eine IP-Schutzklasse an. Ein wenig Schweiß sollte den meisten Modellen nichts anhaben, mitunter leiden nur die Ohrpolster etwas stärker. Wer die Hörer jedoch in strömendem Regen nutzt, riskiert einen Wasserschaden.

Wartung und Ersatzteile

Auch bei hochwertigen Kopfhörern zeigen sich irgendwann Verschleißspuren. Die Ohrpolster verfärben oder bekommen Risse, aber auch der eingebaute Akku hält nicht mehr so lange. Bei den meisten namhaften Herstellern lassen sich die Ohrpolster vom Nutzer wechseln. Bei Apple halten sie etwa magnetisch, bei Bose, Sennheiser, Sonos, Sony und Teufel sind sie nur geklippt. Beim Fairphone benötigt man Werkzeug. Ersatz gibt es meist beim Hersteller. Für den Akkuwechsel muss man seinen Hörer in der Regel in eine Partnerwerkstatt bringen. Lediglich Fairphone verkauft den Akku zum Selbsteinbau.

Apps und iOS-Spezialitäten

Fast alle Hersteller bieten kostenlose Apps an. Zwingend nötig sind die nicht, denn jeder Kopfhörer lässt sich ohne Zusatzsoftware mit Mac, iPad, iPhone & Co. benutzen und mit Buttons, Touchfeldern oder Joysticks auf dem Gerät steuern. Die Hersteller-Apps bieten allerdings Firmware-Updates und Zusatzfunktionen wie Equalizer an, mit denen man den Klang anpasst oder die ANC stufenweise verfeinert. Spezialfunktionen wie Dolby-Atmos (dazu gleich mehr) lassen sich bei Drittanbietern nur per App aktivieren.

Für die AirPods Max gibt es gar keine App, da die Steuerung in iOS integriert ist. Einen Equalizer gibt es hier zwar nicht, über die Bedienungshilfen lässt sich der Klang aber anpassen. Hat man zwei AirPods- oder Beats-Modelle, kann man diese über die Funktion „Audio Teilen“ gleichzeitig von einem iPhone mit Musik beschicken. Außerdem lassen sich die Hörer über Apples „Wo ist?“-Netzwerk orten. Die Beats Studio Pro unterstützen viele Funktionen der AirPods und verhalten sich unter iOS ähnlich, allerdings bietet die Apple-Tochter eine eigene App für Android-Smartphones an.

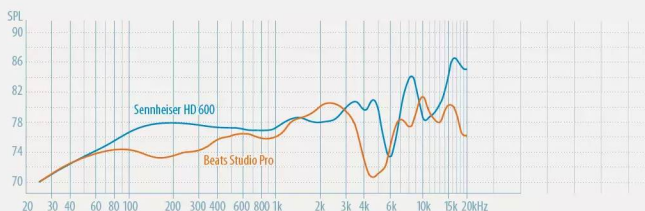
3D-Audio

Obwohl Kopfhörer nur zwei Treiber haben, können manche Modelle 3D-Audio abspielen, sofern die Musik für Dolby Atmos abgemischt wurde. Anstatt lediglich Stereosound zu liefern, bei dem der Klang aus zwei Richtungen zu kommen scheint, simuliert 3D-Audio bis zu fünf Lautsprecher. Dolby Atmos platziert Klänge in einem 3D-Raum um den Hörer. Dabei werden die Signale so modifiziert, dass der Eindruck entsteht, Klänge kämen aus verschiedenen Richtungen und Entfernungen. Dann erleben Nutzer ein immersives Klangbild, das Bewegung und Tiefe beinhaltet – von oben, unten, und rundherum. Liveaufnahmen von Konzerten profitieren davon.

Apple nennt diese Funktion bei seinen AirPods auch „Spatial Audio“. In Verbindung mit einem iPhone oder iPad lässt 3D-Audio auch mit Kopfverfolgung aktivieren. Hierbei kommt der Sound immer aus der Richtung des Zuspellers, selbst wenn man den Kopf dreht. Neben Apple unterstützen auch andere Hersteller 3D-Audio, die Funktion aktiviert man per App. Die Qualität unterscheidet sich aber zwischen den Kopfhörern. Außerdem muss die Musik in Dolby Atmos vorliegen. Apple Musik und Tidal bieten etwa passend abgemischte Titel an, Spotify jedoch nicht.

Beats Studio Pro

Die Apple-Tochter setzt bei ihrem Over-Ear auf mattes Plastik. Der Kunststoff knarzt beim Auseinanderfalten ein wenig, ist aber durch Edelstahl verstärkt und durchweg solide. Die Ohrmuscheln lassen sich einklappen, aber nicht drehen. Der Studio Pro drückt zumindest anfangs recht fest gegen den Kopf. In Kombination mit den Lederpolstern sorgt das für etwas warme Ohren. Bedient wird er über ein paar Tasten mit knackigem Druckpunkt, die der Hersteller teilweise im Beats-Logo versteckt hat. Viele Funktionen der AirPods Max



Beats Studio Pro (rot) bietet einen recht ausgewogenen Klang.

Der Studio Pro von Beats bringt im Kunststoffgehäuse viele Apple-Funktionen mit.

wie USB-C Audio oder die tiefe Apple-Integration bietet auch der Studio Pro.

Der Studio Pro liefert durchaus einen schönen klaren Tiefbass, die Zeiten von übertrieben wummernden Hörern sind zum Glück aber vorbei. Bei den Mitten wirkt er ähnlich ausgewogen wie unsere neutrale Referenz Sennheiser HD 600, fällt jedoch bei den Höhen etwas ab. Im Kabelbetrieb wird die ANC automatisch abgeschaltet, dafür lässt sich nur an der Strippe eins von drei Klangprofilen wählen, die drahtlos nicht zur Verfügung stehen.

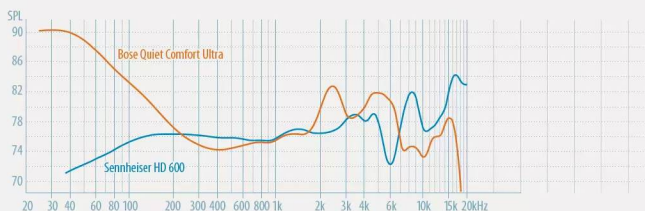
Die Sprachqualität der Mikrofone geht in Ordnung, bleibt jedoch hinter den anderen Kandidaten zurück. Die ANC ist zwar nicht die stärkste, blendet aber mit Musikutermalung genug Störgeräusche aus. Allerdings unterdrückt sie Windgeräusche nicht gut genug, im Transparenz treten diese stärker hervor.



Bose Quiet Comfort Ultra

Der klappbare Bügel besteht aus Aluminium, die Hörer aus Kunststoff und Kunstleder. Seine Leichtbauweise macht ihn mit 250 Gramm zum leichtesten Kandidaten. Der Hörer sitzt angenehm auf dem Kopf und drückt auch nach längerer Zeit nicht.

Statt eines Schiebeschalters wie bei älteren Bose-Modellen gibt es beim Quiet Comfort Ultra einen kleinen Touchstreifen



Bei den Mitten ähnelt der Quiet Comfort Ultra der neutralen Referenz, betont aber tiefe Frequenzen deutlich stärker.

Der Quiet Comfort Ultra von Bose sitzt angenehm und akzeptiert viele Zuspätker.

am rechten Hörer. Mit einem langen Druck auf die ANC-Taste darüber wechselt man zwischen den Hörmodi „Aware“ (Transparenz), „Immersion“ (Adaptiv) und „Quiet“ (ANC). Der Hörer begleitet den Wechsel oder den Verbindungsaufbau mit Sprachansagen, die sich nicht abschalten lassen. Es verwirrt ein wenig, dass die App-Texte die deutschen Begriffe verwenden, die Ansagen aber nur die englischen. Im Modus „Quiet“ reduziert die ANC Umgebungslärm wirkungsvoll und spielt in der Oberklasse mit, muss sich jedoch den AirPods Max geschlagen geben.

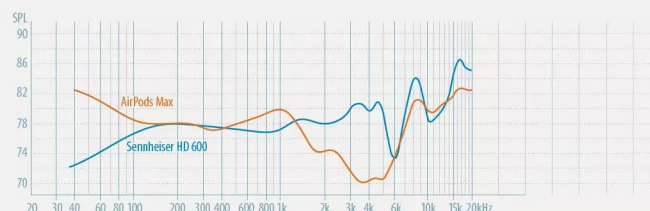
Den Sound hat Bose angenehm abgestimmt, er ähnelt in großen Teilen unserem neutralen Referenzkophörer Sennheiser HD 600. Allerdings betont der Bose die tiefen Frequenzen kräftig, ohne dabei zu dröhnen. Liegt Musik in Dolby Atmos vor, kann man 3D-Klang aktivieren; den Modus nennt Bose verwirrenderweise ebenfalls „Immersion“. Trotz zehn eingebauter Mikrofone klingt man bei Gesprächen eher dumpf.



Apple AirPods Max (USB-C)

Die AirPods Max sind mit 580 Euro nicht nur die teuersten Hörer im Testfeld, mit 380 Gramm sind sie obendrein die schwersten. Unangenehm fühlen sie sich dennoch nicht an; die großen Alu-Hörer umschließen mit ihren Stoffpolstern selbst große Ohren und drücken auch bei Brillenbügeln nicht. Der Bügel liegt mit seinem Mesh-Kunststoff bequem auf dem Kopf und verteilt die Last, sodass man die Max stundenlang tragen kann.

Wie bei der Apple Watch gibt es nur einen Knopf und eine digitale Krone. Die Bedienung ist eingängig. Die AirPods Max koppeln sich automatisch mit Apple-Geräten, sobald man sie aus der Tasche zieht, und werden per iCloud synchronisiert. Das Noise Cancelling lässt sich schnell über das Kontrollzentrum vom iPhone umschalten oder 3D-Audio aktivieren. Einen Equalizer gibt es nicht. Wer ein Face-ID-fähiges iPhone hat, kann das Ohr vermessen und die Voreinstellung für 3D-Audio speichern. Unter Windows oder Android geht das nicht.



Die AirPods Max spielen im Tiefbassbereich fulminant auf, vernachlässigen aber im Vergleich mit unserer neutralen Referenz Sennheiser HD 600 die unteren Höhen.

Die AirPods Max bestechen mit iOS-Integration, hochwertiger Verarbeitung und sehr guter ANC.



Beim Musikhören schinden die AirPods Max kräftig Eindruck: Bei tiefen Frequenzen spielen die AirPods Max dominant auf und weisen andere Kandidaten in ihre Schranken. Doch im Bereich der höheren Mitten gibt es deutliche Einbrüche, hier vermissen wir teilweise etwas Klarheit und Präsenz. Gerade akustische Gitarren wirken etwas dumpf. Das macht den AirPods Max zwar nicht grundsätzlich zu einem schlechten Hörer, jedoch passt er genremäßig eher zur elektronischen Musik und Pop als zu Klassik oder Jazz. Die Geräuschunterdrückung gehört zu den Klassenbesten und filtert auch großen Lärm effektiv weg. Zudem ist das glatte Gehäuse kaum windanfällig. Der Transparenzmodus ist angenehm natürlich und betont die Stimme des Trägers nicht zu stark. Beim Telefonieren ist man gut verständlich.

Trotz kleinem Facelift im vergangenen Jahr sind die AirPods Max technisch immer noch auf dem Stand von 2021. So setzt Apple noch immer auf Bluetooth 5.0, das eine geringere Reichweite und höhere Latenz als die neueren Standards bietet. Auch haben sie noch den alten H1-Chip, der die Verbindung und die ANC steuert. Seit 2022 gibt es bereits den H2 aus den AirPods Pro 2 und AirPods 4, der Verbesserungen wie adaptive Geräuschunterdrückung oder auch eine geringere Latenz ermöglicht. Einige Features der AirPods Pro 2 wie die Hörhilfen und Hörtests gibt es beim Over-Ear nicht.



JETZT IM ABO GÜNSTIGER LESEN

GRATIS!



Für nur 19,90 € statt 29-€

Jetzt bestellen: make-magazin.de/miniabo

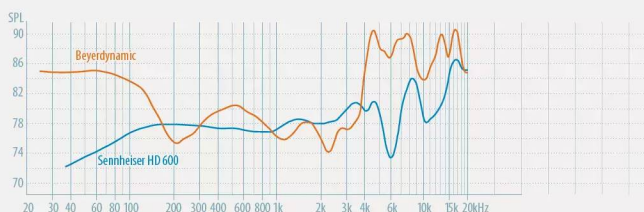


2 x Make testen mit über 30 % Rabatt

Beyerdynamic Aventho 300

Das Gehäuse des 360 Euro teuren Aventho 300 setzt auf einen schlichten Mix aus Kunststoff und Metall. Die Ohrpolster bestehen aus Kunststoff und werden nach einer Zeit warm. Das recht stattliche Gewicht und der Anpressdruck sind vor allem für Brillenträger etwas unangenehm. Obwohl die Polster nicht klein sind, stoßen große Ohren schnell an die Ränder.

Auf dem rechten Hörer findet sich ein Touchfeld für die Mediensteuerung. Die Trageerkennung stoppt die Musik zuverlässig, sobald man den rechten Hörer hochhebt. Bedeckt man die Muschel mit der Hand, wird die Musik leiser und der Transparenzmodus setzt ein.



Der Aventho 300 vernachlässigt die Mitten, spielt hingegen im Tiefbassbereich kräftig, aber präzise.

Wertig, aber wuchtig kommt Beyerdynamics Aventho 300 daher.

Der Over-Ear-Kopfhörer zeichnet sich durch präzise Bässe und eine hohe Detailgenauigkeit aus, was zu einem dynamischen Klangbild führt. Die Mitten sind jedoch etwas zurückhaltend abgestimmt, was dem Klang eine gewisse Kälte verleiht. Die Höhen könnten brillanter sein, das Klangbild wirkt leicht verhangen. Die 3D-Audio-Funktion verbessert die Räumlichkeit von Dolby-Atmos-Titeln, der Klang wird dadurch kühler und analytischer. Das Noise Cancelling taugt, um Hintergrundgeräusche merklich zu senken. Mit der Konkurrenz kann es nicht mithalten.

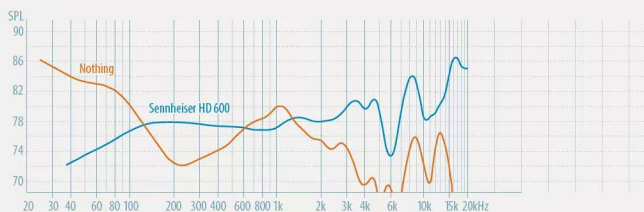
Die Codec-Auswahl bieten neben AAC verschiedene aptX-Varianten, was den Hörer für Android-Geräte interessant macht. USB-Audio funktioniert am Aventho 300 ebenfalls. Wer die Beyerdynamic-App installiert, kann das Noise Cancelling in fünf Stufen anpassen und den Klang per Equalizer verfeinern.



Nothing Headphone (1)

Wie die In-Ears oder die Smartphones von Nothing setzt der Headphone (1) auf ein kantiges Alugehäuse mit transparenten Kunststoffelementen. Das sorgt in jedem Fall für Aufsehen, wirkt aber etwas klobig. Der Bügel drückt die drehbaren Ohrmuscheln recht stramm an den Kopf, das relativ hohe Gewicht macht sich ebenfalls negativ bemerkbar. Unter den weichen Kunststoffpolstern staut sich bei höheren Temperaturen schnell die Hitze.

Eine kantige Wippe wechselt zwischen den Titeln, Start- und Stopp liegen darüber auf einer gummierten Rolle. Drückt man



Durch seine Abstimmung mit schwachen Mitten wirkt der Headphone (1) eher kühl.

Hingucker: Nothings Headphone (1) zeigt nicht nur optisch Ecken und Kanten.

länger darauf, wechselt man zwischen ANC und Transparenz. Rollen ändert die Lautstärke.

Die dreistufige Geräuschunterdrückung arbeitet gut und genügt für eine Platzierung im oberen Mittelfeld. Im Transparenzmodus wirken die Außengeräusche ein wenig künstlich. Auch die eigene Stimme kommt zu stark durch. Das kantige Gehäuse wird im Freien zum Windfänger und lässt ihn stark rauschen.

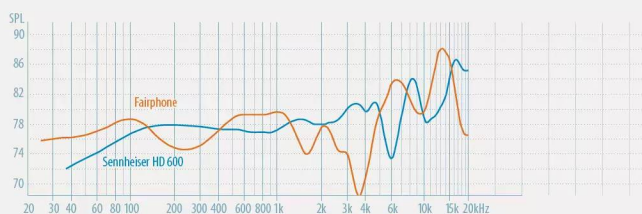
Während der Musikwiedergabe spielt der Nothing vor allem bei Tiefbässen dominant auf, vernachlässigt aber die unteren Mitten und wirkt eher kühl.

Der Headphone (1) unterstützt Multipoint, allerdings muss man dies erst über die App Nothing X freischalten. Gleiches gilt für die Trageerkennung, die die Wiedergabe stoppt, sowie 3D-Audio mit Kopfverfolgung. Außerdem lässt sich der Klang per Equalizer feinjustieren. Per USB-C kann man den Hörer auch mit leerem Akku betreiben, für den Klinkenanschluss muss der Akku voll sein.



Fairphone Fairbuds XL

Durch das bunt gesprenkelte Gehäuse aus Recyclingkunststoff sehen die Fairbuds XL fast wie ein Kinderkopfhörer aus. Ihre Größe, das stattliche Gewicht von 330 Gramm sowie die gute Verarbeitung zeigen aber, dass es sich um ein erwachsenes Audioprodukt handelt. Wie andere Geräte von Fairphone lassen sich die Fairbuds XL fast vollständig vom Nutzer reparieren, ein passender Kreuzschraubendreher liegt bei. Die Ersatzteilversorgung ist vorbildlich: Fairphone verkauft über den eigenen Shop nicht nur Ohrpolster und Akkus, sondern auch Gehäuseteile, Kopfbügel oder einzelne Ohrmuscheln.



Die mittleren Höhen betonen die Fairbuds XL weniger stark als unser Referenzhörer Sennheiser HD 600 (gelb).

Die Fairbuds XL bestehen aus recyceltem Kunststoff und lassen sich gut reparieren.

Eine Taste schaltet zwischen ANC und Transparenz um, ein Joystick steuert die restlichen Funktionen. Die App bietet nicht viele Funktionen; neben Firmware-Updates besitzt sie einen Equalizer mit fünf Profilen. Auch fehlen Extras wie eine Trageerkennung.

Die Fairbuds XL klingen über Bluetooth durchweg gut: Ab Werk sind die Fairbuds XL einigermaßen neutral abgestimmt. Abgesehen von der Bassbetonung ähnelt ihre Charakteristik der unseres Referenzhörers Sennheiser HD 600. Der Bass der Fairbuds donnert kräftig, die Höhen klingen spritzig. Da sie den Bereich um 4 kHz zurücknehmen, klingen sie dort im direkten Vergleich mit der Referenz leicht muffig.

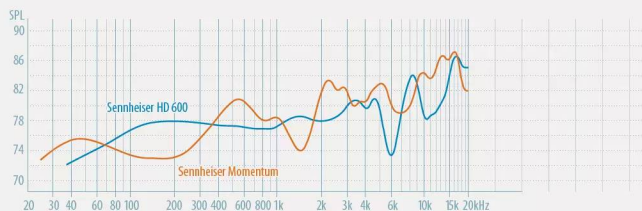
Per Kabel gefiel uns der Ton weniger: Bei unserem Exemplar war ein leichtes Kratzen zu vernehmen. Die ANC ist fürs Büro ausreichend stark, hält aber nicht mit der Konkurrenz von Apple und Bose mit. Stimmen klingen im Transparenzmodus zwar verständlich, aber dumpf. Für Idealisten, die ihre Hardware selber reparieren wollen, sind sie die erste Wahl.



Sennheiser Momentum 4 Wireless

Sennheiser setzt bei seinem ANC-Kopfhörer auf Kunststoff; das macht den Momentum 4 leicht und angenehm zu tragen, wirkt jedoch keinesfalls billig. Der Bügel ist an der Unterseite gepolstert und auf der Oberseite mit Denim-Stoff überzogen. Die Ohrmuscheln lassen sich drehen, aber nicht einklappen. Hebt man den rechten Hörer an, stoppt ein Tragesensor die Musik.

Am Hörer findet sich nur eine einzige Taste. Ein langer Druck schaltet den Momentum 4 ein oder aus, ein kurzer ruft hin-



Klanglich punktet der Momentum 4 mit einer ausgewogenen Abstimmung.

Sennheisers Momentum 4 Wireless sitzt und klingt angenehm.

gegen Siri auf den Plan. Medien steuert man über die Touchfläche rechts. Zwischen ANC und Transparenz schaltet man per Doppeltipp um. Das ist anfangs gewöhnungsbedürftig, da man so leicht versehentlich weiterwischt.

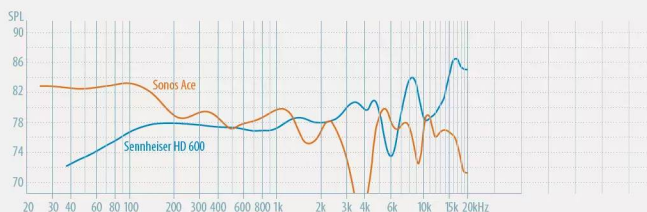
Während alle anderen Kandidaten auf 40-mm-Treiber setzen, hat der Momentum 4 zwei 42-mm-Membranen eingebaut. Beim Klang trumpfen diese mit einer ausgewogenen Abstimmung, guter Räumlichkeit und klarer Stimmwiedergabe. Die kräftigen Bässe besitzen Volumen, die Mitten werden klar und detailliert wiedergegeben, Höhen klingen wunderbar klar.

