



DOOM
auf dem
Taschenrechner

Cloud weg – Hardware tot

Serverabschaltung verwandelt teure Geräte in Elektroschrott

Worauf Sie beim Kauf achten sollten • Was der Gesetzgeber tun muss

TEST

Im Duell: Spiele-PCs gegen c't-Bauvorschlag
KI-Dienste verbessern Gesangsaufnahmen
Feinste Pixel: 5K-Monitor mit 218 dpi
M.2-SSD-Adapter für den Raspi 5
Flaches Falt-Handy Honor Magic V2



Der optimale Heimserver

Bauvorschlag & Kaufberatung: PC, Raspi oder NAS

FOKUS

Unseriöse Anbieter entlarven mit BaFin-Daten
Windows-Funktionen, die Microsoft rauswirft
Heizstab verwertet Photovoltaik-Überschuss
Was Sie über DNS wissen müssen
Server verwalten: Weboberfläche für Ansible
Linux-Installationen im Betrieb verschlüsseln

Kaufberatung: Smartphones von 100 bis 2000 Euro

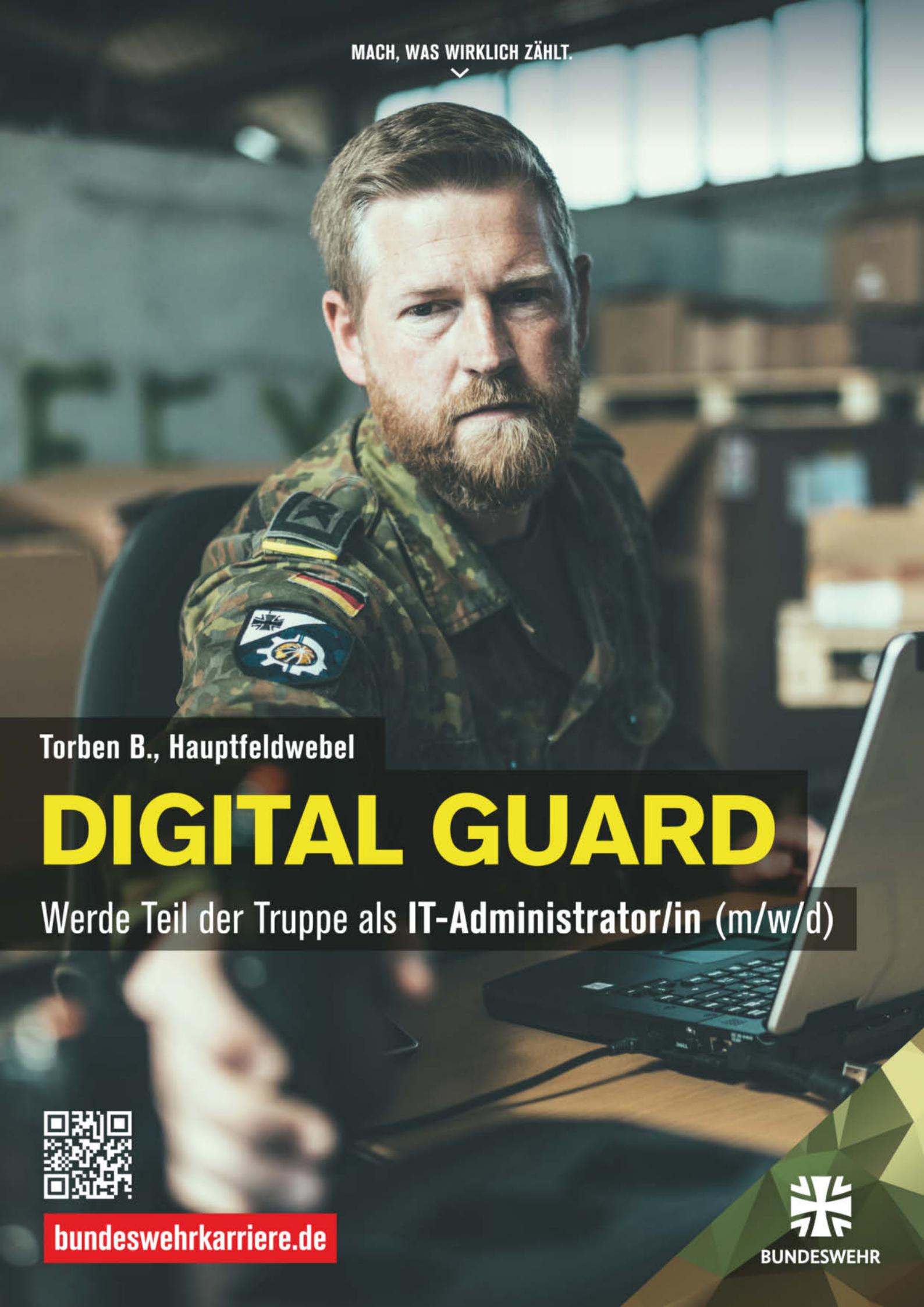
Wann sich ein teures Handy lohnt • Mittelklasse-Modelle im Test

€ 5,90

AT € 6,50 | LUX € 6,90
NL € 7,20 | IT, ES € 7,40
CHF 9.90 | DKK 64,00



MACH, WAS WIRKLICH ZÄHLT.