Die ANC hielt leider nicht mit dem guten Klang mit; sie verringert zwar den Lärm merklich, aber nicht so stark wie Apple oder Bose. Dass man nur zwischen ANC und Transparenz wählen, aber nicht beide Modi abschalten kann, könnte manche Nutzer stören. Die App erlaubt, die Windgeräuschreduzierung anzupassen oder GPS-Zonen für die ANC anzulegen.



Sonos Ace

Bei der Verarbeitung muss sich der Kopfhörer-Erstling vom Multiroom-Spezialisten Sonos nicht hinter den AirPods Max verstecken. Die Ohrmuscheln bestehen aus metallverstärktem glatten Kunststoff, der Edelstahlbügel lässt sich stufenlos verstellen. Die wechselbaren Polster bestehen aus weichem Kunstleder. Der 450 Euro teure Sonos Ace sitzt trotz eher hohem Gewicht angenehm und drückt nicht. Bei der Bedienung setzt Sonos auf einen chromierten, klickbaren Schieberegler und zwei Tasten. Ein Tragesensor soll die Musik stoppen, benötigt aber beim Anheben eine Gedenksekunde.



Der Sonos Ace überzeugt mit kräftigen Bässen detaillierten Mitten, klingt in den Höhen etwas dumpf.

Der Sonos Ace versteht sich mit Multiroom-Systemen und setzt auf einen Schieberegler.

Der Sonos Ace liefert einen kräftigen, nicht überbetonten Bass. Im mittleren Frequenzbereich klingen Gesang, Sprache und entsprechende Instrumente detailreich. Die Höhen gibt er präzise wieder. Bei einigen Tracks im Test bemerkten wir jedoch etwas dumpf klingende Hi-Hats.

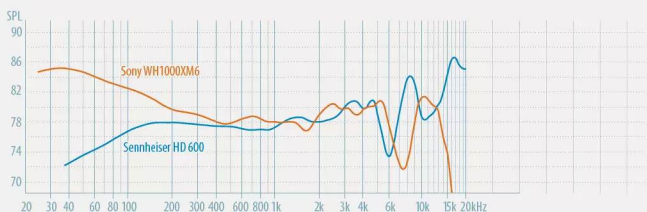
Die ANC funktioniert ähnlich gut wie die von Bose oder Sony. Während Rauschen von Laubbläsern oder Motoren kein Problem darstellte, hatte der Ace an Windgeräuschen zu knabbern. Im Auslieferungszustand bemerkten wir im rechten Hörer ein leichtes Grundrauschen, das nach einem Firmware-Update verschwand. Der Transparenzmodus wirkt etwas unnatürlich. Beim Telefonieren sorgten die Mikrofone des Ace für eine gut verständliche Sprachqualität.

Als einziger Kandidat unterstützt der Sonos Ace neben Kabel oder Bluetooth auch WLAN. Wer eine kompatible Soundbar besitzt (etwa die Arc, Arc SL, Arc Ultra, Beam oder Ray), kann per Knopfdruck den Ton vom TV auf den Hörer wechseln.



Sony WH-1000XM6

Kopfhörer aus Sonys WH-1000XM-Reihe gehören zu den beliebtesten ANC-Hörern. Die sechste Generation besitzt ein metallverstärktes Kunststoffgehäuse, das sich kompakt zusammenklappen lässt. Die weiche Kunststoffoberfläche zieht Fingerabdrücke an, ist aber abwaschbar. Der Hörer ist der zweitleichteste im Testfeld und sitzt trotz eher festem Anpressdruck auch nach längerer Zeit angenehm. Allerdings stoßen große Ohren in den schmalen Muscheln schnell an den Rand.



Abgesehen von den tiefen Frequenzen punktet der WH1000XM6 (rot) mit einem linearen Verlauf.

Sonys WH-1000XM6 bietet ein rundes Gesamtpaket – zum saftigen Preis.

Neben Einschalter und ANC-Knopf setzt Sony auf eine Touchbedienung am rechten Hörer: Durch Wischen und Tippen steuert man Lautstärke und Wiedergabe; legt man die Handfläche auf die Muschel, schaltet der Hörer auf Transparenz um.

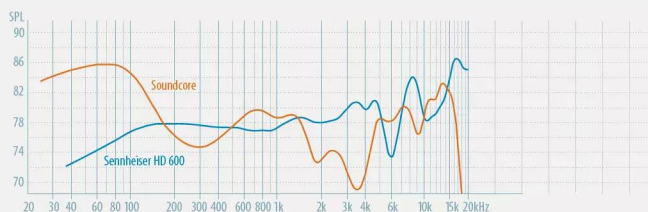
Obwohl die wechselbaren Polster schmäler als bei der Konkurrenz ausfallen, dichten sie gut ab. Die ANC gehört mit Apple und Bose in die obere Liga. Die Transparenz lässt sich über die überladene App Sony Sound Connect in 20 Stufen einstellen und gibt Außengeräusche recht natürlich wieder. Ein abschaltbarer Speak-to-Chat-Modus aktiviert die Transparenz beim Sprechen automatisch, zeigte sich aber überempfindlich. Die App erstellt auf Wunsch auch ein Hörprofil.

Klanglich überzeugt der WH-1000XM6 mit kräftigen, nicht überbetonten Bässen und einer hervorragenden Detailwiedergabe. In den oberen Höhen vermissen wir ein wenig Klarheit. 3D-Audio hält jedoch nicht mit anderen Hörern mit.



Soundcore Space One Pro

Mit einem Listenpreis von 200 Euro ist der Space One Pro der günstigste Hörer im Testfeld. Die Anker-Tochter Soundcore legt anstatt einer Hülle nur einen dünnen Nylonbeutel bei. Für den Transport lässt sich der Hörer beinahe auf Handtellergröße zusammenfallen. So passt er in fast jede Tasche. Der ANC-Hörer ist leicht, aber gut verarbeitet. Die kreisrunden Kunststoffmuscheln sind aber eher für kleine Ohren geeignet, auf größeren



Zurückgenommene untere Höhen sorgen für ein gedämpftes Gesamtbild.

Für 200 Euro bringt der kompakte Space One Pro gute Verarbeitung und solide ANC mit.

liegen sie nur auf. Wenn der Space One Pro passt, dichtet er verlässlich ab, auch die ANC arbeitet recht gut. Die Steuerung über Knöpfe und Lautstärkewippe funktioniert intuitiv.

Klanglich ist der Hörer eher basslastig abgestimmt. Allerdings verliert der Kopfhörer im oberen Bassbereich etwas an Präzision. Zudem fehlt es ihm an Brillanz, das Gesamtbild wirkt leicht muffig. Stimmen gibt er hingegen recht klar wieder.

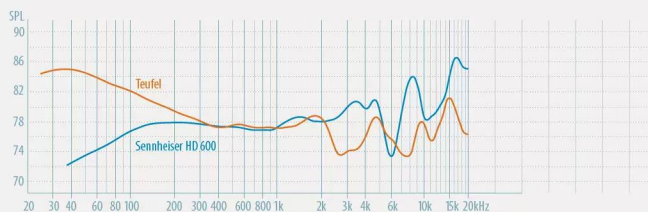
Schwächen zeigen sich bei der etwas dumpfen Sprachwiedergabe der Mikrofone. Bis zu zwei Geräte verbinden sich gleichzeitig per Multipoint. Zwar kann der Hörer laut Hersteller 3D-Audio, allerdings nur über den LDAC-Codec, den Apple-Geräte nicht beherrschen.



Teufel Real Blue NC 3

Mit 230 Euro ist der Real Blue NC3 einer der günstigeren Kandidaten. Positiv fällt auch das geringe Gewicht auf. Der klappbare Kunststoffhörer sitzt wie der Beats Studio Pro fest am Kopf, drückt aber auch mit Brillen nicht unangenehm. Der Durchmesser der Ohrhörer ist vergleichsweise klein, sodass sie manche Ohren nicht völlig umschließen.

Wer Touchfelder hasst, wird beim NC 3 glücklich: Ein kleiner Joystick an der Seite steuert die wichtigsten Funktionen, die ANC hat eine eigene Taste. Einen weiteren Button findet sich



Auch der Real Blue NC 3 legt Wert auf ausgeprägte Basswiedergabe und bleibt bei den Höhen zurück.

Teufels Real Blue NC3 bringt ein gutes Noise Cancelling für wenig Geld.

im beiliegenden Klinkenkabel, das eine iPhone-kompatible Fernbedienung samt Mikro mitbringt. Das ist heutzutage selten. Die restliche Ausstattung ist eher nüchtern: Zwar beherrscht der NC3 Multipoint, aber kein 3D-Audio.

Auch wenn die ANC nicht mit den Spitzenreitern mithalten kann, reduziert sie störende Nebengeräusche wie Straßenlärm gut. Der Transparenzmodus lässt Außengeräusche gut durch und lässt Stimmen natürlich klingen. Gespräche über die eingebauten Mikrofone waren verständlich, besser wird es jedoch mit der Kabelfernbedienung und dem Klinkenkabel.

Die Klangabstimmung ist eher warm als ausgeglichen. Tiefe Frequenzen werden überbetont. Mitten gibt er weitestgehend sauber wieder. Bei den Höhen tritt er gegenüber unserer Referenz zurück und klingt weniger definiert und teils dumpfer. Mit dem Equalizer der App lässt sich das ein wenig ausmerzen, dennoch ist der Real Blue NC 3 eher ein Begleiter für die Hintergrunduntermalung als für das analytische Hören.



Over-Ear-Kopfhörer mit ANC

Hersteller	Apple	Beats	Beyerdynamic	Bose	Fairphone
Modell	AirPods Max	Studio Pro	Aventho 300	Quiet Comfort Ultra	Fairbuds XL
Größe (ausgeklappt)	18,7×16,8×8,3 cm	18,1×17,8×7,8 cm	18,8×16×9,2 cm	19,5×13,9×5,1 cm	19×18×7 cm
Gewicht	386 g	260 g	319 g	250 g	330 g
Schutzklasse	—	—	—	—	IP 54
Farben	blau, schwarz, violett, polarstern, orange	schwarz, braun, blau, weiß	grau, weiß	schwarz, weiß	schwarz, grün
Klappbar / drehbar	— / ✓	✓ / —	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Ausstattung					
Bedienung	Digitale Krone, Taste	Tasten	Touch-Fläche, Tasten	Touch-Fläche, Tasten	Joystick, Taste
Tragesensor	✓	—	✓	—	—
Anschlüsse	USB-C	USB-C, Klinke	USB-C, Klinke	USB-C, Klinke	USB-C
Status-LED / Sprachansage	✓ / —	✓ / —	✓ / —	✓ / ✓	✓ / ✓
Mikrofone	9	6	8	10	6
App	—	Beats (nur Android)	Beyerdynamic	Bose	Fairbuds
Lieferumfang	Hülle, Kabel: USB-C-auf-C	Tasche, Kabel: USB-C-auf-C, Klinke	Hardcase, Beutel, Kabel: USB-C-auf-C, Klinke, USB-A-auf-C-Adapter	Hardcase, Kabel: USB-C-auf-A, Klinke	Beutel, Kabel: USB-C-auf-C
Besonderheiten	iCloud-Sync, „Wo ist?“-Netzwerk, Audio teilen (iOS)	iCloud-Sync, „Wo ist?“-Netzwerk, Audio teilen (iOS), USB-Klang-profil			Großes Ersatzteilangebot
Funktionen					
Bluetooth	5.0	5.3	5.4	5.3	5.1
Reichweite Freifläche1	k. A.	k. A.	15 Meter	9 Meter	10 Meter
Multipoint	—	—	✓ (2 Geräte)	✓ (2 Geräte)	✓ (2 Geräte)
Codecs	SBC, AAC, ALAC (Kabel)	SBC, AAC, ALAC (Kabel)	SBC, AAC, aptX Lossless, aptX Adaptive	SBC, AAC	SBC, AAC, aptXHD
3D- / USB-Audio	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ ✓	✓ / —	— / ✓
Akkulaufzeit1 Musik ohne / mit ANC	20 h / 20	40 h / 24 h	60 h / 40 h	24 h / 18 h	30 h / 26 h
Bewertungen					
Tragekomfort	⊕⊕	⊕	○	⊕	⊕
Klang / ANC	⊕ / ⊕⊕	⊕ / ⊕	⊕ / ○	⊕ / ⊕⊕	⊕ / ⊕
Sprachqualität	⊕	○	○	○	⊖
Funktionen	⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕	○
Preis (lt. Hersteller)	579,00 €	309,95 €	359,00 €	349,95 €	249,00 €
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ ausreichend ⊖⊖ schlecht ✓ vorhanden — nicht vorhanden k.A. keine Angabe 1 Herstellerangabe					

Fazit

Die meisten Kandidaten legen eher einen Fokus auf Entertainment statt auf eine neutrale Abstimmung. Und wie beim Klang gibt es große Unterschiede bei der ANC und nicht zuletzt dem Tragekomfort. Wenn möglich, sollte man die Kopfhörer vor dem Kauf im Laden ausprobieren und den Sitz sowie den Klang mit der Lieblingsmusik testen.

Die AirPods Max und der Beats Studio Pro fügen sich perfekt ins Apple-Ökosystem ein. Die Max sind basslastiger und schwerer, aber besser verarbeitet und haben die effektivere ANC. Der günstigere Studio Pro der Tochterfirma Beats bietet ebenfalls das

Apple-Erlebnis, aber einfachere Verarbeitung. Wer auch Android-Geräte damit nutzen will, sollte eher zu ihm greifen.

Boses leichter Quiet Comfort Ultra bietet eine hervorragende Active Noise Cancellation und einen gut abgestimmten, etwas warmen Klang. Allerdings fehlen Funktionen wie USB-Audio. Sonys WH-1000XM6 ist bei der ANC etwas hinterher und teurer, klingt aber eine Spur besser und hat vielfältige Einstellungsmöglichkeiten.

Der Momentum 4 Wireless von Sennheiser trägt sich angenehm und ist hervorragend ausgeglichen abgestimmt. Abzüge gibt es hier für die Touchbedienung und die eher schwache ANC. (hze) **ct**

Ihre Meinung,
Zusatzmaterial, Webcode:

ct.de/wve1

	Nothing	Sennheiser	Sonos	Sony	Soundcore	Teufel
	Headphone (1)	Momentum Wireless 4	Ace	WH-1000XM6	Space One Pro	Real Blue NC 3
	18,9 × 17,4 × 7,8 cm	19,5 × 17,5 × 8,9 cm	19,1 × 16 × 8,5 cm	21 × 18 × 7,6 cm	19,1 × 16,3 × 8,9 cm	14,9 × 19,2 × 8,2 cm
	329 g	294 g	312 g	253 g	284 g	280 g
	IP 52	—	—	—	—	—
	schwarz, weiß	schwarz, grau, weiß	schwarz, weiß	schwarz, blau, silber	schwarz, weiß	schwarz, weiß, blau
	— / ✓	— / ✓	— / ✓	✓ / ✓	— / ✓	✓ / ✓
	Tasten, Wippe, Rolle	Touch-Fläche, Taste	Schiebe-Schalter, Taste	Touch-Fläche, Tasten	Tasten	Joystick, Tasten
	✓	✓	✓	✓	—	—
	USB-C, Klinke	USB-C, Klinke	USB-C	USB-C, Klinke	USB-C, Klinke	USB-C, Klinke
	✓ / —	✓ / —	✓ / —	✓ / —	✓ / —	✓ / —
	6	4	8	12	4	2
	Nothing X	Sennheiser Smart Control Plus	Sonos	Sony Sound Connect	Soundcore	Teufel Go
	Hardcase, Kabel: USB-C-auf-C, Klinke	Hardcase, Kabel: USB-C-auf-A, Klinke, Flugzeugadapter	Hardcase, Kabel: USB-C, USB-C-auf-Klinke	Hardcase, Kabel: USB-C-auf-C, Klinke	Beutel, Kabel: USB-C-auf-C, Klinke	Hardcase, Kabel: USB-C-auf-C, Klinke
	Kopfhörersuche per App	Kopfhörersuche per App	WLAN, Einbindung in Sonos-System,			Fernbedienung im Klinkenkabel
	5.3	5.2	5.4	5.3	5.0	5.3
	10 Meter	10 Meter	15 Meter	10 Meter	k.A.	10 Meter
	✓ (2 Geräte)	✓ (2 Geräte)	✓ (2 Geräte)	✓ (2 Geräte)	✓ (2 Geräte)	✓ (2 Geräte)
	SBC, AAC, LDAC	SBC, AAC, aptX, aptX adaptive	SBC, AAC, aptX Lossless	SBC, AAC, LDAC, LC3	SBC, AAC, LDAC	SBC, AAC
	✓ ✓	— / ✓	✓ / ✓	✓ / —	✓ / —	— ✓
	80 h / 35 h	k.A. / 60 h	k.A. / 30 h	40 h / 30 h	60 h / 40 h	98 h / 59 h
	○	⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕	⊕	○
	⊕ / ○	⊕⊕ / ○	⊕⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	○ / ○	○ / ○
	○	○	⊕	⊕	○	○
	⊕	○	⊕⊕	⊕	○	○
	299,00 €	234,95 €	349,99 €	449,95 €	199,99 €	229,99 €

DIY Energiewende!



NEU im
heise shop!



shop.heise.de/ct-photovoltaik25



Jetzt
loslegen!





Lautsprecher Beats Pill

Die Bluetooth-Box bringt Lossless-Audio, Stereo-Pairing und USB-C mit.

Von **Holger Zelder**

Nachdem sich die Apple-Tochter in den vergangenen Jahren ausschließlich auf Kopfhörer konzentriert hat, hat sie seit 2024 wieder einen mobilen Lautsprecher im Portfolio. Die Beats Pill genannte Box koppelt sich per Bluetooth mit iPhone, Mac oder anderen Geräten und soll unterwegs mit gutem Klang und langer Akkulaufzeit punkten.

Äußerlichkeiten

Mit einem Gewicht von 681 Gramm fühlt sich die Beats Pill schwerer an, als ihre Größe es vermuten lässt. Die Bluetooth-Box hat ein längliches, abgerundetes Gehäuse. Es gibt sie in drei Farben (Schwarz, Champagner und Rot), zwischenzeitlich war eine limitierte Edition mit zwei Grautönen erhältlich. An der Seite befindet sich eine abnehmbare Schlaufe. Das lackierte Lautsprechergitter trägt ein dezentes Beats-Logo, die Rückseite ist mit weichem Silikon überzogen. Zwar sieht die Pill nach dem Auspacken edel aus und fühlt sich griffig an, doch auf dem weichen Kunststoff sammeln sich schnell Fussel. Immer-

hin taugt die Beats Pill durch Staub- und Wasserschutz nach IP67-Zertifizierung auch für den Außeneinsatz. Sturzfest ist sie – im Gegensatz zu anderen Bluetooth-Boxen – offiziell nicht. Auf Nachfrage teilte Beats jedoch mit, dass die Pill „versehentlichen, aber typischen Stürzen während des Gebrauchs“ standhalten soll.

Bedienung mit iOS und Android

Wer zuvor AirPods oder Beats-Hörer genutzt hat, kommt mit der Pill schnell zurecht. Nach dem Einschalten koppelt sie sich über Bluetooth mit einem iPhone und verbindet sich anschließend mit jedem Apple-Gerät, das denselben Account verwendet. Besitzer können die Box über Apples Wo-ist-Netzwerk orten. Für Android-Nutzer sieht der Hersteller mit „1-Click-Pairing“ und der Google-Gerätesuche „Find Hub“ ähnliche Funktionen vor. Während Apple-Nutzer Firmware-Updates über iOS einspielen und die Tastenbelegung im Bluetooth-Menü anpassen können, benötigen Android-Nutzer dafür die kostenlose Beats-App. Einen Equalizer gibt es allerdings weder

unter iOS noch in der Android-App. Mangels Multi-point-Funktion kann sich die Beats Pill nicht mit zwei Musikspielern gleichzeitig verbinden.

Auf der Oberseite befinden sich vier Tasten: Neben dem Einschalter gibt es in der Mitte eine Multifunktions-taste und zwei Lautstärketasten. Der mittlere Knopf funktioniert ähnlich wie die Kabelfernbedienung der Apple-EarPods: Einmaliges Antippen startet und stoppt die Wiedergabe, zwei- und dreimaliges Antippen springt vor und zurück.

Gewöhnungsbedürftig fanden wir, dass manche Tasten mehrfach belegt sind. So schaltet ein kurzer Tipp des Power-Buttons die Box ein oder aus, ein etwas längerer zeigt den Akkustand auf einer kleinen LED an. Drückt man noch länger, springt die Box in den Kopplungsmodus. Sind dabei ein USB-C-Kabel und ein Gerät angeschlossen, aktiviert sich die USB-Musikwiedergabe. Zweimaliges Drücken ruft Sprachassistenten wie Siri (iOS) oder den Google Assistant (Android) vom gekoppelten Smartphone auf. Da die Box auch als Powerbank genutzt werden kann, lässt sich die Laderichtung des USB-C-Ports mit drei kurzen Tastendrücken ändern. Wer ungeduldig auf die Tasten tippt, überspringt aber leicht die gesuchte Funktion.

Fetter Sound

Wie andere Bluetooth-Lautsprecher funktioniert die Beats Pill als Mono-Lautsprecher. Dass Beats auf den AAC-Code setzt, dürfte Apple-Nutzer freuen, denn iOS unterstützt nach wie vor kein aptX. Die Box hat einen kleinen Hochtöner und einen großen Tieftöner (Woofer) eingebaut. Die Kombination besitzt genug Kraft, um ein Büro, die Küche oder ein kleines Wohnzimmer zu beschallen, ohne dabei nervig zu klirren. Die Sound-Abstimmung sei für alle Musikgenres geeignet, heißt es bei Beats. Das können wir nicht ganz unterschreiben: Zwar hat sich Beats bei den meisten neueren Kopfhörern von überbetonten, wummern den Bässen verabschiedet, neutral ist die Wiedergabe aber längst nicht.

Die Höhen klangen manchmal etwas scharf, was gerade bei Streichinstrumenten unangenehm auffällt. Akustischen Aufnahmen fehlt die Wärme und Natürlichkeit. Immerhin: Stimmen gab die Box meist sauber wieder. Die Stärke der Beats Pill liegt klar bei basslastigen Genres. Hier spielt die Beats Pill famos auf und liefert erstaunlich präzise Bässe, ohne zu übertreiben. Fairerweise muss man erwähnen, dass viele Bluetooth-Boxen dieser Größe ähnlich abgestimmt und für den Einsatz unterwegs im Garten,

im Park oder am Strand gedacht sind. Da passt die Beats Pill gut rein und macht vor allem Spaß.

Zum Telefonieren hat die Box ein Mikrofon eingebaut. Bei Gesprächen klangen wir auf der Gegenseite gut verständlich. Studioqualität darf man allerdings nicht erwarten.

Duett in Mono und Stereo

Wer zwei der Beats-Boxen besitzt, kann sie über eine Tastenkombination miteinander synchron schalten. Drückt man auf beiden Pills die mittlere Taste, aktiviert man den „Verstärker-Modus“. Im Test funktionierte das gut und ohne Versatz. Allerdings gab es Aussetzer, wenn eine Box mehr als neun Meter von der anderen entfernt war. Außerdem ist es nicht möglich, mehr als zwei Boxen gleichzeitig zu verbinden. Bei anderen Herstellern wie B&O und Bose sind Verbünde mit acht Lautsprechern kein Problem.

Mit der Tastenkombination Mitteltaste + Lauter wird das Boxenpaar vom Verstärker- in den Stereo-Modus geschaltet. Dann übernimmt eine Box den linken, die andere den rechten Kanal. Das verbessert die Musikqualität deutlich, an teurere Lautsprecher wie den Sonos Move kommt ein Gespann aus zwei Beats Pills aber nicht heran. Im Test trennte sich ein Stereopaar einmal von selbst und ließ sich erst nach einem Neustart wieder verbinden, danach gab es keine Probleme.

Zwar braucht man zum Koppeln keine App, allerdings zeigen die Boxen nirgends, ob sie sich gerade im Stereo-Modus befinden. Lediglich beim Umschalten ertönt einmal ein kurzer Signaltöne.

Beats Pill (Bluetooth-Lautsprecher)

Hersteller: Beats

Maße: 21,9 × 7,1 × 7 cm

Gewicht: 681 g

Farben: Schwarz, Rot, Champagner

Codecs: AAC, SBC

Lieferumfang: Trageschlaufe, USB-C-Kabel

Systemanforderungen: iOS ab 17.5.1, Android ab 9.0, Bluetooth

Preis: 169,95 €



Holger Zeidler/Hesse Medien

Die USB-C-Buchse auf der Rückseite lädt die Beats Pill oder ein angeschlossenes Smartphone. Außerdem nimmt sie Musik von USB-C-Geräten entgegen.

Stereo- und Verstärker-Modus werden nach dem Ausschalten automatisch beendet. Die Boxen spielen nur während der Kopplung mit einem Smartphone oder Tablet im Stereo-Modus. War eine Box per Kabel oder Bluetooth mit dem Mac verbunden, konnten wir sie nicht in den Verstärker-Modus versetzen.

USB-C

Auf der Rückseite der Beats Pill befindet sich ein USB-C-Anschluss. Er dient dem Aufladen des eingebauten, nicht austauschbaren Akkus. Zum anderen kann über USB-C auch Musik abgespielt werden. Das funktioniert sogar verlustfrei (Lossless Audio mit 48 kHz bei bis zu 24 Bit). Einen Unterschied in der Klangqualität im Vergleich zum Bluetooth-Streaming mit AAC konnten wir nicht feststellen.

An einem MacBook Air, einem iPhone 15 Pro Max sowie einem iPad Pro M2 wurde die Beats Pill problemlos erkannt und wir konnten im Test Lossless-Musik per Kabel hören. Allerdings spielt nicht jedes Gerät Musik über USB-C ab: Ein iPhone 14 Pro blieb mit dem USB-C-auf-Lightning-Kabel stumm.

Als Powerbank lädt die Beats Pill das Smartphone unterwegs wahlweise auf. Sie liefert bis zu 7,5 Watt (entspricht 5 V bei 1,5 A), im Test mit einem iPhone 14 Pro kamen wir auf rund 7 Watt.

Als Akkulaufzeit nennt Beats bis zu 24 Stunden bei 50 Prozent Lautstärke. In unseren Laufzeittests kamen wir auf knapp 20 Stunden. Ein guter Wert, wenn auch etwas weniger als angegeben. Über eine Schnellladefunktion tankt die Box am USB-C-Netzteil innerhalb von zehn Minuten genug Strom für zwei Stunden Wiedergabe. Ein USB-C-Netzteil liegt der Box nicht bei, zumindest aber ein Kabel. Sollte der fest integrierte Akku außerhalb der Garantiezeit kaputtgehen, bietet Apple einen kostenpflichtigen Austausch an. Der Preis beträgt beim Hersteller rund 70 Euro.

Keine bittere Pille

Mit der Beats Pill meldet sich die Apple-Tochter erfolgreich auf dem Lautsprechermarkt zurück. Klanglich trumpft sie vor allem bei poppigen Stücken sowie Hip-Hop auf. Die Wiedergabe per Kabel und die Powerbank-Funktion gehören bei vielen anderen Lautsprechern nicht zum Standardrepertoire. Der Listenpreis von 170 Euro ist nicht billig, kann aber auch nicht als Wucher bezeichnet werden. AAC-fähige Konkurrenzprodukte wie etwa Sonys ULT Field 1 oder Boses Soundlink Flex kosten kaum weniger. Im freien Handel gibt es die Beats Pill bereits ab etwa 110 Euro. (hze) **ct**

**Ihre Meinung,
Zusatzmaterial, Webcode:**
ct.de/wzqn

IMPRESSUM

Redaktion

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

Leserbriefe und Fragen zum Heft:
sonderhefte@ct.de

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

Chefredakteur: Torsten Beeck (tbe, verantwortlich für den Textteil), Dr. Volker Zota (vza)

Konzeption: Sebastian Trepsch (tre)

Koordination: Jobst Kehrhahn (keh, Leitung)

Redaktion: Benjamin Kraft (bkr), Rudolf Opitz (rop), Johannes Schuster (jes), Inge Schwabe (ims), Sebastian Trepsch (tre), Christof Windeck (cwi), Holger Zelder (hze)

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

DTP-Produktion: Vanessa Bahr, Dörte Bluhm, Lara Bögner, Beatrix Dedek, Laura-Sophie Gruhn, Madlen Grunert, Emilie Hertzke, Cathrin Kapell, Steffi Martens, Marei Stade, Matthias Timm, Christiane Tümmeler, Nicole Wesche

Digitale Produktion: Christine Kreye (Leitung), Thomas Kaltschmidt, Martin Kreft, Pascal Wissner

Fotografie: Andreas Wodrich, Melissa Ramson

Titel: Steffi Martens

Verlag

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

Herausgeber: Christian Heise, Ansgar Heise, Christian Persson

Geschäftsführer: Ansgar Heise, Beate Gerold

Mitglieder der Geschäftsleitung: Jörg Mühle, Falko Ossmann

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

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

Leiter Vertrieb und Marketing: André Lux (-299)

Service Sonderdrucke: Julia Conrades (-156)

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

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

Einzelpreis: € 14,90; Schweiz CHF 27,90;
Österreich € 16,40; Luxemburg € 17,10

Erstverkaufstag: 21.11.2025

Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann trotz sorgfältiger Prüfung durch die Redaktion vom Herausgeber nicht übernommen werden. Kein Teil dieser Publikation darf ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Die Nutzung der Programme, Schaltpläne und gedruckten Schaltungen ist nur zum Zweck der Fortbildung und zum persönlichen Gebrauch des Lesers gestattet.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Haftung übernommen werden. Mit Übergabe der Manuskripte und Bilder an die Redaktion erteilt der Verfasser dem Verlag das Exklusivrecht zur Veröffentlichung. Honorierte Arbeiten gehen in das Verfügungsrecht des Verlages über. Sämtliche Veröffentlichungen erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patentschutzes.

Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt.

Hergestellt und produziert mit Xpublisher:
www.xpublisher.com

Printed in Germany.

Alle Rechte vorbehalten.

© Copyright 2025 by
Heise Medien GmbH & Co. KG



Links die Mails, rechts der Teamchat und dazwischen noch Office-Programme, Browserfenster und mehr: Wenn man mit vielen Apps gleichzeitig arbeitet, wird es auch auf einem großen Monitor schnell voll. In so einem Fall können Displays mit ultrabreiten Formaten ihre Stärken zeigen. Sie bieten viel mehr Platz in der Horizontalen als eingebaute Mac-Bildschirme oder herkömmliche 16:9-Monitore. Die zusätzliche Arbeitsfläche hilft dabei, viele Inhalte gleichzeitig im Blick zu behalten.

Wer einen Ultrabreitbildschirm nutzt, kann oft auf einen zweiten externen Monitor verzichten. Zudem stören keine Ränder zwischen zwei Displays, man benötigt ein Kabel weniger und muss auch nur einen einzigen externen Schirm in macOS verwalten. Besitzer von MacBooks mit einem normalen M1- oder M2-Chip (ohne Pro, Max oder Ultra) dürfte das besonders freuen, denn diese Geräte können werkseitig ohnehin nur einen einzigen externen Bildschirm ansteuern.

Wir haben uns sechs Breitformatmonitore mit USB-C-Dock, Displaydiagonalen von 34 bis 49 Zoll und Preisen von knapp 650 bis gut 1300 Euro angeschaut. Damit liegen die Kandidaten zwar preislich deutlich unter dem Studio Display, aber über den Preisen von hochauflösenden Monitoren (siehe Mac & i Heft 2/2024, S. 60).

Seitenverhältnis, Auflösung und Pixeldichte

Das Seitenverhältnis (auch Aspect Ratio) bezeichnet bei Monitoren das Verhältnis der Displaybreite zur -höhe. Die erste Zahl gibt dabei stets die Breite an. Apple setzt bei den eigenen Mac-Monitoren – vom iMac bis zum Studio Display – auf ein Seitenverhältnis von 16:9 oder bei den MacBooks mit Notch beinahe 16:9. Ultrawide-Monitore gehen noch weiter in die Breite: Die 34-Zoll-Modelle von Eizo und Philips haben das Seitenverhältnis 21:9

Ultrabreite Displays

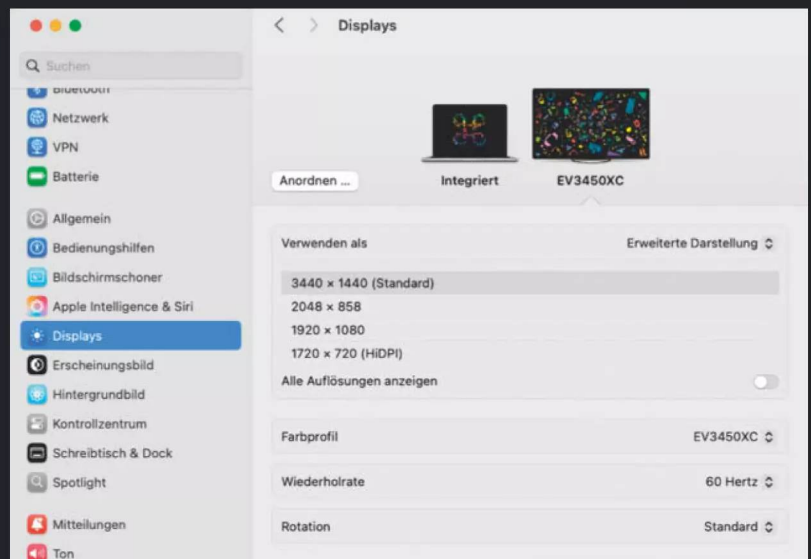
Monitore mit überbreiten Seitenverhältnissen bieten mehr Arbeitsfläche als Apple-Bildschirme. So behält man auch ohne ein Zweitdisplay viele Fenster oder lange Video-Timelines im Blick.

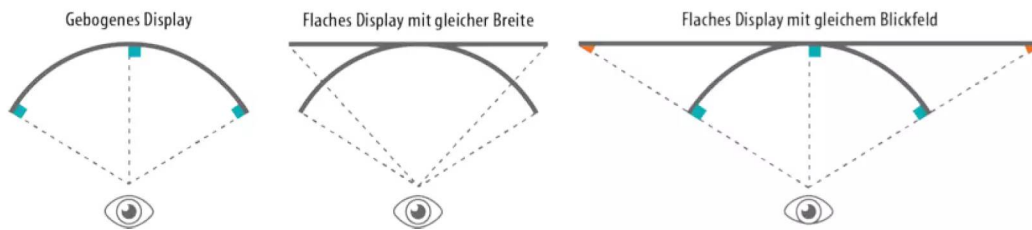
Von **Benjamin Kraft und Holger Zelder**

und zeigen 3440×1440 Pixel (UWQHD). Dell und LG schicken ihre 38-Zöller im 24:10-Format und mit 3840×1600 Pixeln (UWQXGA) ins Rennen. Die Kandidaten von Gigabyte und Lenovo haben zwar unterschiedliche Bilddiagonalen von 49 und 45 Zoll, aber beide besitzen 5120×1440 Bildpunkte (DQHD) im Verhältnis 32:9.

Zwar zeigen die großen Displays in der Breite so viele Pixel wie ein 5K-Bildschirm, in der Höhe halten sie aufgrund des Seitenverhältnisses jedoch nicht mit 4K- oder 5K-Monitoren mit. Die Pixeldichte und damit die Bildschärfe der Testkandidaten liegt nur zwischen 109 und 120 dpi (dots per inch, Pixel pro Zoll). Somit befinden sie sich in etwa auf dem Niveau von Apple-Displays wie dem iMac 27 Zoll von vor

Mit der breiten Auslösung hatte macOS 15.2 keine Probleme. Eine Retina-Skalierung stand aufgrund der Pixeldichte nicht zur Wahl.





Bei sehr breiten Displays vergrößert sich der Sehabstand zu den Rändern, was bei der Betrachtung anstrengen kann. Durch die Krümmung lässt sich dieser Abstand verringern.

Eine Retina-Auflösung mit schärferer Schrift bieten sie also nicht. Erfreulicherweise machte die ultrabreite Auflösung unter macOS Sequoia in unseren Tests keine Probleme.

Platz für Mehr

Wie groß der Platzgewinn ist, lässt sich gut an Office-Anwendungen sehen: Ein 27-Zoll-5K-Monitor wie Apples Studio Display hat eine Bilddiagonale von rund 68 Zentimetern und ein Seitenverhältnis von 16:9. Darauf zeigt er zwei DIN-A4-Seiten neben-

einander in Originalgröße an. Ein WQHD-Bildschirm mit 34 Zoll Bilddiagonale (gut 86 Zentimeter) bringt beinahe vier DIN-A4-Seiten nebeneinander unter, bei einem 38-Zöller (96,5 Zentimeter) im 24:10-Format sind es gut vier und ein 49-Zöller (knapp 125 Zentimeter) zeigt bequem fünf. Bei so viel Raum frohlocken Excel-Experten, die an monströsen Tabellen werkeln. Doch auch Cutter oder Musiker profitieren beim Schnitt respektive der Produktion von den längeren Timelines. Alternativ bekommt man auf dem ganzen Platz viele Werkzeugpaletten unter.

Eizo FlexScan EV3450XC

Eizo setzt sich mit vielen Details von seinen Konkurrenten ab, angefangen bei der soliden Verarbeitung. Die Höhe lässt sich präzise verstellen: Statt aus einem Schlitten wie bei der Konkurrenz besteht die Mechanik im Standfuß aus drei Segmenten. Der U-förmige Fuß wirkt vergleichsweise zierlich. Die Anschlüsse sitzen an der Rückseite statt an der Unterkante und lassen sich per Klappe verdecken.

Bei der technischen Ausstattung hält sich der Flexscan trotz eines Listenpreises von knapp 970 Euro vornehm zurück: Das blickwinkelunabhängige IPS-Panel zeigte nur den sRGB-Farbraum, erzielte im Test lediglich einen mittleren Kontrast von 955:1 und die Krümmung fällt gering aus. Die Bildwiederholrate liegt bei 60 Hertz. Die drei Ports des USB-Hubs arbeiten nur mit 5 Gbit/s. Wer mehrere Rechner anschließen will, kann den Gigabit-LAN-Port nicht zwischen ihnen teilen. Der Netzwerkanschluss steht nur via USB-C-Upstream zur Verfügung.

Neben einem Umgebungslichtsensor bringt der FlexScan EV3450XC ein eingebautes Mikrofon und die eingebaute 5-MPixel-Webcam mit, was für Videotelefonate praktisch ist. Die Kamera zeichnete ein sehr warmes, aber nicht

unangenehmes Bild auf. Mit externen Webcams hält sie jedoch nicht mit. Unter macOS stand als höchste Auflösung nur Full HD zur Verfügung. Eine Folgefunktion gibt es nicht, die Kameraposition lässt sich auch nicht verändern. Immerhin kann man die Linse mit einem Schiebeschalter verdecken; das Mikrofon funktioniert dann allerdings weiter.

Anstelle von Tastern oder einem Joystick bedient man das aufs Wesentliche reduzierte Monitormenü mit ziemlich sensiblen Touch-Elementen vorn am Rahmen. Einen KVM-Umschalttaster gibt es nicht, der Wechsel erfolgt zusammen mit dem Signaleingang. Im Monitormenü muss man diesem zuvor einen der USB-Streams zuordnen.

Bild-in-Bild kennt der FlexScan nicht. Über zwei Picture-by-Picture-Modi kann er die Bildfläche aber halbieren oder im Verhältnis 1:2 respektive 2:1 aufteilen. Windows und macOS erkannten die neue Auflösung sofort und ohne Nachhilfe. Im PbP-Modus liegt auf einer der Sensortasten ein Shortcut, um die Peripherie auf andere Gerät zu übertragen.



Eizos Flexscan EV3450XC ist gut verarbeitet, aber eher konservativ ausgestattet.

Philips 34B2U6603CH

Bei der Ausstattung trumpft der rund 650 Euro teure Philips-Monitor auf: Sein USB-Hub hat sechs Ports für Peripherie an Bord, davon drei mit USB-C. Zwei von diesen arbeiten zudem mit schnellem USB (10 GBit/s) oder, sofern der Hostrechner es beherrscht, mit Thunderbolt 4 (40 GBit/s). Der LAN-Port liefert 2,5 GBit/s. Links hinter der Displaykante ist neben drei USB-Ports eine Headset-Buchse eingelassen. Kopfhörer lassen sich an einem ausklappbaren Halter aufhängen.

Links unterm Rahmen sitzen drei Tasten für Videocalls: Mikro-Stummschaltung, Anrufannahme und „Busy Light“. Bei letzterem handelt es sich um ein Leuchtband an der Oberkante der neig- und versenkbaren Webcam. Dieses Licht glimmt rot, wenn man auf Sendung ist. Die 5-Megapixel-Kamera kann den Nutzer etwa 50 Zentimeter zu beiden Seiten verfolgen und leicht einzoomen, ähnlich wie Apples Center Stage. Allerdings empfanden wir das Kamerabild nicht schön: Es wirkte unschärfer als bei neueren FaceTime-Kameras und verlieh Hauttönen einen leichten Grünstich. Immerhin: Versenkt schaltet sie sich mitsamt Mikrofon ab. Über einen Umgebungslicht- und einen Anwesenheitssensor kann der 34-Zöller die Anzeige dimmen. Letzterer schaltet den Bildschirm aus, wenn niemand am Rechner sitzt.



Der 34B2U6603CH von Philips punktet mit guter Ausstattung. Unschöne Effekte verderben jedoch den Bildeindruck.

Bei der Bildqualität hält der 34B2U6603CH indes nicht mit Eizos FlexScan mit. Sein stärker gebogenes, kontraststarkes VA-Panel zeigte im Test zwar satte Farben und schaffte bis zu 120 Hertz, doch der matte Schirm war blickwinkelabhängiger und fleckig ausgeleuchtet: Bei hellem Bildinhalt störten uns links und rechts von der Bildmitte Längsstreifen. Am rechten Rand bemerkten wir einen dunkleren Fleck. Noch schlimmer empfanden wir allerdings, dass manche dunklen Bildelemente breite Schlieren nach sich zogen, wenn wir sie über den Schirm bewegten.

Das Bildmenü enthält viele Einstellungen. PiP funktionierte in jeder der vier Ecken in drei Größen, die Quellen ließen sich bequem tauschen. PbP stand nur als Bildschirmhalbierung zur Verfügung. In beiden Fällen schaltet man die Peripherie per „User“-Taste am Monitor zwischen den Rechnern um. Die KVM-Umschaltung geschieht via Signaleingangswahl, dabei wird auch der LAN-Port weitergereicht.