Torben B., Hauptfeldwebel

DIGITAL GUARD

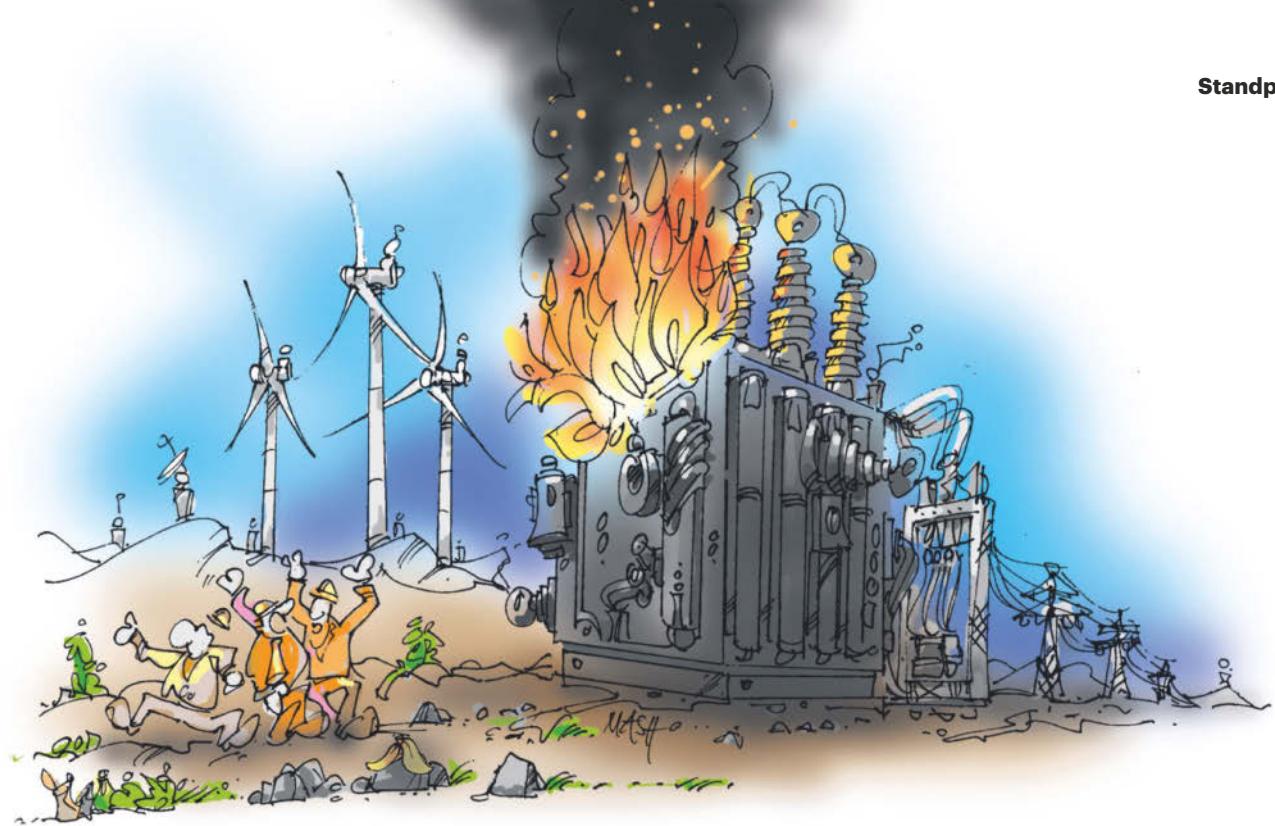
Werde Teil der Truppe als IT-Administrator/in (m/w/d)



bundeswehrkarriere.de



BUNDESWEHR



Grüner Strom: Öko-Overkill

Freunde der Atomkraft müssen jetzt stark sein: Trotz der AKW-Abschaltung im April importierte Deutschland nur 2,3 Prozent des hierzulande verbrauchten Stroms aus dem Ausland. Gleichzeitig ging die Verstromung von Kohle deutlich zurück. Wegen des stürmischen Wetters im Dezember lieferte zeitweise alleine die Windkraft in Deutschland mehr Strom, als überhaupt verbraucht werden konnte. Es sei aber nicht verschwiegen, dass die relativ gute Ökostrombilanz des Jahres 2023 auch mit dem wirtschaftlichen Abschwung und hohen Strompreisen zusammenhängt. Trotzdem: endlich mal eine gute Nachricht!