Krümmung

Je breiter ein Display ist, desto größer wird der Seh- abstand zwischen Nutzer und den Bildrändern. Daher ergibt es ab einer gewissen Bilddiagonale Sinn, den Bildschirm zu biegen. So verändert sich der Bildabstand über die Fläche und vor allem zu den Monitorrändern weniger als bei einem planen Panel, sofern der Nutzer stets in der Mitte sitzt. Da die Augen so seltener fokussieren müssen, ermüden sie nicht so schnell. Außerdem muss man den Kopf bei größeren Displays nicht so stark bewegen.

Den Grad der Krümmung geben die Hersteller in Form eines Bogenradius (R) an. Hier gilt die Faustregel: Je größer die Zahl, umso geringer fällt die Biegung aus. Und je größer das Display ist, desto stärker profitiert der Nutzer von der Biegung, wenn er direkt davor sitzt. Dem Eizo FlexScan EV3450XC sieht man seine sachte Krümmung von 3800R kaum an – sie ergäbe einen Bogenradius von 3,8 Metern, wenn man mehrere Exemplare nebeneinander stellen würde. Am stärksten sind Philips' 34B2U6603CH und Lenovos Legion R45w-30 gebogen (1500R).

In manchen Programmen kann sich die Krümmung etwas negativ auf die Darstellung auswirken, zumindest, wenn man von der Seite auf den Monitor blickt. So können Linien in Grafik- oder 3D-Programmen bei starker Krümmung verzogen wirken. Sitzt man nah und mittig davor, bemerkt man diesen Effekt aber nicht.

Paneltypen

Neben der Krümmung hat vor allem das Display-Panel Auswirkungen auf die Bildschirmqualität. Verbreitet sind Vertical Alignment (VA), In-Plane-Switching (IPS), Organic Light Emitting Diode (OLED) sowie Twisted Nematic (TN). TN-Displays kommen im Testfeld nicht vor und spielen mit ihren kurzen Schaltzeiten vor allem bei Gaming-Monitoren eine Rolle, gelten aber als sehr blickwinkelabhängig und kontrastarm.

VA-Panels geben Farben sehr satt wieder und können sehr hohe Kontraste darstellen. Die Reaktionszeit – also die Zeitspanne bis zur Umsetzung neuer Bildsignale – ist schlechter als bei TN-Panels.

Dell UltraSharp U3824DW

Fast 1300 Euro ruft Dell für seinen 38-Zöller auf. Der Monitor steht auf seinem großen Fuß sicher, doch wackelte er am Ständer nach Berührungen mehrere Sekunden stark nach. Das lag an der Aufhängung am Standfuß. Justieren ließ sich das nicht, hier kann man sich nur mit einem stabilen VESA-Halter behelfen.

Der Ultrasharp U3824DW besitzt 3840×1600 Pixel im Seitenverhältnis 24:10. Seine Bildwiederholrate reicht mit bis zu 60 Hz für Grafiker und Büroarbeiten aus. Das IPS-Black-Panel zeigte satte Farben. Für die volle DCI-P3-Abdeckung war das Grün jedoch etwas zu blass, Rot und Blau hingegen zu kräftig. Sehr gut gefiel uns hingegen der für ein IPS-Panel hohe mittlere Kontrast von 1600:1.

Wie beim Großteil des Testfeldes war das Panel ungleichmäßig ausgeleuchtet, die Helligkeit fiel hier vor allem nach unten ab. Daran änderte auch die Funktion „Uniformity Compensation“ (zu Deutsch: Gleichförmigkeitsanpassung) nichts, die eigentlich die Homogenität der Ausleuchtung verbessern soll. Skurrilerweise kletterte mit ihr die Leuchtdichte von rund 260 auf knapp 300 cd/m². Normalerweise sinkt die maximale Helligkeit des Panels durch eine solche Funktion ab, anstatt zuzunehmen.

Das Feature hatte eine weitere Nebenwirkung: Zwei Kollegen berichteten nach einiger Zeit vor dem Schirm von Unwohlsein



Dells UltraSharp U3824DW bringt eine durchdachte KVM-Steuerung mit.

und Kopfschmerzen. Da diese Effekte ziemlich ungewöhnlich waren, kontaktierten wir den Hersteller und orderten ein zweites Testgerät. Dessen Uniformity-Funktion verbesserte die Homogenität der Ausleuchtung messbar, auch das für Unwohlsein sorgende Flimmern war beim neuen Modell verschwunden. Das neue Display zeigte aber wie das erste Gerät leichte Abschattungen auf dem Panel.

Neben den vier digitalen Bildeingängen hat der Dell-Monitor einen zweiten USB-C-Upstream für einen weiteren Rechner, der allerdings nur Daten und keine Videosignale überträgt. Der eingebaute Hub bietet neben einer LAN-Buchse mit 2,5-Gbit/s sieben USB-Downstream-Ports, allesamt mit 10 Gbit/s; zwei davon als USB-C-Anschlüsse ausgeführt.

Den USB-Hub schaltet man dann entweder per Shortcut im sehr guten Bildmenü um oder via angelegtem Tastenkürzel in der Dell-Software Display Manager. USB-Geräte ziehen beim Wechsel des Signaleingangs mit. Vorbildlich: Im Monitormenü kann man den Ethernetport einem der Videoeingänge fest zuweisen. Dann schaltet dieser nicht mit um, sodass laufende Datenübertragungen nicht unterbrochen werden. PiP funktioniert in jeder der vier Ecken in zwei Größen, im PBP-Betrieb darf man das Display mittig oder im Verhältnis 2:1 oder 1:2 teilen.

Bei der Blickwinkelabhängigkeit zeigen sie sich besser als TN-Panels, aber schlechter als IPS-Technik. Das fällt bei gebogenen Monitoren aber nicht immer ins Gewicht.

IPS-Panels überzeugen vor allem Grafiker mit einer hohen Farbtreue. Sie zeigen meist auch von der Seite nur geringe Farbverfälschungen und sind in der Regel blickwinkelstabiler als TN- und VA-Panels. Dafür ist die Reaktionszeit meist schlechter. Apple setzt bei seinen Mac-Monitoren, dem Studio Display und dem Pro Display XDR auf IPS-Panels.

OLED-Panels gewinnen auf dem Monitormarkt langsam an Bedeutung. Die Panels haben keine separate Hintergrundbeleuchtung, jedes Pixel kann selbst leuchten. Da ein OLED für die Schwarzdarstellung einzelne Pixel abschaltet, sorgt dies nicht nur für hervorragende Schwarzwerte, sondern auch für Spitzenkontraste, eine hohe Blickwinkelstabilität, große Betrachtungswinkel und höchstmögliche Bildwiederholfrequenzen. QD-OLEDs (Quantum Dot Organic Light Emitting Diode) sind ein Untertyp von

OLEDs mit Quantenpunkten. Diese nutzen eine blau emittierende Schicht statt einer weißen. Das soll unter anderem die Farbdarstellung sowie die Helligkeitswerte bei HDR verbessern. Da die Pixel bei QD-OLEDs dreieckig angeordnet sind, neigen solche Geräte zu Farbsäumen.

Dell, Eizo und LG setzen wie Apple auf IPS-Technik, Lenovo und Philips bauen VA-Panels ein. Nur Giga-byte greift zu einem QD-OLED-Panel.

Dock im Monitor

Alle Testkandidaten bringen einen USB-C-Port mit. Besonders MacBook-Nutzer profitieren von diesem Anschluss, weil über das Displaykabel auch Strom ins Notebook fließt. Die Monitore im Testfeld liefern mit einer Ausnahme mindestens 75 Watt.

Obendrein überträgt USB-C neben Bildsignalen gleichzeitig Daten. Jeder Testkandidat hat einen kompletten USB-Hub mit zwei bis sieben USB-Ports an Bord. Über einen zweiten USB-Upstream lässt

LG UltraWide 38WR85QC-W

Der weiße 38-Zöller von LG nutzt zwar ein anderes Panel als der Dell-Monitor, zeigt aber einige Ähnlichkeiten. Beide bieten 3840× 1600 Pixel im Seitenverhältnis 24:10. Das LG-Display bietet praktisch identisch satte Farben. Die Displayaufhängung am Ständer wirkte bei LG deutlich stabiler, wenngleich auch nicht gänzlich wippfrei.

Die mögliche Bildwiederholrate ist mit 144 Hz mehr als doppelt so hoch wie beim Dell. Dafür erzielte der UltraWide 38WR85QC-W in unseren Messungen nur einen mittleren Kontrast von 838:1. Das ist für heutige Verhältnisse nur Mittelmaß. Außerdem zeigte sich der LG-Schirm deutlich blickwinkelpfindlicher als der Dell, was uns bei einem IPS-Panel verwundert. Wer aber mittig vor dem Schirm sitzt, bemerkt das nicht. Die Helligkeit fiel zu den Seiten stärker als bei der Konkurrenz ab, was besonders in den oberen Ecken negativ auffiel.

Mit SDR-Inhalten leuchtete das LG-Display bis zu 444 cd/m² hell. Es besitzt eine Zertifizierung für den VESA-Standard DisplayHDR 600. Tatsächlich kamen wir in Tests mit einem HDR-Signal auf 660 cd/m².

Der Monitor bietet Local Dimming, kann also gezielt Bereiche der Hintergrundbeleuchtung komplett ausschalten. Allerdings



LGs 38WR85QC-W leuchtet bei HDR-Inhalten hell und lässt sich auch per Software ansteuern, leistet sich aber kleine Schnitzer.

ist der Monitor lediglich in zwölf dimmbare Zonen unterteilt. Für nennenswerte HDR-Effekte genügt das bei Weitem nicht. Zum Vergleich: Apples Pro Display XDR hat 576 solcher Zonen an Bord.

Rudimentäre PiP- und PbP-Modi sind vorhanden. Um Peripherie umzuschalten, muss man zunächst einen Shortcut via Monitor-Menü zuweisen. Im KVM-Betrieb schaltet man die Eingabegeräte ebenfalls manuell um. Bequemer geht das mit dem Tool LG Switch, das auf der Supportseite zum Download (siehe Webcode) bereitsteht. Das Tool erlaubt Änderungen an den Bildschirmeinstellungen direkt aus macOS oder Windows und kann einen Shortcut anlegen, mit dem man zwischen den angeschlossenen Rechnern wechselt.

Über das Programm DualControl lässt sich sogar ein zweiter Computer im Netzwerk auf einer der Bildschirnhälften steuern. Dafür muss auf beiden Rechnern das Programm DualControl installiert sein. Einen der beiden Zusprieler konfiguriert man als Steuergerät, den anderen als Client.

Lenovo Legion R45w-30

Mit breitem, kantigem Fuß, schwarzem Kunststoffgehäuse, dicken Schriftzügen auf der Rückseite und einer blauen LED präsentiert sich der Legion als Gaming-Display. Doch der solide, wackelfeste Monitor bringt viele Qualitäten für das Büro mit. Sein VA-Panel besitzt 5120×1440 Pixel, erzielte im Labor einen Kontrast von 1382:1 und deckte den P3-Farbraum abgesehen von einem blassen Grün größtenteils ab. Mehr als 388 cd/m² Spitzenhelligkeit konnten wir im Test nicht erreichen, obwohl er DisplayHDR-400-zertifiziert ist. Das Panel schafft 165 Hertz. Beim Wechsel zwischen Schwarz und dunklen Grautönen zeigten sich jedoch Schlieren an bewegten Kanten.

Mit einer 2,5-Gbit-LAN-Buchse und drei USB-A-Ports mit 5 Gbit/s ist die Ausstattung in Ordnung. Für die KVM-Umschaltung gibt es einen eigenen Taster hinter dem



rechten Displayrahmen, über den zuvor einander zugeordnete USB- und Displayanschlüsse per Knopfdruck gemeinsam umgeschaltet werden, inklusive LAN-Port. Das Monitor-Menü versprüht einen gewissen Retrocharme, was aber nur den Look, nicht die Bedienung betrifft.

Im PbP-Modus teilt sich die Displayfläche im Verhältnis 1:1, PiP ist in allen vier Ecken möglich, aber nur in einer Größe. In beiden Fällen funktioniert der KVM-Umschalttaster ebenso. Im Modus „True Split“ teilt das Bildmenü die Fläche entweder ebenfalls 50:50 oder im Verhältnis 2:1. Das klappte allerdings nur unter Windows zuverlässig, macOS spiegelte den Inhalt der linken auf der rechten Seite.

Lenovo richtet sich mit dem 45 Zoll großen Legion R45w-30 vor allem an Gamer, die ein breites Display suchen.

Gigabyte Aorus CO49DQ

Breiter ist keiner, zumindest in diesem Testfeld: Die Anzeigefläche des 49 Zoll großen Aorus CO49DQ entspricht der von zwei nebeneinander stehenden 27-Zöllern – nur eben ohne störende Kanten in der Mitte. Er kostet rund 1000 Euro und bietet die DQHD-Auflösung von 5120×1440 Pixel bei einem Seitenverhältnis von 32:9. Zeigt man im Picture-by-Picture-Modus zwei angeschlossene Rechner nebeneinander an, halbiert sich diese und man erhält so zwei Fenster mit der WQHD-Auflösung (2560×1440 Pixel). Mit diesem verbreiteten Standardformat kamen Apple-Geräte gut klar.

Die KVM-Umschaltung ist zunächst nur über das gute Bildmenü möglich, lässt sich aber als Shortcut auf den Joystick legen, der mittig unterm Displayrahmen sitzt und für die Menünavigation zuständig ist. PiP ist in drei Größen in jeder der vier Ecken möglich. Die Peripherie zwischen den beiden Quellen zu wechseln ist dabei ebenso möglich, wie die beiden Quellen zu tauschen.

Das QD-OLED-Panel der ersten Generation zeigte sehr satte Farben und – typisch für diese Displaytechnik – ein tiefes Schwarz. Mehr noch als Lenovos Legion richtet sich der Aorus vor allem an Gamer. Das vermitteln schon das Gehäuse und sein dynamischer, aber auch platzfressend gespreizter Fuß. Das Panel schafft



Mit QD-OLED-Panel und satten 49 Zoll Bild diagonale will sich der Aorus CO49DQ vom Testfeld absetzen.

bis zu 144 Hertz Bildwiederholrate und punktet OLED-typisch mit kurzen Schaltzeiten. Dass es nur die Zertifizierung für den VESA-Standard DisplayHDR True Black 400 trägt, ist massiv tief gestapelt: Im HDR-Modus erzielte der Monitor auf einer zehnpromzentigen Weißfläche gut 780 cd/m².

Die Breite macht in Spielen Spaß, in denen man sich zwar vor allem auf die Bildmitte konzentrieren, aber auch die seitliche Peripherie nicht aus den Augen verlieren möchte. Fürs Büro ist der Aorus CO49DQ weniger geeignet. Das beginnt mit der Breite, die man erst einmal ausnutzen können muss. Hinzu kommt, dass er nur zwei USB-Ports hat, die zudem nur mit 5 Gbit/s arbeiten, und keine LAN-Buchse mitbringt. Sein USB-C-Port liefert nur 18 Watt via Power Delivery. MacBook-Nutzer brauchen also ein weiteres Netzteil. Am meisten dürften die Farbsäume an kontraststarken Kanten stören. Diese Makel sind aber typisch für QD-OLED-Panels.

sich ein zweiter Rechner verbinden, etwa ein Desktop-Mac oder ein PC. Bis auf das Gigabyte-Gerät bringen alle Testkandidaten eine LAN-Buchse mit. Bei Eizo und LG arbeitet diese mit einfacher Gigabit-Geschwindigkeit, bei Dell, Philips und Lenovo mit 2,5 Gbit/s. Treiber mussten wir für den Betrieb unter macOS Sequoia nicht installieren. Beim Monitor von Phillips liegt an der USB-C-Buchse außerdem Thunderbolt 4 an, sofern der Host-Rechner dies bereitstellt.

Eingebaute Lautsprecher haben alle Testkandidaten. Allerdings taugen die eher für Systemklänge und gelegentliche Telefonate. Musik oder Filme spielt man damit nicht gern ab. Die Monitore von Eizo und Philips bringen obendrein eingebaute Mikrofone und versenk- oder verschließbare Webcams mit, sodass man ohne weiteres Zubehör an Videokonferenzen teilnehmen kann. Alle Testkandidaten haben einen Kopfhörerausgang, einige auch einen Mikrofoneingang oder eine kombinierte Buchse für Headsets.

KVM-Funktion

Die Kombination aus zwei USB-Upstreams, dem Hub und zahlreichen Bildeingängen erlaubt, die Testkandidaten als KVM-Switch (Keyboard, Video, Mouse) zu nutzen. Mit einer Tastatur und Maus steuert man so abwechselnd die angeschlossenen Rechner, denn sämtliche am Hub angesteckte Peripherie wandert beim Wechsel des Displayeingangs mit. Das gilt also auch für USB-Sticks, Festplatten, Webcams, Drucker und Sonstiges, sogar der LAN-Port wird umgeschaltet. Das sollte man allerdings auch berücksichtigen, um nicht versehentlich einen Download oder eine Datensicherung abubrechen.

Zwei auf einmal

Jeder Testkandidat besitzt vier moderne Videoeingänge. Zum USB-C-Port gesellen sich zwei HDMI-Anschlüsse sowie ein Displayport. Das ermöglicht nicht nur, dass sich zwei Rechner den gesamten Monitor

abwechselnd teilen, sondern auch gleichzeitig. Bei PiP (Picture-in-Picture, Bild-in-Bild) erscheint das Videosignal des einen Rechners als kleines Fenster im Desktop des anderen. Die Zuordnung legt man im Monitor-Menü fest, manche Modelle erlauben es, die Position per Shortcut oder Taste zu tauschen. Darüber lassen sich außerdem geteilte, an den Monitor angeschlossene Eingabegeräte (siehe oben) einem Gerät zuweisen. Die Spielart PbP (Picture-by-Picture) teilt hingegen die Bildschirmfläche in der Mitte, sodass jedem Rechner die volle Höhe, aber die halbe Breite zur Verfügung steht.

Ergonomie

Schon allein aufgrund der breiten Panels haben alle Testkandidaten große, raumgreifende Standfüße und benötigen vergleichsweise viel Platz auf dem Schreibtisch. An den Ständern lassen sich alle Kandidaten in der Höhe verstellen, neigen und drehen. Eine Pivotfunktion fürs Hochformat bringt keiner mit. Bei manchen wippt der Bildschirm am Ständer nach Berührungen einige Sekunden nach, etwa wenn man ihn gedreht oder das Bildmenü über Tasten oder Joystick gesteuert hat. Besonders ausgeprägt ist das beim Dell-Display. Jeder Kandidat lässt sich auch an einem Monitorarm mit Vesa-Halterung befestigen (siehe Mac & i Heft 1/2024, S. 94). Da die Breitbildschirme recht schwer und ausladend ausfallen, sollte ein Monitorarm entsprechend robust sein.

Helligkeit und HDR

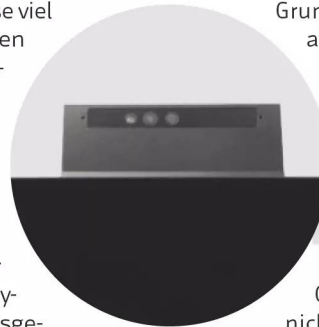
Wer bei normaler Büroarbeit ergonomisch arbeiten will, sollte seinen Bildschirm auf 120 cd/m² Helligkeit stellen. Um Reflexionen von Lampen entgegenzuwirken oder um Hochkontrastinhalte (HDR) darzustellen, kommt es auf die Maximalhelligkeit an. Hier reicht die Spanne von 255 cd/m² bei Gigabytes OLED-Display bis 444 cd/m² bei LGs klassischem IPS-Panel. Das gilt wohlgeachtet für SDR-Quellen. Im HDR-Betrieb, den immerhin vier der sechs Geräte beherrschen, ist das Gigabyte-Display der mit 787 cd/m² hell strahlende Sieger vor LG mit 600 cd/m². In unserem Messverfahren ermitteln wir die maximale HDR-Helligkeit auf zehn Prozent der Bildfläche mit reinem Weiß auf einem ansonsten schwarzen Schirm. Hier

können OLED-Displays ihre Vorteile ausspielen, die ein Gesamtenergiebudget für die Anzeigefläche haben. Wenn nur ein kleiner Teil des Panels leuchten muss, kann er bei einem OLED umso heller strahlen, da die restlichen Pixel abgeschaltet werden.

Farbdarstellung

Neben dem sRGB-Farbraum unterstützen einige Testkandidaten den weiten Farbraum DCI-P3, den auch aktuelle Apple-Displays darstellen können. DCI-P3 oder auch kurz P3 ist in etwa so groß wie Adobe RGB, deckt aber nicht das identische Spektrum ab.

Die Hälfte der Hersteller geben für ihre Probanden eine DCI-P3-Abdeckung von 98 Prozent an, sagen aber nicht, was zur kompletten Abdeckung fehlt. Schwächelt ein Display bei einer der drei Grundfarben, während die anderen akkurat abgebildet werden? Oder schießt ein Ton gar über das Ziel hinaus? Meist erreicht



Der Monitor von Philips hat eine versenkbare Webcam eingebaut.

Grün den für DCI-P3 geforderten Wert nicht, während Rot übersteuert.

Kontraste und Ausleuchtung

Früher galt ein mittlerer Kontrast von 1000:1 als gut, und auch Displays mit niedrigeren Kontrastverhältnissen reichen für die Büroarbeit aus. Apples Studio Display liefert beispielsweise einen Kontrast von 1100:1 (siehe Mac & i Heft 5/2022, S. 114).

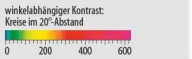
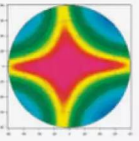
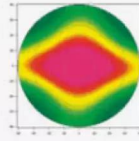
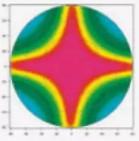
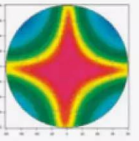
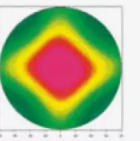
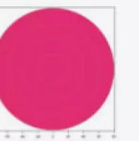
Aktuelle Panels erzielen inzwischen deutlich höhere Kontraste. OLED-Displays können jedes Pixel abschalten und erreichen einen rechnerisch unendlichen Kontrast. Doch auch VA-Panels kommen auf 2000:1 und mehr. IPS-Displays halten da meist nicht mit und erzielen zwischen 800:1 und 1600:1, wie im Falle des Dell-Displays mit IPS-Black-Display.

Ein Schwachpunkt unserer Testkandidaten ist die Ausleuchtung, die durchweg zu den Seiten hin abnimmt, was vor allem bei großen gleichfarbigen Flächen sichtbar wird. Im Büroalltag fällt das nicht allzu stark ins Gewicht. Für die Bildbearbeitung ist eine solche stark schwankende Helligkeitsverteilung problematisch, weil man sich nicht darauf verlassen kann, dass die Darstellung akkurat ist.

Gebogene Monitore von 34 bis 49 Zoll mit USB-C-Dock

Modell	FlexScan EV3450XC (EV3450XC-BK)	34B2U6603CH (34B2U6603CH/00)	UltraSharp U3824DW (210-BHXB)	UltraWide 38WR85QC-W (38WR85QC-W.AEU)	Legion R45w-30 (67B1GAC3EU)	Aorus CO49DQ (CO49DQ-EK)
Hersteller	Eizo	Philips	Dell	LG	Lenovo	Gigabyte
Displaydiagonale / Biegung / Auflösung (Pixeldichte)	34,1" (86,6 cm) / 3800R / 3440 × 1440 (109 dpi)	34" (86,4 cm) / 1500R / 3440 × 1440 (110 dpi)	37,5" (95,3 cm) / 2300R / 3840 × 1600 (111 dpi)	37,5" (95,3 cm) / 2300R / 3840 × 1600 (111 dpi)	44,5" (113 cm) / 1500R / 5120 × 1440 (120 dpi)	49" (124,5 cm) / 1800R / 5120 × 1440 (109 dpi)
Paneltyp / Seitenverhältnis / max. Bildwiederholfrequenz	IPS (mattiert) / 21:9 / 60 Hz	VA (mattiert) / 21:9 / 120 Hz ¹	IPS (mattiert) / 24:10 / 60 Hz	IPS (mattiert) / 24:10 / 144 Hz	VA (mattiert) / 32:9 / 165 Hz	QD-OLED (glänzend) / 32:9 / 144 Hz
Anschlüsse	DP ² , 2 × HDMI ² , USB-C (inkl. DP, USB 5 Gbit/s, USB-PD 94 W), USB-B (5 Gbit/s), 3,5-mm-Klinke (Line-Out)	DP 1.4, 2 × HDMI 2.0, USB-C (Thunderbolt 4/USB4 inkl. DP 1.4, USB-PD 100 W) + USB-C (10 Gbit/s), 3,5-mm-Klinke (Line-In/-Out)	DP 1.4, 2 × HDMI 2.1, USB-C (inkl. DP 1.4, USB 10 Gbit/s, USB-PD 90 W), USB-C (10 Gbit/s), 3,5-mm-Klinke (Line-Out)	DP 1.4, 2 × HDMI 2.1, USB-C (inkl. DP 1.4, USB 5 Gbit/s, USB-PD 90 W), USB-B (5 Gbit/s), 3,5-mm-Klinke (Line-In/-Out)	DP 1.4, 2 × HDMI 2.1, 1x USB-C (inkl. DP 1.4, USB 5 Gbit/s, USB-PD 75 W), USB-B 3.0 (Upstream, 5Gbit/s), 3,5-mm-Klinke (Line-Out)	DP 1.4, 2 × HDMI 2.1, USB-C (inkl. DP 1.4, USB 5 Gbit/s, USB-PD 18 W), USB-B (5 Gbit/s), 3,5-mm-Klinke (Line-Out)
Ausstattung	USB-Hub (USB-C 5 Gbit/s + PD 15W, 2 × USB-A 5 Gbit/s), Lautsprecher (2 × 4 W), LAN: 1 GbE, biometrische 5-MPixel-Webcam, Mikrofon	KVM-Switch, USB-Hub (1 × USB-C 10 Gbit/s + PD 45 W, 4 × USB-A 10 Gbit/s, 1 × Thunderbolt 4 + USB-PD 15W), Lautsprecher (2 × 5 W), LAN: 2G5, biometrische 5-MPixel-Webcam, Mikrofon	USB-Hub (2 × USB-C 10 Gbit/s + PD 15W, 5 × USB-A 10 Gbit/s), Lautsprecher (2 × 9W), LAN: 2G5	USB-Hub (4 × USB-A 5 Gbit/s), Lautsprecher (2 × 7W), LAN: 1 GbE	USB-Hub (3 × USB-A 5 Gbit/s), Lautsprecher (2 × 3W), LAN: 2G5	USB-Hub (2 × USB-A 5 Gbit/s + USB-PD 7,5W), Lautsprecher (2 × 5 W)
Netzteil / VESA-Halterung (Lochabstand)	intern / ✓ (10 × 10 cm)	intern / ✓ (10 × 10 cm)	intern / ✓ (10 × 10 cm)	intern / ✓ (10 × 10 cm)	intern / ✓ (10 × 10 cm)	intern / ✓ (10 × 10 cm)
Besonderheiten / HDR-Standard / VRR-Standard	Umgebungslichtsensor / — / —	Thunderbolt 4, Anwesenheitssensor, Umgebungslichtsensor / VESA DisplayHDR 400 / Adaptive Sync	IPS-Black-Panel / — / —	— / VESA DisplayHDR 600, HDR10 / Adaptive Sync, AMD FreeSync Premium (48–144 Hz, HDR- und LFC-Support), NVIDIA G-Sync Compatible (48–144 via DP)	True-Split-Modus / VESA DisplayHDR 400 / Adaptive Sync, AMD FreeSync Premium Pro (48–165 Hz, HDR- und LFC-Support)	— / VESA DisplayHDR True Black 400 / Adaptive Sync, AMD FreeSync Premium (48–144 Hz, HDR- und LFC-Support)
PIP / PbP	— / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Einstellungen: Höhe / Neigung / Drehung / Pivot	✓ / ✓ / ✓ / —	✓ / ✓ / ✓ / —	✓ / ✓ / ✓ / —	✓ / ✓ / ✓ / —	✓ / ✓ / ✓ / —	✓ / ✓ / ✓ / —
Lieferumfang	Kabel: DisplayPort, USB-C, USB-A-B, Netz	Kabel: DP, HDMI, Thunderbolt 4, Netz	Kabel: DP, HDMI, USB-C, USB-A-C, Netz	Kabel: DP, HDMI, USB-C, USB-A-B, Netz	Kabel: DP, USB-A-B, Netz	Kabel: DP, HDMI, USB-A-B, Netz
Software zur Bildschirmsteuerung	Screen InStyle (macOS, Windows)	SmartControl	Dell Display Manager (macOS, Windows)	LG Switch, LG DualControl (macOS, Windows)	Lenovo Artery (Windows)	Gigabyte Sidekick (Windows)
Maße (B × H × T) / Gewicht	81,9 cm × 41,5–60,9 × 25 cm / 12,1 kg	80,7 cm × 39,5–57,5 cm × 28,1 cm / 10,6 kg	89,4 cm × 44,4–56,4 cm × 25,1 / 13,7 kg	89,6 cm × 48,4–59,4 cm × 30,7 cm / 10,5 kg	108,9 cm × 39,3–52,8 cm × 34,1 cm / 12,1 kg	119,5 cm × 42,9–55,9 cm × 26,2 cm / 11,3 kg

Messwerte						
Leistungsaufnahme Off / Standby / Betrieb ³	0,3 W / 0,3 W / 23 W	0,5 W / 0,5 W / 26 W	0,3 W / 0,4 W / 27 W	0,1 W / 0,3 W / 32 W	0,3 W / 0,3 W / 26 W	0,3 W / 0,45 W / 63 W
Leuchtdichteregulierungsbereich (HDR ⁴)	1 ... 287 cd/m ²	40 ... 411 cd/m ²	27 ... 260 ⁵ (334) cd/m ²	71 ... 444 (600) cd/m ²	72 ... 388 (364) cd/m ²	2 ... 255 (787) cd/m ²

Kontrast						
min. Sichtfeld / erw. Sichtfeld (proz. Abweichung) ⁶	955:1 (25,1 %) / 582:1 (63 %)	2237:1 (44,7 %) / 1133:1 (86,6 %)	1642:1 (34,9 %) / 932:1 (78,7 %)	838:1 (29,2 %) / 507:1 (69,1 %)	1382:1 (77,2 %) / 675:1 (124,4 %)	rechnerisch unendlich
Die runden Diagramme geben die Winkelabhängigkeit des Kontrasts wieder. Blaue Farbanteile stehen für niedrige, rötliche für hohe Kontraste. Kreise markieren die Blickwinkel in 20-Grad-Schritten, im Idealfall wäre das gesamte Bild pink. winkelabhängiger Kontrast: Kreise im 20°-Abstand 						

¹ nur via DisplayPort ² Hersteller macht keine Angabe zur Generation ³ bei 120 cd/m² ⁴ bei 10 % Weißinhalt auf schwarzem Hintergrund ⁵ mit Uniformity Compensation 25 ... 295 cd/m²
⁶ Mittelwert und Standardabweichung des Kontrasts im minimalen beziehungsweise erweiterten Sichtfeld. Das minimale Sichtfeld umfasst alle Einblickwinkel, unter denen ein Betrachter das Bild sieht, wenn er aus 60 cm Entfernung frontal auf die Schirmmitte schaut; die Bilddecken sieht er dabei unter dem größten Winkel. Im erweiterten Sichtfeld bewegt er den Kopf parallel zur Schirmfläche bis zu den Displaykanten; der Einblickwinkel auf die gegenüberliegenden Bildränder nimmt zu, der mittlere Kontrast sinkt.
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden/funktioniert — nicht vorhanden

Gebogene Monitore von 34 bis 49 Zoll mit USB-C-Dock

Modell	FlexScan EV3450XC (EV3450XC-BK)	34B2U6603CH (34B2U6603CH/00)	UltraSharp U3824DW (210-BHXB)	UltraWide 38WR85QC-W (38WR85QC-W.AEU)	Legion R45w-30 (67B1GAC3EU)	Aorus CO49DQ (CO49DQ-EK)
Bewertungen						
Kontrasthöhe / Blickwinkel- abhängigkeit	○ / ⊕	⊕⊕ / ○	⊕⊕ / ⊕⊕	○ / ⊕	⊕ / ○	⊕⊕ / ⊕⊕
Ausleuchtung / Farbeindruck	○ / ⊕	○ / ⊕	○ / ⊕	⊖ / ⊕	⊖ / ⊕	○ / ⊕⊕
Bedienung / Verarbeitung	⊕ / ⊕⊕	⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕
Preis (UVP) / Garantie	969 € / 5 Jahre	649 € / 3 Jahre	1288 € / 3 Jahre	1249 € / 2 Jahre	999 € / 3 Jahre	999 € / 3 Jahre
¹ nur via DisplayPort ² Hersteller macht keine Angabe zur Generation ³ bei 120 cd/m ² ⁴ bei 10 % Weißinhalt auf schwarzem Hintergrund ⁵ mit Uniformity Compensation 25 ... 295 cd/m ² ⁶ Mittelwert und Standardabweichung des Kontrasts im minimalen beziehungsweise erweiterten Sichtfeld. Das minimale Sichtfeld umfasst alle Einblickwinkel, unter denen ein Betrachter das Bild sieht, wenn er aus 60 cm Entfernung frontal auf die Schirmmitte schaut; die Bildecken sieht er dabei unter dem größten Winkel. Im erweiterten Sichtfeld bewegt er den Kopf parallel zur Schirmfläche bis zu den Displaykanten; der Einblickwinkel auf die gegenüberliegenden Bildränder nimmt zu, der mittlere Kontrast sinkt. ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden/funktioniert — nicht vorhanden						

Fazit

Für diejenigen, die nur einen einzigen Bildschirm anschaffen können, bringen die Kandidaten reichlich Arbeitsfläche mit. Da sie mehr Platz als andere Monitore benötigen, spielt die Größe noch mehr in die Kaufentscheidung hinein.

Die kompakten 34-Zöller haben zwar nicht die höchste Pixeldichte, bringen aber Webcams mit und passen auf die meisten Schreibtische. Für Philips sprechen der niedrigere Preis und die besseren Anschlüsse wie Thunderbolt 4. Der Monitor von Eizo ist weniger stark gekrümmt, was ihn für grafische Anwendungen interessanter macht. Zudem bietet er im Endeffekt die bessere Bildqualität und die bessere Webcam.

Die 38-Zöller sind durch ihre Krümmungen nur etwas breiter als die 34-Zöller. Dafür sind sie höher, was sie etwas vielseitiger macht. Der günstigere LG 38WR85QC-W bringt eine hohe Bildwiederholrate mit. Dells U3824DW kann mit Anschlüssen und dem besseren Kontrast punkten, wackelte aber stärker.

Die beiden größten Testkandidaten benötigen den meisten Platz. Lenovos Legion R45w-30 punktet mit der höchsten Pixeldichte in diesem Vergleich sowie dem sehr guten Kontrast. Die drei USB-Buchsen und der 2,5-Gbit-LAN-Port sprechen für den Einsatz im Büro. Bei Gigabytes Aorus CO49DQ stören die Farbsäume an kontraststarken Kanten, die Portausstattung und die Ladeleistung an USB-C. Beim Kontrast, der Farbdarstellung und der Reaktionszeit führt er dafür das Testfeld an. (hze) **ct**

Ihre Meinung,
Zusatzmaterial, Webcode:

ct.de/wk7q

RAUS AUS DEN US-CLOUDS!




DIGITAL SOUVERÄN
Wie Sie die Kontrolle über Ihre Daten gewinnen

Cloud-Projekte zum Selbsthosten
Dienste selber betreiben: Foto-Speicher bis Server/Services
Open-Source-Alternativen zu Cloud-Diensten

Admin-Wissen für die private Cloud





JETZT UMSTEIGEN!



**shop.heise.de/
ct-digital-souveraen**



Scan-Druck-Kopierer

Schon für weniger als 100 Euro bekommt man kompakte Tintendrucker mit Flachbettscanner und WLAN, die randlose Fotos in ansehnlicher Qualität zu Papier bringen können. Welches Gerät sich für Mac-Anwender am ehesten lohnt, klärt unser Test.

Von **Rudolf Opitz und Johannes Schuster**



HP Envy 6520e

Canon



BLACK



COLOR



Wer privat nur sehr wenig druckt, will vermutlich für ein Gerät nicht viel Geld ausgeben, aber damit am besten auch kopieren und scannen können. Deshalb erfreuen sich Tinten-Multifunktionsdrucker großer Beliebtheit. Sie gibt es zahlreich und mit unterschiedlicher Ausstattung in jedem Technikmarkt. Angeboten werden Geräte zu Straßenpreisen ab 85 Euro, die Fotos randlos kopieren, WLAN mitbringen und per AirPrint vom iPhone oder iPad sowie beidseitig drucken.

Für den Artikel haben wir uns den Canon Pixma TS7650i, den Epson Expression Home XP-4200 und den erst im November 2024 vorgestellten HP Envy 6520e angesehen.

Mäßige Geschwindigkeit

Bei Text und Grafik in Normalqualität schaffen alle Testkandidaten 8 bis 12 Seiten pro Minute, der Canon Pixma im Entwurfsdruck sogar 15 Seiten. Für Haushalte mit geringem Druckaufkommen reicht die Geschwindigkeit, zumal der Papiervorrat der Drucker mit meist 100 Blatt auch nicht sonderlich groß ist.

Spritzten billige Tintendrucker die bei der Düsenreinigung verbrauchte Tinte früher in ein fest verbautes Auffangvlies, nutzen die Modelle von Canon und Epson dazu nun eine mit wenigen Handgriffen wechselbare Kassette, Ersatz kostet weniger als 10 Euro.

Fotos bringen unsere Testdrucker besser als jeder Laserdrucker zu (Foto-)Papier, da sie höher auflösen und feiner rastern. Der Epson XP-4200 und besonders der HP Envy nehmen sich in der höchsten Qualitätsstufe aber viel Zeit. Alle drei drucken und kopieren auf Fotopapier randlos. Generell sind Tinten-geräte für guten Fotodruck optimiert, das gilt auch für die preisgünstigen Modelle.

Was bei der Ausstattung fehlt

Zum Kopieren und Scannen gibt es in dieser Preisklasse meist nur Flachbettscanner, im Testfeld hat lediglich der HP Envy einen zusätzlichen Vorlageneinzug. USB-Buchsen für Speichersticks und SD-Card-Slots sind teureren Modellen fürs Büro und Fotodruckern vorbehalten. Unsere Testgeräte verbinden sich mit dem lokalen WLAN – der Canon Pixma und

Verbrauchskosten Tinte				
[Cent / ISO-Seite (A4)]	Normalpatrone		XL-Patrone	
	Farbe	Schwarzanteil	Farbe	Schwarzanteil
	◀ besser	◀ besser	◀ besser	◀ besser
Canon Pixma TS7650i	27,78	12,78	21,67	10,00
Epson Expression Home XP-4200	34,38	11,33	24,53	7,40
HP Envy 6520e	26,03	11,87	26,03	11,87

Leistungsaufnahme				
	Aus [W]	Sleep [W]	Bereit [W]	Drucken [W]
	◀ besser	◀ besser	◀ besser	◀ besser
Canon Pixma TS7650i	10,14	1,7	4,1	19,7
Epson Expression Home XP-4200	10,20	0,9	4,5	13,2
HP Envy 6520e	10,18	1,8	4,3	12,7

Lichtbeständigkeit der Tinte



Lichtbeständigkeit der Tinte auf Normalpapier, Vergleich vor (jeweils links) und nach 100 Stunden im Sonnensimulator: Die Canon-Tinte PG/CL-585/586 (links) blich deutlich, die Epson 406 (Mitte) sehr stark und die HP 308 (rechts) kaum aus.

der HP Envy auch über das 5-GHz-Band. Eine Buchse fürs Ethernet-Kabel fehlt ebenso wie ein Faxmodem.

Gesalzene Preise bei den Tinten

Am Drucker verdienen die Hersteller nur sehr wenig, das Geld machen sie mit dem Verkauf der Tintenpatronen. Damit die Kunden möglichst schnell zu einem frischen Satz Tinten greifen, liefern sie nur Standardpatronen mit. In unserem Testparcours mit vier A4-Fotos und 50 gemischten Seiten aus Briefen, Geschäftsgrafiken, aber auch vollflächigen Prospektseiten und Bildgalerien reichten sie beim Canon Pixma TS7650i gerade so aus. Der Epson XP-4200 brauchte schon zwei Sätze Standardpatronen und der HP Envy sogar deren drei.

Die Hersteller bieten auch besser befüllte Patronen mit der Bezeichnung XL an, die zwar mehr kosten, umgerechnet auf den Preis pro Normfarbseite (die Patronenreichweite wird nach der Norm ISO/IEC 24711 ermittelt) aber in der Regel günstiger drucken. Mit XL-Patronen kostet eine (nur zu rund 20 Prozent bedeckte) ISO-Farbseite des Canon Pixma happige 21,7 Cent an Tinte, und das ist der günstigste Preis im Test. Am teuersten druckte der HP Envy 6520e mit 26 Cent. Dabei ist es für die Kosten egal, ob man die Standard- oder die XL-Patrone 308e verwendet, die es nur für Schwarz gibt: Sie enthält exakt die doppelte Tintenmenge zu exakt dem doppelten Preis.

Die kleine Patrone des HP (links) enthält kaum Tinte. Canons Druckköpfe (rechts) sind deutlich länger, was der Druckgeschwindigkeit zugutekommt.



Tinten im Abo deutlich günstiger

Als deutlich günstigere Alternative zum Patronenkauf bieten alle Hersteller sogenannte Tinten-Abos an. Die Bezeichnung führt etwas in die Irre, denn die Abonnenten zahlen für die gedruckten Seiten, nicht für die Tinte. Die schickt der Anbieter kostenfrei ins Haus, wenn der mit dem Internet verbundene Drucker meldet, dass der Vorrat in der Patrone zur Neige geht. Außerdem übermittelt er die Anzahl der gedruckten Seiten. Je nach Anbieter gibt es verschiedene Tarife mit 10 bis 300 Seiten pro Monat ab 1,50 Euro (siehe Tabelle Tinten-Abos).

Für die Kunden haben Abos zwei Vorteile: Für die Abrechnung spielt es erstens keine Rolle, wie viel Tinte auf der Druckseite landet. Eine Druckseite kostet je nach Tarif 6 bis 15 Cent, egal ob es sich um einen einfachen Brief oder um ein randloses DIN-A4-Foto handelt. Zweitens braucht der Kunde Tintenverluste, die etwa beim Patronenwechsel, bei der automatischen Kalibrierung und bei der Düsenreinigung anfallen, nicht zu zahlen.