Allerdings wird nun noch deutlicher, wo es beim Umstieg auf regenerativen Strom hakt: bei Hochspannungsleitungen und Speichern. Weil Transportkapazität von Nord nach Süd fehlt, kann immer mehr Windstrom nicht abgenommen werden. Das droht den Ausbau zu bremsen, weil sich ein Windrad oder Solarmodul nur dann amortisieren kann, wenn es Strom tatsächlich liefert. Außerdem kommt es zu skurrilen Situationen wie der, dass Menschen in Süddeutschland Strom sparen sollen, weil es zu viel davon gibt – nämlich Windstrom aus dem Norden, der die Leitungen auslastet.

Batteriespeicher können die Nutzung von Ökostrom optimieren und stabilisieren das Netz; mit rund 7 Gigawatt (GW) leisten sie zusammen schon heute etwas mehr als alle Pumpspeicherkraftwerke auf deutschem Boden. Doch die Batteriekapazität muss noch um ein Mehrfaches wachsen. Immerhin: Mehre riesige Akkuspeicher und einige Leitungen

sind im Bau, noch mehr allerdings bloß geplant. Und die Umwandlung von billigem Ökostrom in grünen Wasserstoff kommt nur im Schneckentempo voran. Helfen würden auch flexiblere Verbraucher, etwa per Smart Meter automatisch gesteuerte Wallboxen und Wärmepumpen, die bei regionalem Stromüberschuss E-Autos laden und Wasserspeicher aufheizen. Oder man installiert einen schlauen Heizstab, siehe Seite 104.

Bisher treiben Private die Solarspeicher-ausbau voran, abertausende Anlagen gingen 2023 in Betrieb. Bei Balkonkraftwerken droht dabei aber eine Falle für Geldbeutel und Umwelt. Denn theoretisch kann ein Akkuspeicher zwar den Ertrag auch einer 600- oder 800-Watt-Anlage optimieren. Doch wegen der geringen Energiemengen bringt das pro Tag nur Kleingeld und manche chinesische Speicherbox dürfte ausfallen, bevor sie sich bezahlt macht – vor allem, wenn es schon in fünf Jahren kein Ersatzteil mehr dafür gibt. Dann droht unnötiger Elektroschrott, der dem Klima mehr schadet als nützt.



Christof Windeck

Christof Windeck



SAE-Level 3: Die automatisierte Fahrfunktion übernimmt bestimmte Fahraufgaben. Dennoch ist weiterhin ein Fahrer notwendig. Der Fahrer muss jederzeit bereit sein, die Kontrolle über das Fahrzeug zu übernehmen, wenn er durch das Fahrzeug zum Eingriff aufgefordert wird. Verfügbarkeit und Nutzung der DRIVE PILOT-Funktionen auf der Autobahn sind abhängig von Ausstattungen, Ländern und geltenden Gesetzen.



AUTO, AUTOMATISIERT.

Der intelligente DRIVE PILOT ermöglicht automatisiertes Fahren mit SAE-Level 3. Zum ersten Mal in einem Serienfahrzeug.
Defining Class since 1886.

mercedes-benz.de/defining_class

Inhalt c't 3/2024

Titelthemen

Cloud weg – Hardware tot

- 18 **Cloudabschaltung** Prominente Dramen
- 22 **Konsumentenrechte** Was die Politik tun könnte
- 24 **Smart Home** Was beim Cloudausfall noch geht

Kaufberatung: Smartphones von 100 bis 2000 Euro

- 58 **Einstieg bis Luxus** Wie viel Handy gibts fürs Geld?
- 66 **Test** Vier Smartphones um 300 Euro

Der optimale Heimserver

- 86 **Kaufberatung** PC-Eigenbau, Raspi und NAS
- 92 **Bauvorschlag** 17-Watt-Heimserver

Test & Beratung

- 72 **M2 SSD-Adapter für den Raspi 5**
- 73 **Retrokamera** Nikon Z f mit Vollformatsensor
- 74 **Feinste Pixel: 5K-Monitor mit 218 dpi**
- 76 **Bluetooth-Headset** Kensington H3000
- 76 **WLAN-Kaffeemaschine** von Lidl
- 78 **Flaches Falthandy Honor Magic V2**
- 80 **16:10-Notebook** Huawei MateBook D 16
- 82 **PDF-Editor mit KI** Foxit fragt ChatGPT
- 83 **Sehhilfe-App** Be My Eyes
- 84 **Windows-Fenstermanager** Groupy 2
- 84 **KI-Chat-App** Microsoft Copilot
- 98 **Im Duell: Spiele-PCs gegen c't-Bauvorschlag**
- 104 **Heizstab verwertet Photovoltaik-Überschuss**
- 108 **KI-Dienste verbessern Gesangsaufnahmen**
- 114 **KI-Gesang** Stimmen in Songs austauschen
- 116 **Spiele** Die besten Indie-Games des Jahres
- 166 **Bücher** Infiltriert übers Netz, Domain Storytelling

Aktuell

- 16 **E-