Bei zehn gedruckten Seiten kostete eine Seite im kleinsten Tarif von Epson oder HP (zehn Seiten pro Monat) rund 15 Cent. Bei Überschreiten des Monatskontingents zahlt man für weitere zehn Seiten

Tinten-Abos für die getesteten Multifunktionsdrucker

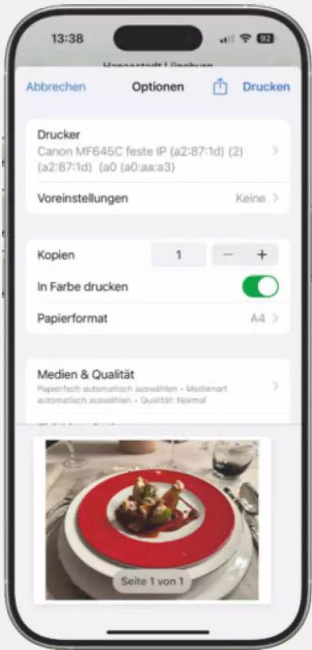
Abonnement	10 S./Monat	15 S./Monat	30 S./Monat	50 S./Monat	60 S./Monat	100 S./Monat	200 S./Monat	300 S./Monat	Kosten pro Extra-Seite
Canon Print Plan	—	—	2,99 € (10,0 ct/S.)	—	4,99 € (8,3 ct/S.)	5,99 € (6,0 ct/S.)	9,99 € (5,0 ct/S.)	—	10 ct
Epson ReadyPrint Flex	—	1,99 € (13,3 ct/S.)	3,49 € (11,6 ct/S.)	4,99 € (10,0 ct/S.)	—	6,99 € (7,0 ct/S.)	—	12,99 € (4,3 ct/S.)	20 ct (15 S.), 15 ct (30 S.), 10 ct (alle größeren Tarife)
HP Instant Ink	1,49 € (14,9 ct/S.)	—	—	4,99 € (10,0 ct/S.)	—	6,99 € (7,0 ct/S.)	—	13,99 € (4,7 ct/S.)	1 € für 10-Seiten-Paket

Seitenpreise bei voller Ausnutzung des Kontingents — nicht im Angebot

Verbessertes AirPrint bringt mehr Auswahlmöglichkeiten

Bei AirPrint – dem für iOS und iPadOS entwickelten Drucksystem – konnte man in den ersten Jahren nur den Drucker, die Zahl der Kopien, das Papierformat und eventuell den Seitenbereich, das Papierfach sowie doppelseitigen Druck auswählen. Inzwischen lassen sich je nach Gerät auch Schwarz-Weiß, Ausrichtung, Skalierung, Medienart, Druckqualität, Seiten pro Blatt, Rahmen, Spiegeln oder Finishing-Optionen einstellen, was den Komfort deutlich erhöht und die spezifischen Eigenschaften der Drucker besser ausnutzt.

AirPrint ist kein zu installierender Druckertreiber, sondern das System schickt zu Dateien wie JPEG oder PDF aufbereitete Dokumente per WLAN an den Drucker. Mittlerweile ist diese Methode auch häufig bei den Druckereinstellungen unter macOS zu finden und funktioniert dann auch im LAN.



AirPrint bietet inzwischen viele Einstellungsmöglichkeiten, unter anderem für Medien und Druckqualität.

Druckleistung (ISO-Seite Farbe)

[Seiten / Minute]	Entwurf/schnell	normal	normal Leise	beste Qualität
	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶
Canon Pixma TS7650i	15,4	12,0	3,5	2,6
Epson Expression Home XP-4200	12,8	8,0	5,1	1,6
HP Envy 6520e	11,8	8,2	4,3	3,1

Geräuscentwicklung

Kopie	Drucken [sone]	Drucken Leise [sone]	Scannen [sone]	Scannen Leise [sone]
	◀ besser	◀ besser	◀ besser	◀ besser
Canon Pixma TS7650i	7,5	3,6	1,3	0,7
Epson Expression Home XP-4200	7,6	5,3	1,2	1,2
HP Envy 6520e	9,4	4,7	1,6 ¹	1,6

¹ ADF-Scannen: 2,6 sone

Kopierzeiten

[Minuten:Sekunden]	10 A4-SW-Kopien	10 A4-Farbkopien	10×15-Foto beste	A4-Foto beste
	◀ besser	◀ besser	◀ besser	◀ besser
Canon Pixma TS7650i	0:46	0:57	1:15	2:13
Epson Expression Home XP-4200	1:29	1:55	3:02	8:18
HP Envy 6520e	1:13	4:19	3:01	7:37

einen Euro, also nur 10 Cent pro Seite. Im kleinsten Tarif lohnen die Zusatzpakete also – wenn man sie voll ausnutzt. Auf jeden Fall druckt man mit den Tinten-Abos noch am günstigsten und braucht frische Tinte nicht selbst zu beschaffen.

Unsere Testdrucker verwenden jeweils vier verschiedene Tinten: je drei auf Farbstoffbasis (Dye-Ink) für die Grundfarben Zyan, Magenta und Gelb sowie eine schwarze, die als einzige feste Farbpartikel (Pigmente) enthält. Letztere decken bei Textdruck besonders gut, während Dye-Tinten sich gut vermischen, was der Farbwiedergabe beim Fotodruck zugutekommt. Allerdings bleichen die flüssigen Farbstoffe im Sonnenlicht schneller aus. Nach 100 Stunden im Tageslichtsimulator – was etwa einem Jahr im Sonnenlicht entspricht – verschwand die Epson-Tinte so stark, dass Gesichter auf Normalpapier den Teint von Wasserleichen annahmen. Am beständigsten erwies sich die Tinte von HP, deren Rottöne auf Normalpapier nur leicht nachließen. Fotopapier schützt die empfindlichen Dye-Tinten übrigens und kann das Ausbleichen stark verringern.

Canon Pixma TS7650i

Der kompakte TS7650i hat zwei Papiereinzüge: eine Kassette für Normalpapier und einen Einzug für Fotopapier oder weitere 100 Blatt Normalpapier. Die Klappe über dem Flachbettscanner lässt sich für Buchscans in den Scharnieren um 1,5 Zentimeter anheben. Die Bedienelemente, ein Touchscreen und fünf Funktionstasten, liegen auf einem anklippbaren Panel.

Die teuren Patronen für Textschwarz und die gemeinsame für die drei Grundfarben besitzen einen integrierten Druckkopf. Wenn dieser heillos verstopft ist, reicht ein Patronenwechsel. Mit 21,7 Cent pro Farbnormseite druckte der Pixma im Test am günstigsten, alternativ gibt es das Tinten-Abo „Print Plan“. Die Claria-Tinte blich in der Sonnensimulation sichtbar, aber im Vergleich zur Epson-Tinte noch mäßig aus.

Für einen preisgünstigen Drucker legt der TS7650i ein hohes Tempo vor. Die Entwurfsqualität ist sehr gut lesbar, der Standarddruck lieferte die beste Qualität. In der Stufe „Hoch“ fielen unter der Lupe feine Tintentröpfchen an den Buchstabenkanten auf. Beim 50-Seiten-Langlauf war der Pixma am schnellsten fertig.



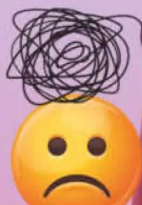
Für ein randloses A4-Foto in bester Qualität brauchte er nur gut zwei Minuten. Beim Fotodruck gefielen besonders die stimmigen Farben und die Detailwiedergabe. Der TS7650i druckte auf Normalpapier randlos nur in blasser und streifiger Standardqualität. Mit Rand lieferte er auf dem einfachen Papier Fotos mit recht hoher Qualität ab.

Schwarz-Weiß kopierte der Canon-Drukker etwas schneller als in Farbe. Zwischen den Buchstaben fielen Satellitentröpfchen auf. Graufächen wirkten körnig. Die randlosen Kopien von Fotos waren nur leicht beschnitten und ließen lediglich einige dunkle Details vermissen. Das liegt augenscheinlich am Scanner, denn auch bei den sonst guten Fotoscans verschwanden einige dunkle Details im Schwarz. Die im Scan Utility Lite integrierte OCR machte im Test viele Fehler und erkannte kleine und zu große Schriften oft gar nicht. Besser man erzeugt unter macOS durchsuchbare PDFs.

- 👉 schneller Drucker
- 👉 zwei Papierquellen
- 👉 guter Fotodruck

ORDNUNG IM KOPF!

Wissensmanagement
leicht gemacht



**JETZT
CLEVERE TOOLS
KENNEN-
LERNEN!**

NEU im
heise shop!



**shop.heise.de/
ct-besserwissen25**

HP Envy 6520e

Der recht breite Envy besitzt nur ein frontseitiges Papierfach. Damit eignet er sich gut für ein Regal. HP hat den aktuellen Envy-Modellen wieder einen kleinen Touchscreen links neben der Ablagefläche und ein ordentliches Menü spendiert. Manche Menüpunkte waren schwer mit dem Finger auf dem kapazitiven Display zu treffen, außerdem reagierte das Menü häufig träge. Auf der Klappe des Flachbettscanners thront ein Vorlageneinzug. Dieser ging sehr langsam, aber zuverlässig zu Werke. Hinten ist wie üblich die USB-Buchse verklebt: Die Kunden sollen WLAN und die HP-Smart-App benutzen.

Die kleinen Kombipatronen waren sehr schnell leer, der Envy 6520e lohnt sich nur mit einem Instant-Ink-Abo. Die gemächliche Druckgeschwindigkeit liegt auf dem Niveau des Epson XP-4200, der Entwurfsdruck reicht qualitativ locker für alle alltäglichen Aufgaben. Nett: Das Display zählt die gedruckten Seiten mit. In der sehr langsamen Optimalqualität brachte der Envy Buchstaben sauber, aber etwas zu fett aufs Papier. Beim Duplexdruck legte er längere Trockenpausen ein. Beim 50-Seiten-Auftrag mussten wir die Drucke nach 30 Blatt entfernen, da sie von der Ablage geschoben wurden.

Die Einstellung „Max. Auflösung (dpi)“ ist nur für Fotopapier gedacht; damit dauert der Druck extrem lange. Die Farben gaben uns, fehlende dunkle Details weniger. Schwarz-Weiß-



Fotos hatten einen leichten Grünstich. Auf Normalpapier druckte der Envy gute Fotos, aber nur mit Rand. Scannen war in der Mac-App ebenso wenig vorgesehen wie vom Gerät, klappte aber über die Systemeinstellung via Digitale Bilder.

Text kopierte der HP Envy in Entwurfsqualität noch schnell, für Farbkopien und bei Vorlagen vom Einzug ließ er sich Zeit. Bei Text fielen unter der Lupe unsaubere Buchstabenkanten auf, unsere Testgrafik zeigte hässliche Streifen in Graufächern. Randloskopien von Fotos waren stark beschnitten, dunkle Details sofften im Schwarz ab.

Mit 600 dpi scannt der Envy nur vom Flachbett, beim Vorlageneinzug ist bei 300 dpi Schluss, was aber für Text und Geschäftsgrafik völlig ausreicht. Die Fotoscans vom Flachbett zeigten kühle Farben und helle Linien an dunklen Kanten. Auch Text auf Graufächern hatte einen weißen Rand.

📄 Vorlageneinzug

🚫 Scan-to-Mac nicht vom Gerät

🚫 Patronen sehr teuer

Gut Druck will Weile haben

Mit bloßem Auge sehen die von unseren Testdruckern produzierten Textseiten durchweg gut aus, doch sollte man keine Schriftwiedergabe in Laserqualität erwarten. Unter der Lupe fiel auf, dass die Tintendrucker bei Text die optimale Qualität oft schon in der Standardeinstellung erreichten. Der Druck in der höchsten Qualität dauerte wesentlich länger und Buchstabenkanten fransten deutlicher aus: je mehr Tinte, desto mehr drang in die Papierfasern ein. Zum Tintesparen empfehlen wir die Entwurfsqualität, die bei allen Testdruckern für gut lesbaren Text reichte.

Alle drei Kandidaten beherrschen einen Duplex-Modus und bedrucken auch die Rückseite. Dabei machte nur der HP Envy merkliche Pausen, um der Tinte auf der Vorderseite Zeit zum Trocknen zu lassen. Zu verschmierter Schrift kam es aber bei keinem Teilnehmer, die Tinten von Canon und Epson trockneten schnell genug.

Die höchste und damit langsamste Qualitätsstufe lohnt nur beim Fotodruck. Unsere Kandidaten lieferten auf Fotopapier ansehnliche Randlosbilder, unterschieden sich aber stark in der Druckgeschwindigkeit: Der Canon Pixma brauchte für ein A4-Foto in bester Qualität nur gut zwei Minuten, der HP Envy über eine Viertelstunde.

Epson Expression Home XP-4200

Der XP-4200 belegt wenig Stellfläche, hat aber nur einen hinteren Einzug für 100 Blatt Normalpapier ohne Abdeckung. Im Test nahm die ausziehbare Ablage 50 Blatt ohne Probleme auf. Die Klappe des Flachbettscanners hat in den Scharnieren kein Spiel für dicke Bücher. Das anklippbare Bedienpanel trägt ein kleines, gut ablesbares Farbdisplay und Folientasten mit Steuerkreuz und Grundfunktionen. Damit ist die Bedienung nicht so intuitiv wie die der Touchscreen-Geräte.

Der XP-4200 besitzt vier separate Tintenpatronen. Mit Standardpatronen druckte er extrem teuer, günstiger sind XL-Größen oder das Tinten-Abo „ReadyPrint Flex“. Die Tinte blich im UV-Belichter sehr stark aus, war aber wischfest.

Der XP-4200 schaffte nur in Entwurfsqualität mehr als zwölf Seiten pro Minute. Der Text war etwas blass, aber noch gut lesbar. Der merklich langsamere Standarddruck lieferte schon fast die beste Textqualität; wer es einen Tick kräftiger möchte, kann die Qualität Standard-Vivid wählen. Der sehr langsame Stark-Druck machte Text nicht besser und taugte eher für Fotos und detailreiche Grafik.

Fotos druckte das Epson-Gerät auf Normalpapier randlos und in brauchbarer Qualität. Gute Ergebnisse gab es aber nur auf Fotopapier, wenn wir unter „weitere Optionen“ die Extrafein-Qualität auswählten. Besonders bei Monochrom-Fotos



störten milchige, bläuliche Schwarzflächen.

Als Kopierer nahm sich der XP-4200 besonders bei Farbkopien Zeit, Epson legt hier mit Erfolg mehr Wert auf Qualität. Bei Text auf grauem Hintergrund waren allerdings die Buchstaben auf der Kopie schwarz umrandet. Randloskopien von Fotos sahen gut aus, bis auf Blau wirkten die Farben aber ein wenig blass.

Der Flachbettscanner ging sehr langsam zu Werke, digitalisierte unser Testfoto aber bei 600 dpi in sehr guter Qualität. Am Mac machte der Scanner oft minutenlange Pausen und brach in der Einstellung 1200 dpi irgendwann ab. Wir vermuten als Grund eine veraltete Softwarekomponente: macOS bemängelte per Fehlermeldung, dass eine Systemerweiterung der Seiko Epson Corporation nicht mit zukünftigen Versionen von macOS kompatibel sein werde.

- ↑ guter Fotodruck
- ↓ hohe Tintenkosten
- ↓ Softwareprobleme am Mac

Auch beim Kopieren legte das Pixma-Gerät das höchste Tempo vor, ohne Abstriche bei der Qualität zu machen. Die Drucker von Canon und Epson haben lediglich einen Flachbettscanner, was zum gelegentlichen Kopieren weniger Seiten reicht. Der HP Envy 6520e scannt und kopiert bis zu 35 Vorlagen in einem Arbeitsgang, allerdings sehr langsam und nur einseitig. Fotoabzüge kopierten alle drei Geräte auf Fotopapier randlos. Dabei beschnitt der Canon Pixma die Bildvorlage wenig, der Epson XP-4200 deutlich mehr und der HP Envy ließ am meisten weg.

Das gemächliche Kopiertempo liegt zum guten Teil an den langsamen Scannern, die sich besonders bei hohen Auflösungen viel Zeit lassen: Beim A4-

Fotoscan mit 600 dpi war der Canon Pixma mit einer knappen Minute noch der schnellste, der Epson XP-4200 mit über anderthalb Minuten der langsamste im Test. Beide lieferten aber qualitativ gute Fotoscans ab. Der HP Envy schärft unter macOS wie Windows Scans stark nach, was gut für Text und einfache Grafiken, aber schlecht für Fotos ist, da es zu Detailverlusten und hässlichen Kantenartefakten kommt.

Mac-Software mit OCR

Alle drei Kandidaten bieten vollständige Unterstützung für macOS, die Treiber und Programme hierfür lädt man sich aus dem Internet herunter. Das Gerät

Tinten-Multifunktionsdrucker, Format DIN A4

Gerät	Pixma TS7650i	Expression Home XP-4200	HP Envy 6520e
Hersteller	Canon	Epson	HP
Druckverfahren / Tinten	Bubblejet / 2 Kombipatronen	Piezo / 4 Patronen	Bubblejet / 2 Kombipatronen
max. Auflösung (Fotodruck) ¹	1200 dpi × 1200 dpi	5760 dpi × 1440 dpi	4800 dpi × 1200 dpi
Papiergewichte ¹	64 g/m² ... 300 g/m²	64 g/m² ... 300 g/m²	60 g/m² ... 300 g/m²
Papierzufuhr	100-Blatt-Kassette, 100-Blatt-Einzug hinten	100-Blatt-Einzug	100-Blatt-Kassette
Papierablage ¹	50 Blatt	k. A. (50 Blatt im Test okay)	25 Blatt
autom. Duplexdruck	✓	✓	✓
randloser Fotodruck	✓	✓	✓
monatl. Druckvolumen (empf./max.)	k. A.	k. A.	bis 400 S. / 1000 S.
Scannen und Kopieren			
Scannertyp / Farbtiefe Farbe, Graustufen ¹	CIS / 24 Bit, 8 Bit	CIS / 24 Bit, 8 Bit	CIS / 24 Bit, 8 Bit
Auflösung physikalisch ¹	2400 dpi × 1200 dpi	2400 dpi × 1200 dpi	1200 dpi × 1200 dpi
Vorlageneinzug / Duplex	— / —	— / —	35 Blatt / —
Twain- / WIA-Modul	✓ / ✓	✓ / —	✓ / ✓
Netzwerk / Cloud			
Scan to E-Mail / FTP / SMB-Freigabe	✓ (Cloud) / — / —	✓ (Cloud) / — / —	— / — / —
Druck-App	Canon Print (iOS, Android)	Epson Smart Panel (iOS, Android)	HP Smart (iOS, Android, Windows)
AirPrint / Android Print / Mopria	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓
Clouddienst des Herstellers	IJ Cloud Printing Center	Epson Connect	HP Smart (HP Connected)
Sonstiges			
Schnittstellen	USB 2.0, WLAN (IEEE802.11n 2,4 und 5 GHz), WiFi Direct	USB 2.0, WLAN (IEEE802.11n 2,4 GHz), WiFi Direct	USB 2.0, WLAN (IEEE802.11ac 2,4 und 5 GHz), WiFi Direct
Maße im Betrieb (B × T × H)	37,5 × 56 × 28 cm	37,5 × 58 × 24 cm	43 × 51 × 18 cm
Gewicht	6,3 kg	4,3 kg	6,2 kg
Display	6,7-cm-Touchscreen	6,1-cm-Farbdisplay	6,1-cm-Touchscreen
Treiber für Mac	macOS ab 10.15.7	macOS ab 10.9.5	macOS ab 10.12
Treiber für Windows / Sonstige	ab Windows 7 SP1 / Linux (Printer V. 6.70a, ScanGear MP V.4.70a)	ab Windows XP SP3 / Linux (ESC/P-R-Treiber, Epson Scan 2)	ab Windows 10 / Linux (HPLIP)
Speicherkarten / USB-Host	— / —	— / —	— / —
Besonderheiten	Wartungskassette MC-G06 (9 €)	Wartungsbox C9344 (9 €)	Vorlageneinzug
Tintenpatronen			
Schwarz (Reichweite ¹)	PG-585 (180 S.), PG-585XL (300 S.)	406 BK (150 S.), 406XL BK (500 S.)	HP 308 BK (160 S.), HP 308e BK (320 S.)
Farbe (Reichweite ¹)	CL-586 (180 S.), CL-586XL (300 S.)	406 C,M,Y (je 130 S.), 406XL C,M,Y (je 350 S.)	HP 308 Color (120 S.)
mitgelieferte Tinte	PG-585 (180 S.), CL-586 (180 S.)	406 Starter (150 / 130 S.)	HP 308 (160 / 120 S.)
Tintenkosten pro ISO-Farbseite (XL-Patrone)	21,67 ct, Schwarzanteil 10 ct	24,53 ct, Schwarzanteil 7,4 ct	26,03 ct, Schwarzanteil 11,9 ct
Tinten-Abo-Angebot	Print Plan	Ready Print Flex	Instant Ink
Messergebnisse und Bewertungen			
Druckzeiten [Minuten: Sekunden]	10 Blatt Duplex (Normal): 1:37, 50 Seiten gemischt: 11:35, Foto A4 (beste): 2:06	10 Blatt Duplex (Normal): 1:39, 50 Seiten gemischt: 14:09, Foto A4 (beste): 7:01	10 Blatt Duplex (Normal): 1:42, 50 Seiten gemischt: 15:14, Foto A4 (beste): 15:34
Scanzeiten	Vorschau: 7 s, Foto A4 600 dpi: 58 s, Text 300 dpi: 20 s	Vorschau: 12 s, Foto A4 600 dpi: 94 s, Text 300 dpi: 24 s	Vorschau: 20 s, Foto A4 600 dpi: 70 s, Text 300 dpi: 21 s
Bedienung / Netzwerkfunktionen	⊕ / ○	○ / ○	○ / ○
Text- / Grafikdruck	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕⊕	⊕ / ⊕
Fotodruck (Foto- / Normalpapier / SW)	⊕⊕ / ⊕ / ⊕	⊕ / ○ / ⊕	○ / ⊕ / ○
Kopierqualität Text / Grafik / Foto	○ / ○ / ⊕	⊕ / ○ / ⊕	○ / ⊕ / ○
Scanqualität Foto / Grafik / OCR	⊕ / ⊕ / ○	⊕⊕ / ⊕ / —	⊕ / ○ / —
Lichtbeständigkeit Normal- / Fotopapier	○ / ⊕	⊕⊕ / ⊕	⊕ / ⊕⊕
Herstellergarantie	2 Jahre	1 Jahr	1 Jahr (2 Jahre mit HP+)
Gerätepreis (UVP / Straße)	85 € / 83 €	105 € / 90 €	103 € / 90 €
¹ Herstellerangabe ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden — nicht vorhanden k. A. keine Angabe			

kann man etwa per WPS-Taste am Router ins Netzwerk bringen. Den Drucker richtet man anschließend noch in der Systemeinstellung „Drucker & Scanner“ ein. Von dort aus erreicht man auch den Scanner, der mit dem Programm Digitale Bilder geöffnet wird. Bei Canon und Epson konnten wir vom Gerät via Display an den Mac scannen, bei HP gelang uns das nicht.

Darüber hinaus bringen alle drei noch eigene Programme zur Bedienung mit, die allerdings insbesondere bei HP und Epson den Eindruck machen, sie sollen in erster Linie Tintenbestellungen abgreifen. Sämtliche PDF-Scans am Mac waren nach Text durchsuchbar, egal ob mit dem Programm Digitale Bilder oder den Utilities der Hersteller gemacht. Wer vom iPhone oder iPad aus scannen will, muss die Apps der Hersteller aus Apples App Store laden. Alle drei drucken direkt vom iPhone oder iPad per AirPrint.

Unter Windows hat nur Canon eine Texterkennung (Optical Character Recognition, OCR) zum lokalen Installieren im Scan Utility integriert. Um durchsuchbare PDFs mit dem Envy 6520e für PCs zu erstellen, bietet HP einen Cloud-Service an. Doch muss man dazu ein HP-Konto einrichten und zulassen, dass die zu bearbeitenden Scans auf einem US-Server bearbeitet werden.

Ihre Meinung,
Zusatzmaterial, Webcode:
ct.de/w4u6

Fazit

Suchen Sie einen kleinen Multifunktionsdrucker für den Privathaushalt und wollen wegen geringem

Druckaufkommen nicht viel Geld ausgeben? Dann ist der Canon Pixma TS7650i ein guter Tipp. Im Test druckte er am schnellsten, ohne bei der Qualität zu sparen, und absolvierte als einziger unseren Testparcours mit der mitgelieferten Tinte. Obwohl der Pixma sowohl in der Anschaffung also auch bei den Tintenkosten der preisgünstigste im Test ist, punktet er mit zwei Papierzugängen, einem vergleichsweise großen Touchscreen und guter Softwareausstattung.

Wer den Drucker platzsparend in einem Regal betreiben möchte, wird dem flachen HP Envy 6520e den Vorzug geben, denn alles lässt sich bequem von vorn bedienen und dank des Vorlageneinzugs braucht man zum Kopieren nicht einmal die Scannerabdeckung hochzuklappen. Fotoscans sind aufgrund der Übersärfung aber kaum zu gebrauchen.

Der Epson Expression Home verwendet als einziger im Test für jede Tinte eine separate Patrone und erstellt für so ein günstiges Gerät erstaunlich hochwertige Drucke und Scans. Doch ist er langsam und die Tinte trotzdem teuer. Unter macOS war die Scan-Funktion schnarchlahm und kaum zu benutzen.

Für alle drei Drucker gibt es mit den Tinten-Abos eine empfehlenswerte Alternative zum Kauf von überteuerter Tinte. Damit lassen sich die Kosten auf rund die Hälfte senken und die Tinte kommt rechtzeitig per Post ins Haus. Wer viele Fotos ausdruckt, profitiert dabei besonders: Mit den Abos zahlt man die bedruckte Seite, egal wie viel Tinte dabei verbraucht wird. (jes) **ct**

Wissenschaftlich Schreiben mit KI-Unterstützung

9. Dezember

ct
WEBINAR



Jetzt informieren:
heise-academy.de/webinare/wissenschaftlich-schreiben





AirTags und andere Tracker

Bluetooth-Tracker für Apples „Wo ist?“-Netzwerk gibt es von anderen Herstellern teilweise zum Bruchteil des Preises eines AirTags. Was taugen die Alternativen und worauf muss man verzichten?

Von **Holger Zelder**



Ob am Schlüsselbund, versteckt am Fahrrad oder im Koffer: AirTags helfen, alle möglichen verlegten oder verlorenen Sachen aufzuspüren. Doch sämtliches Gepäck mit den Allesfindern auszustatten, geht ziemlich ins Geld. Inzwischen gibt es etliche Apple-zertifizierte Bluetooth-Tracker von Drittanbietern, die über das „Wo ist?“-Netzwerk gefunden werden können. Die sollen sich wie das Original einsetzen lassen, manchmal ein paar Vorteile mitbringen – und dabei viel weniger kosten. Wir haben zwölf verschiedene Tracker mit Apples AirTags verglichen. Die meisten gibt es bei

gängigen Onlineshops, einige finden sich im Elektronikfachhandel oder beim Discounter. Die günstigsten Modelle gibt es schon für unter 10 Euro. Einige Modelle wurden von ihren Herstellern zwar bereits durch Nachfolger ersetzt, doch gibt es sie noch im Handel.

Bauformen

Auf dem Markt gibt es vor allem zwei Bauformen für Bluetooth-Tracker:

Die Trackerkarte vom Discounter wird über ein Spezialkabel geladen.



Lautstärkemessung

Jeder Kandidat verfügt über einen eingebauten Lautsprecher. Während Apple einen vergleichsweise aufwendigen Aufbau nutzt und den AirTags eine Kupferspule samt Magneten spendiert, setzen fast alle anderen Hersteller auf einfache Piezo-Lautsprecher als Schallwandler. Als Suchton spielt jeder Kandidat eine eigene Klangfolge oder eine kurze Melodie ab. Aufwendige Sounds darf man allerdings von keinem Tracker erwarten, bestenfalls klingen sie wie alte Gameboyspiele oder die Klingeltöne von DECT-Telefonen.

Einige Hersteller geben eine maximale Lautstärke für den Suchton an, wobei das Messmikrofon direkt an der Lautsprecheröffnung lag. Andere machen nur ungefähre Angaben oder schweigen ganz zu dem Thema. Wir haben daher die Lautstärke der Tracker in unserer schallarmen Kammer einheitlich auf einen Meter Entfernung gemessen.

Dabei haben wir zum einen den Spitzenwert einzelner Impulse ermittelt, den wir in der Tabelle mit dB angeben. Allerdings spielen einige Kandidaten eher leise Suchtöne ab, die von kurzen, lauten Tönen unterbrochen werden oder schrittweise ansteigen. Da der Spitzenwert dies allein nicht abbildet, haben wir Ausschnitte der Suchmelodie über einen kurzen Zeitraum analysiert und mittels einer Fast-Bewertung gemittelt. Diese Ergebnisse liegen etwas niedriger als die Spitzenwerte, entsprechen aber eher dem menschlichen Höreindruck. Beim Kaufen sollten

Sie nicht nur auf die Spitzenlautstärke achten, sondern auch auf den gemittelten Wert. Zu leise Melodien könnte man überhören, wenn ein Tracker in einer Jackentasche oder im Rucksack steckt.

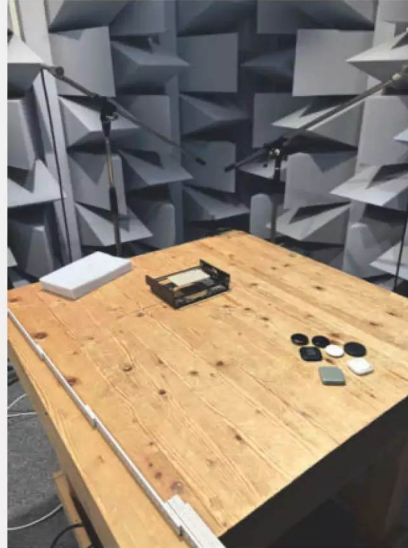


Bild: Holger Zeider

Die Suchtöne haben wir in einer schallarmen Messkammer überprüft.

zum einen kleine Knöpfe („Tags“) respektive Anhänger, die man an den Schlüsselbund heftet oder in einer Tasche verstaut. Zum anderen Karten, die ungefähr so dick wie anderthalb bis zwei EC-Karten sind. Sie passen prima in die Fächer einer Geldbörse und finden unauffällig Platz in einer Laptoptasche.

Alle Tracker in diesem Testfeld beziehen ihren Strom über Batterien. Bei den Tags setzen die Hersteller ausnahmslos auf Knopfzellen vom Typ CR2032, die man oft werkzeuglos und schnell wechseln kann. Bei den Karten kommen aus Platzgründen entweder fest eingebaute Batterien oder nicht wechselbare Akkus zum Einsatz. Wenn man einen fremden Tracker bei sich entdeckt, kann man ihn immer deaktivieren. Bei den Schlüsselanhängern nimmt man dazu die Batterie raus, bei den Scheckkarten drückt man lange auf einen Folienschalter, der sich auf einer Seite befindet.

Die Laufzeit variiert je nach Bauform: Modelle mit Knopfzelle sollen 10 bis 12 Monate mit einer

frischen Knopfzelle auskommen. Karten mit eingebauter Batterie halten zwei bis drei Jahre durch, mit Akkus soll man sie meist nach einem halben Jahr aufladen. Langzeiterfahrungen konnten wir nicht für das gesamte Testfeld machen, daher nennen wir in der Tabelle am Ende des Artikels die Herstellerangaben.

Funktionsweise

Alle Tracker arbeiten nach dem gleichen Prinzip: Man koppelt sie einmalig via Bluetooth mit einem iPhone oder iPad, um sie mit dem Apple-Account ihres Nutzers zu verknüpfen. Zu Apples „Wo ist?“-App fügt man sie hinzu, indem man auf das Plus-Symbol rechts drückt und anschließend „Anderes Objekt hinzufügen“ wählt. Anschließend zeigt die App den Standort auf der Karte. Der Standort eines verlorenen Helfers aktualisiert sich, sobald sich ein Apple-Gerät in Bluetooth-Reichweite befindet, das auch an Apples

Netzwerk teilnimmt. Die Ortung klappt in stark frequentierten Orten wie der Fußgängerzone oder einem Bürogebäude besser als in der einsamen, freien Natur. Durch die Bluetooth-Ortung ist das Signal ungenauer als bei GPS-Empfängern. Ein Bewegungsprofil zeigt die „Wo ist?“-App nicht an. Wie Apples „Wo ist?“-Netzwerk im Detail funktioniert, haben wir in Mac & i Heft 3/2021 auf Seite 46 sowie in Heft 2/2023 auf Seite 140 im Detail erklärt.

Funktionsumfang

Beim Funktionsumfang gibt es nur geringe Unterschiede zu den AirTags: Jeder Tracker zeigt den letzten bekannten Standort auf der Karte an. Tippt der Eigentümer auf das gewünschte Objekt, lässt sich ein Suchton abspielen, sofern sich das iPhone in Bluetooth-Reichweite befindet. Alternativ lässt sich die Route zum letzten Standort aufrufen.

Nur Apples AirTags haben neben einem Bluetooth-Chip auch einen Ultrabreitbandchip namens U1 eingebaut. Ultrabreitband (auch „Ultra-Wideband“ oder „UWB“) erlaubt noch eine präzisere Suche: Befindet man sich höchstens 10 bis 15 Meter vom AirTag entfernt, zeigt die App einen Richtungspfeil an, mit dem

man sicher zum AirTag navigiert. Diese „Genaue Suche“ beherrschen alle iPhones ab dem 12, mit Ausnahme von iPhone 16e und SE.

Lässt man einen Tracker liegen, zeigt das iPhone per Pushmitteilung an, dass dieser zurückgelassen wurde. In der „Wo ist?“-App lassen sich Orte definieren, an denen eine solche Meldung nicht erscheint. Die Drittanbietertracker kann man ebenfalls mit anderen Personen teilen oder als verloren kennzeichnen. In diesem Modus hinterlegt man Kontaktinformationen, damit ehrliche Finder sich beim Besitzer melden können.

Auch die Tracker von Drittanbietern lassen sich über Siri suchen. Allerdings tut sich Apples Sprachassistentin mit den Eigennamen der Tracker schwer. Fragten wir etwa „Wo ist mein AirTag?“ oder „Wo ist mein Chipolo One Spot?“, löste Siri keine Suche aus. Als wir statt eines eigenen Namens aber einen Vorschlag aus der „Wo ist?“-App wie Schlüssel oder Rucksack für einen Tracker übernahmen, konnten wir diese mit Fragen wie „Wo ist mein Schlüssel?“ anpingen.

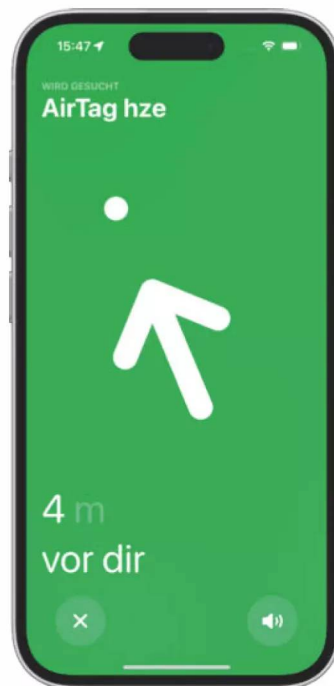
Anti-Stalking-Funktionen und iCloud

AirTags stehen in der Kritik, großes Potenzial als Stalking-Werkzeug zu bieten. Daher hat Apple mehrere Mechanismen eingebaut, die erschweren sollen, dass die AirTags zum heimlichen Überwachen missbraucht werden. Alle „Wo ist?“-fähigen Tracker beherrschen diese Funktionen ebenfalls:

Trägt man einen fremden Bluetooth-Tracker mit sich, registriert dieser durch Bewegungssensoren Erschütterungen und macht nach kurzer Zeit mit Tönen auf sich aufmerksam. Ein solcher Hinweiston kann prinzipiell bereits ein paar Minuten erklingen, nachdem der Tracker die Bluetooth-Verbindung zu seinem registrierten iPhone verliert und er sich bewegt. Manchmal passiert das aber auch erst viel später.

Die Töne sind zwar nicht besonders laut, in ruhiger Umgebung fallen sie jedoch auf. Ärgerlich ist, dass die Töne auch mögliche Diebe auf die Tracker aufmerksam machen. Das macht sie für den Diebstahlschutz weniger interessant. Zwar lassen sich die Lautsprecher nicht per App deaktivieren, mit etwas Geschick kann man sie aber durch kleine Basteleien deaktivieren. Bei Modellen im Kartenformat klappt eine solche Modifikation allerdings nicht, da man die verklebte Technik dabei zerstören würde.

Zusätzlich zum Ton erscheint auf dem iPhone ein Hinweis, dass sich ein fremdes Objekt mit dem Träger



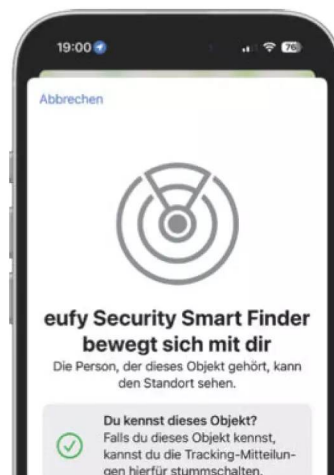
Die „Genaue Suche“ über Ultrabreitband beherrschen nur Apples AirTags.

bewegt. Tippt man auf die Mitteilung, lässt sich ein Suchton abspielen oder über UWB die Richtung zum versteckten AirTag anzeigen. Außerdem erhält man einen Hinweis, wie man den unerwünschten Tracker deaktiviert.

Diese Meldung erscheint auch, wenn man den Lautsprecher deaktiviert oder ausgebaut hat. Damit Übeltäter keinen festen Rhythmus ausnutzen, wird die Pushmitteilung nach einer zufälligen Zeitspanne verschickt, nachdem der Tracker seine Bluetooth-Verbindung zum ursprünglichen iPhone verloren hat. Wann eine solche Meldung erscheint, ist zufällig. So zeigte ein iPhone bereits nach einer fünf-

zehnminütigen Radtour an, dass sich zwei fremde Objekte mit uns bewegten, während elf andere Geräte, die wir zeitgleich mit uns führten, sich unauffällig verhielten. Zu einem anderen Zeitpunkt meldeten sich andere Kandidaten. Dieses Verhalten steuert das „Wo ist?“-Netz, egal, von welcher Marke der Tracker stammt.

Trägt man einen fremden Tracker mit sich, erscheint auf dem iPhone nach einer Weile ein Hinweis.



Schlüsselhänger

Apple AirTag

Der 2021 vorgestellte Bluetooth-Tracker ist größer als ein 2-Euro-Stück und kaum dicker als ein Kaubonbon. Ins Münzfach passt er zwar gut, beult das Portmonee aber etwas aus. Sein weißes Kunststoffgehäuse glänzt ebenso wie die metallene Unterseite, die die Batterie abdeckt. Beides ist recht kratzempfindlich.

Der Listenpreis liegt bei 40 Euro, im Handel ist er noch günstiger zu bekommen. Mangels Öse oder Ring muss man jedoch eine Hülle oder Halterung kaufen, wenn man ihn an einem Schlüssel befestigen will.

Apples AirTag schöpft die „Wo ist?“-Funktionen voll aus.

Als einziger Kandidat im „Wo ist?“-Netzwerk hat das AirTag einen Ultrabreitbandchip eingebaut. Tippt man auf „Suchen > In der Nähe“, startet die App die „Genaue Suche“. In diesem Präzisionsmodus erscheint ein Richtungspfeil, der den Nutzer zum AirTag dirigiert. Der ist ziemlich praktisch, um einen Schlüssel zwischen Sofakissen oder einen Koffer am Gepäckband aufzuspüren, bei größeren Objekten ist er aber unnötig. Wie alle anderen Tracker kann man in Bluetooth-Reichweite auch einen Suchton abspielen, die langsam ansteigende Suchmelodie war immerhin die zweitlauteste im Test.



Atuvos Item Finder

Den Tracker von Atuvos gibt es mit weißem oder schwarzem Kunststoffgehäuse. Er ist mit beinahe 12 Millimetern der dickste im Test und beult das Portmonee unnötig aus, mit der Öse passt er aber prima an den Schlüsselbund. Das Gehäuse ist gemäß IP67 gegen Staub und Wasser geschützt. Obwohl die Batterie wechselbar ist, bekommt man das Gehäuse nur mit viel

Der Item Finder von Atuvos passt mit seinem großen Gehäuse eher in Rucksäcke oder an den Schlüsselbund.

Mühe geöffnet – und hinterlässt dabei schnell Schrammen. Im Test war der Tracker so laut wie ein AirTag von Apple. Wer genau hinhört, kann beim Suchton ein leichtes Brummen hören, was typisch für Piezo-Lautsprecher ist, aber nur in unmittelbarer Nähe auffällt.



Callstel Mini-Schlüssel- & Gegenstandsfinder

Der kleine Tracker von Pearls Eigenmarke Callstel besitzt den gleichen Durchmesser wie Apples AirTag und ist sogar einen Hauch flacher. Zudem ist er mit 7 Gramm der leichteste Kandidat. An der Lautsprecheröffnung des knopfunden Gehäuses lässt sich mit viel Mühe eine kleine Schlaufe einfädeln. Obwohl Pearl für den Batteriewechsel ein kleines Kunststoffplektrum beilegt,

Der Mini-Schlüssel- & Gegenstandsfinder von Callstel ist noch kleiner als ein AirTag.



lässt sich das Gehäuse nur mit viel Mühe und Schrammen öffnen. Ob er nach einem Batteriewechsel noch wasser- und staubfest bleibt, darf man bezweifeln. Mit 13 Euro ist der Tracker nicht zu teuer, seine Suchmelodie ist aber auch nicht allzu laut.

Callstel Schlüsselfinder

Mit seinem quadratischen Gehäuse ähnelt der Schlüsselfinder von Pearl dem Item Tracker von Atuvos. Er ist 2 Gramm schwerer, ähnlich groß und kaum für die Geldbörse geeignet, passt mit seinem Aufhänger aber gut an den Schlüsselbund. Ein Schlüsselring liegt nicht bei. Die Knopfzelle lässt sich über einen einfachen

Der Tracker von Callstel ist ein einfacher Tracker ohne viel Schnickschnack.



Drehverschluss leicht wechseln, sodass man das Gehäuse nicht aufbrechen muss. Die Suchmelodie ist abgesehen von ein paar kurzen Impulsen recht leise. Immerhin ist der Tracker mit rund 10 Euro sehr günstig.

Chipolo One Spot

Chipolo hat als erster Hersteller einen Tracker auf den Markt gebracht, der mit Apples „Wo ist?“-Netz zusammenarbeitet. Mit 20 Euro rangiert der One Spot preislich im Mittelfeld. Zwar gibt es bereits einen Nachfolger namens Chipolo Pop, der One Spot ist aber noch erhältlich. Sein mattschwarzes Plastikgehäuse ist etwas breiter, aber dafür flacher und passt mit dem eingestanzten Loch

Chipolos One Spot ist der lauteste Tracker im Testfeld.



direkt an einen Schlüsselring. Mit Schutzklasse IPX5 soll er gegen Strahlwasser gefeilt sein, aber nicht gegen Untertauchen.

Zwar übertönte der Tracker mit 77 dB das restliche Testfeld, war damit allerdings von den beworbenen 120dB in der Spitze entfernt. Chipolo misst für seinen Wert aber direkt am Lautsprecher des Trackers.

Eufy SmartTrack Link

Klein, quadratisch, schick: Der schwarze Tracker von Anker-Tochter Eufy wartet mit einer carbonähnlichen Optik auf. Er ist einer der leichtesten und kleinsten Modelle im Test und passt sowohl an den Schlüsselbund als auch in die Geldbörse. Das Gehäuse ist nach IP67 geschützt, zum Öffnen für den Batteriewechsel benötigt man eine Büroklammer. Wer beim Zusammenbau nicht aufpasst, bricht allerdings schnell einen Halteclip ab.

Scannt ein Finder den QR-Code auf der Rückseite, gelangt er zu einer Visitenkarte des Besitzers, sofern dieser sich zuvor beim

Eufys SmartTrack Link lässt sich per Handy orten – umgekehrt klappt es auch.



Hersteller registriert hat. Wer die Eufy-App installiert und sich dort anmeldet, kann auf den Tracker drücken, um sein verlegtes iPhone zu orten.

Abstriche gibt es bei der Lautstärke: Die nervige Melodie wirkt recht leise, nur in kurzen Spitzen piepst sie bis zu 74 dB laut. Für rund 25 Euro bietet der SmartTrack Link ein ordentliches Preis-Leistungs-Verhältnis und viele Funktionen.

Fresh 'n Rebel Smart Finder

Beim Non-Food-Discounter Action findet sich neben billigen Ladekabeln auch der günstigste Tracker im Testfeld: Einzelnen kostet der Smart Finder von Fresh 'n Rebel rund 7 Euro. Nimmt man den Dreierpack mit, sinkt der Preis sogar auf 5 Euro pro Stück. Der quadratische Tracker kommt im wahlweise bunten Kunststoffgehäuse und bringt neben einer Öse auch gleich einen Schlüsselanhänger mit. Das Gehäuse muss man für den Batteriewechsel mit viel Mühe aufhebeln, bei unserem Exemplar verformte sich das Plastik und bröselte stellenweise weg. Nach einem Batterie-

**Preisbrecher:
Der Fresh 'n Rebel
Smart Finder kostet
weniger als 10 Euro.**



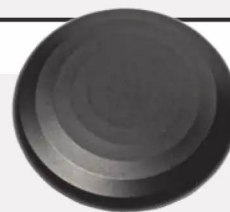
wechsel ist der Tracker möglicherweise nicht mehr wasserdicht.

Mit 71 dB in der Spitze ist der Smart Finder der zweitleiseste Kandidat im Test. Sein Suchton besteht aus kurzen Piepsern, die an Funkwecker erinnern. Das überhört man schnell.

Imtron IIT 1000 Isytag

Mediamarkt und Saturn lassen unter der Eigenmarke Isy Elektronikzubehör produzieren. Der IIT 1000 Isytag ist ein runder Bluetooth-Tracker, der gerade mal 14 Euro kostet. Optisch gibt es erstaunliche Ähnlichkeiten zum AirTag: Die Abmessungen sind bis auf die Dicke gleich, sodass der Isytag auch in viele AirTag-Halterungen passt. Der Batteriedeckel besteht ebenfalls aus glänzendem Metall, das matte Kunststoffgehäuse ist mattschwarz und glänzt nicht. Das Gehäuse lässt sich nur schwer öffnen respektive schließen; hat man ihn dann endlich zusam-

**Der Imtron IIT 1000 Isytag
hat einige Ähnlichkeiten
zum Apple-Original.**



mengebaut, steht der Deckel leicht heraus, was den Isytag dicker als das Apple-Pendant macht. Eine Schutzklasse besitzt der Tag nicht, sodass man ihn nicht exponiert befestigen sollte. Für den Koffer oder das Auto eignet er sich dennoch. Immerhin liegt ein Silikonanhänger bei. Mit 72 dB Lautstärke ordnet sich der Isytag im Mittelfeld ein. Für eine Preis-Leistungs-Empfehlung ist das okay.

Karten

Callstel Schlüsselfinder mit kabelloser Ladefunktion

Auch Kartentracker hat Versandhändler Pearl im Portfolio. Der Schlüsselfinder mit kabelloser Ladefunktion, ist mit 3 Millimetern die dickste Karte und mit 14 Gramm die zweitschwerste Karte im Test. In der Geldbörse trägt er etwas mehr auf als die Konkurrenz. Zur Schutzklasse macht Pearl keine Angaben, ins Wasser sollte der Tracker besser nicht fallen.

**Die Trackerkarte
von Callstel lädt via Qi.**



Die aufsteigende Suchmelodie hört sich eher leise an, auch die einzelnen Spitzen mit 73 dB bleiben etwas hinter einem AirTag zurück. Mit 7 Euro ist die per Qi aufladbare Karte sehr günstig.

Chipolo Card Spot

Anders als beim runden One Spot ist die Batterie der Card Spot fest eingebaut und nicht wechselbar. Sobald sie leerläuft, muss man den ganzen Tracker wegwerfen, was eine ziemliche Verschwendung ist. Die Laufzeit gibt der Hersteller mit bis zu zwei Jahren an.

Die spritzwassergeschützte Karte wiegt mit 16 Gramm mehr als die restlichen Kandidaten. Wie der One Spot düdelt die Card Spot mit einer eindringlichen Melodie, die an frühe Funktele-

Chipolos Card Spot hat eine fest eingebaute Batterie.

fone erinnert und nur schwer überhört wird. Beim Test war sie aber nicht lauter als ein AirTag.

Chipolo hat inzwischen mit der 45 Euro teuren Card einen wiederaufladbaren Nachfolger, der ansonsten die gleichen Funktionen bietet.



Eufy SmartTrack Card

Auch die Smarttrack Card der Anker-Tochter verfügt über eine fest eingebaute Batterie. Die soll immerhin bis zu drei Jahre lang mit einer Ladung halten, bevor man sie entsorgen muss. Dennoch ist die Karte einen Hauch dünner als die Card Spot von Chipolo und damit der schmalste Kandidat im Test.

Im schwarzen Gehäuse steckt über der kleinen Lautsprecheröffnung ein Folientaster. Drückt man diesen, kann der Nutzer die Ortung umkehren und sein verlegtes iPhone vibrieren lassen. Dafür muss man aber zuvor die kostenfreie Eufy-App ins-

Eufys SmartTrack Card kann das Handy orten, der Akku lässt sich nicht wechseln.

tallieren, sich registrieren und die SmartTrack Card damit koppeln. Durch das Kartenformat ist die Lautstärke eher gering, obwohl einzelne Peaks an das AirTag heranreichen.



Licht und Schatten der KI

Trends, Tipps und Transparenz

KI

Neu im Shop!



shop.heise.de/ct-kiwissen225

Mit **ct**
up-to-date
bleiben

ct KI-WISSEN
Kritische Analysen & kreative Praxis

Monopolkonzerne aus den USA
Ausweitung auf Wirtschaft, Umwelt und bürgerliche Freiheiten
Suche nach Alternativen wie Europa sich einmischen kann

Blick in die Zukunft
Smart Glasses zwischen Realität und Science-Fiction
Kreativität und Psychotherapie mit II

Kultur & Urheberrecht
Kultur vor dem Ende?

Fresh 'n Rebel Smart Finder Card

Wer eine günstige Trackerkarte sucht, wird beim Discounter fündig. Die Smart Finder Card kostet rund 10 Euro und es gibt sie mit matten Kunststoffgehäusen in verschiedenen Farben. Statt einer Batterie ist ein Akku eingebaut, den man über zwei Kontakte betanken muss. Ein passendes, proprietäres Kabel auf USB-C liegt bei, eine Ladung reicht für bis zu 6 Monate.

Abgesehen von Ultrabreitband unterstützt die Karte alle „Wo ist?“-Funktionen. Wie der Smart Finder piept die Smart Finder Card ähnlich nervtötend wie ein Funkwecker, allerdings

Für rund 10 Euro gibt es beim Discounter die Aufladbare Smart Finder Card.

nicht sehr laut. Mit 69 dB in der Spitze war sie die leiseste Kandidatin im Testfeld. Liegt der Geldbeutel mit der Karte im Nebenzimmer, hört man ihn möglicherweise nicht.



Zike Smart Tracking Card 2006

Mit den bunten Icons auf der Vorderseite erinnert die Smart Tracking Card 2006 fast an eine Gutscheinkarte, die man an der Supermarktkasse kaufen kann. Ihr Aufdruck „Locate with Apple Find My“ verrät aber sofort die eigentliche Funktion. Die Karte ist mit 2 Millimetern die dünnste im Test, dennoch soll der eingebaute Akku pro Ladung bis zu ein Jahr lang halten.

Der Suchton erinnert an eine schnelle Melodie von alten Gameboyspielen, bleibt aber bei der Lautstärke hinter dem

Bunt, flach und aufladbar: Zikes Smart Tracking Card unterstützt Qi.

Apple-AirTag zurück. Unter den Tracking-Karten gehörte sie mit bis zu 71 dB zu den leiseren Vertretern, ist im selben Raum aber noch hörbar.



Fazit

Apples AirTag setzt sich nicht nur mit seinem Design von der Konkurrenz ab; durch den Ultrabreitbandchip und die „Genaue Suche“ bekommen Vergessliche ein zusätzliches Werkzeug, um verlegte Gegenstände in der Wohnung aufzuspüren.

Wer auf diese Funktion verzichten kann oder gar ein iPhone ohne Ultrabreitbandchip besitzt, braucht nicht zum Apple-Tracker zu greifen. Chipolos One Spot ist lauter und passt dank Öse ohne Hülle an den Schlüssel. Eufys SmartTrack Link ist interessant für diejenigen, die auch ihr iPhone mit dem Tracker

suchen wollen. Als Preistipp empfehlen sich der Item Finder von Atuvos sowie der Isytag IIT 1000, der in manche AirTag-Halterungen passt. Der Fresh 'n Rebel Smart Tag ist zwar der günstigste Schlüsselfinder im Testfeld, aber recht leise und wirkte nicht sehr solide.

Wer einen Tracker im Kartenformat sucht, sollte entweder zu einem induktiv aufladbaren Modell von Pearl oder Zike greifen oder zur günstigeren Smart Finder Card von Action. Von Modellen mit fest eingebauter Batterie können wir nur abraten. Diese sind nicht günstiger und irgendwann Elektroschrott. (hze)

**Ihre Meinung,
Zusatzmaterial, Webcode:**
ct.de/w56j

Bluetooth-Tracker für das „Wo ist?“-Netzwerk

	AirTag	Item Finder	Mini-Schlüssel- & Gegenstandsfinder	Schlüssel-finder	One Spot	Smart-Track Link	Smart Finder	IIT 1000 Isytag	Schlüssel-finder mit kabel-loser Ladefunktion	Card Spot	Smart-Track Card	Smart Finder Card	Smart Tracking Card 2006
Hersteller	Apple	Atuvos	Callstel (Pearl)	Callstel (Pearl)	Chipolo	Eufy (Anker)	Fresh 'n Rebel	Imtron (Media-markt)	Callstel (Pearl)	Chipolo	Eufy (Anker)	Fresh 'n Rebel	Zike
Format	Schlüssel-anhänger	Schlüssel-anhänger	Schlüssel-anhänger	Schlüssel-anhänger	Schlüssel-anhänger	Schlüssel-anhänger	Schlüssel-anhänger	Schlüssel-anhänger	Scheck-karte	Scheck-karte	Scheck-karte	Scheck-karte	Scheck-karte
Abmessungen (L × H × B)	31,9 × 31,9 × 8 mm	34 × 34 × 9 mm	35 × 35 × 11 mm	35 × 35 × 11 mm	37,9 × 37,9 × 6,4 mm	37 × 37 × 6 mm	38 × 38 × 9 mm	32 × 32 × 11 mm	86 × 54 × 3 mm	85,1 × 53,6 × 2,4 mm	85 × 54 × 2,5 mm	86 × 54,2 × 2,5 mm	85,6 × 54,8 × 1,8 mm
Öse	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	—	✓	—	—	✓	✓
Gewicht	11 g	10 g	7 g	12 g	8 g	8 g	10 g	10 g	14 g	16 g	12 g	14 g	12 g
Farbe	Weiß / Silber	Schwarz, Weiß	Schwarz	Weiß	Schwarz	Schwarz	Schwarz, Grün, Lila, Weiß, Beige	Schwarz / Silber	Schwarz	Schwarz	Schwarz	Schwarz, Grün, Lila, Weiß, Beige	Schwarz
Schutz	IP67	IP67	IP67	IP65	IPX5	IP67	IP67	k. A.	k. A.	IPX5	k. A.	IP67	IPX7
Lautsprecher	✓	✓	✓	✓	✓	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Stromversorgung	CR2032 (wechselbar)	CR2032 (wechselbar)	CR2032 (wechselbar)	CR2032 (wechselbar)	CR2032 (wechselbar)	CR2032 (wechselbar)	CR2032 (wechselbar)	CR2032 (wechselbar)	Akku	Batterie (nicht wechselbar)	Batterie (nicht wechselbar)	Akku	Akku
Aufladung	—	—	—	—	—	—	—	—	✓ (Qi)	—	—	✓ (USB-C)	✓ (Qi)
Laufzeit ¹	1 Jahr	1 Jahr	1 Jahr	1 Jahr	1 Jahr	1 Jahr	10 Monate	k.A.	6 Monate	2 Jahre	3 Jahre	6 Monate	1 Jahr
Drahtlosnetzwerk	Bluetooth, UWB	Bluetooth	Bluetooth	Bluetooth	Bluetooth	Bluetooth	Bluetooth	Bluetooth	Bluetooth	Bluetooth	Bluetooth	Bluetooth	Bluetooth
Bluetooth-Reichweite ¹	100 Meter	60 Meter	25 Meter	20 / 50 Meter	60 Meter	80 Meter	k. A.	50 Meter	20 Meter	60 Meter	80 Meter	k. A.	k. A.
Lautstärke (gemittelt)	66 dB/(A)	69 dB/(A)	60 dB/(A)	59 dB/(A)	69 dB/(A)	56 dB/(A)	58 dB/(A)	61 dB/(A)	65 dB/(A)	66 dB/(A)	62 dB/(A)	52 dB/(A)	61 dB/(A)
Lautstärke Spitze	75 dB	75 dB	72 dB	72 dB	77 dB	74 dB	71 dB	73 dB	72 dB	72 dB	74 dB	69 dB	72 dB
Systemvoraussetzung	iOS 14.5	iOS 14.5	iOS 14.5	iOS 14.5	iOS 14.5	iOS 14.5	iOS 14.5	iOS 14.5	iOS 14.5	iOS 14.5	iOS 14.5	iOS 14.5	iOS 14.5
Besonderheiten	Gravur möglich	—	Schlaufe, Plektrum	—	—	Handy-ortung, QR-Code für Kontakt	—	Anhänger aus Silikon	—	—	Handy-ortung, QR-Code für Kontakt, Metallclip	—	—
Bewertungen													
Ausstattung	⊕⊕	⊕	⊕	⊕	○	⊕⊕	⊕	⊕	⊕	○	⊕	⊕	⊕
Lautstärke	⊕⊕	⊕⊕	⊕	⊕	⊕⊕	⊕⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕⊕	⊕	⊕
Preis	39 € (einzeln) / 129 € (Viererpäck)	15,99 € (einzeln) / 25,99 € (Doppelpäck) / 39,99 € (Viererpäck)	12,99 € (einzeln) / 19,99 € (Doppelpäck)	9,99 € (einzeln) / 16,99 € (Doppelpäck)	18 € (einzeln) / 49 € (Viererpäck)	24,99 € (einzeln) / 49,99 € (Doppelpäck) / 69,99 € (Viererpäck)	6,95 € (einzeln) / 14,95 € (Dreierpäck)	13,99 € (einzeln) / 34,99 € (Viererpäck)	6,99 € (einzeln)	39 € (einzeln)	24,99 € (einzeln) / 59,98 € (Doppelpäck)	9,95 € (einzeln) / 14,95 € (Dreierpäck)	32,74 € (einzeln) / 59,70 € (Doppelpäck) / 86,67 € (Dreierpäck) / 115,54 € (Viererpäck)

¹ Herstellerangabe ✓ vorhanden — nicht vorhanden k.A. keine Angabe ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht

ct

Vorschau: c't Ratgeber PC-Komponenten

Ab dem 19. Dezember im
Handel und auf ct.de

Desktop-PCs bauen, aufrüsten, optimieren

Das Sonderheft c't Ratgeber PC-Hardware erklärt, welche Komponenten derzeit für den Bau oder fürs Aufrüsten eines Desktop-Rechners empfehlenswert sind. Aktuelle 3D-Spiele und KI-Software gieren nach immer mehr Leistung. Zudem besteht durch das Support-Ende von Windows 10 ein größerer Bedarf nach neuen PCs.

Umfangreiche Kaufberatungsartikel zu Prozessoren, Grafikkarten, Monitoren und Kühlern helfen PC-Bastlern, die optimale Hardware passend zum persönlichen Anwendungsprofil auszuwählen. In den großen Performancevergleichen treten jeweils über 50 CPUs und GPUs bei Leistung und Effizienz gegeneinander an.

Zudem enthält das Sonderheft c't Ratgeber PC-Hardware zahlreiche Tests von schnellen SSDs, potenten Grafikkarten, starken Netzteilen, preiswerten Mainboards, kompakten CPU-Kühlern, großen Festplatten sowie hochauflösenden Displays. Hintergrundartikel zeigen, wie Sie Ryzen-9000-Systeme sparsamer machen, ob sich Übertakter-RAM lohnt und welche Prozessoren für günstige Gaming-PCs besonders gut geeignet sind. Außerdem beleuchtet das Heft, wie sich zu knapper Grafikkartenspeicher auf die Bildrate in 3D-Spielen auswirkt.

Weitere c't Sonderhefte: heise.de/s/00MxL

Themenschwerpunkte

Prozessoren und Mainboards

- CPU-1-Wegweiser 2025: Kaufberatung
- CPU-2-Wegweiser 2025: Performancevergleich
- Günstige CPUs für Gamer/Ryzen 9000 optimieren
- Ryzen-Mainboards mit 800er-Chipsätzen
- Intel-800er-Mainboards
- Schnelles RAM (Übertakterspeicher)

SSDs & Festplatten

- Großer SSD-Test
- Festplatten-Grundlagen
- Festplatten-Test (30-TByte-HAMR)

Grafikkarten & Monitore

- Grafikkarten-Kaufberatung
- 54 Grafikkarten im Benchmarkvergleich
- Radeon RX 9070 und 9070 XT
- High-End-Grafikkarten RTX 5080 und 5090

- Speichermangel bei Grafikkarten
- Monitor-Kaufberatung
- Curved-Displays
- Zwei 5K-Displays

Kühler, Gehäuse & Netzteile

- Kaufberatung Kühler
- Vergleichstest Luftkühler
- Flache Kühler
- Mini-ITX-Gehäuse Era 2
- FAQ ATX-Netzteile
- ATX-Netzteile 500 bis 850 Watt

TECHNIKUNTERRICHT MACHT ENDLICH SPAß!



Make:Education

Mit **Make Education** erhalten Sie jeden Monat kostenlose Bauberichte und Schritt-für-Schritt-Anleitungen für einen praxisorientierten Unterricht:



Für alle weiterführenden
Schulen



Fächerübergreifend



Digital zum Downloaden



Monatlicher Newsletter

Jetzt kostenlos downloaden: make-magazin.de/education

IT entwickelt sich weiter.

Du dich auch?

Die Anforderungen in der IT ändern sich ständig. Für IT-Professionals ergeben sich daraus neue Herausforderungen, aber auch neue Chancen. Gezielte Weiterbildung ist

dabei der entscheidende Faktor. Als Partner für professionelle und praxisbezogene IT-Weiterbildung stehen wir dir zur Seite. Mache dir selbst ein Bild und entdecke unser Programm.

> Jetzt Programm entdecken unter heise-academy.de





MEHR ALS EIN SWIPE – WISSEN DAS BLEIBT.

Mac & i

2x Mac & i mit 35% Rabatt testen!

- Tipps & Praxiswissen für Apple-Insider
- Spannende Produkttests von Hard- und Software
- Workshops rund um die Apple-Produkte



+
Geschenk
nach Wahl

Adapter-Kabelbox oder Buch „Apple Junkies“



Jetzt bestellen:

www.mac-and-i.de/vorteil



✧ SUPPORT ME ✧

🙏 Hope my post useful for you, if you want support me please following one of the ways:

👛 **Buy or Renew Premium Account**

👉 Rapidgator: <https://rapidgator.net/account/registration/ref/49023>

👉 Nitroflare: <https://nitroflare.com/payment?webmaster=194862>

⚠️ Note: Please DON'T turn on VPN when making payment.

💖 **Donate Directly**

USDT (TRC20):

[TFniVipHpFsPVrUHBLsvkZJV4Mjj1MUz96](#)

DOGE (Doge Network):

[DCfVVnvNaVtxQbWyfpWsihbGnvpkuYdtJS](#)



✧ Every little support helps me to keep going and create more content.

💖 THANK YOU SO MUCH! 💖
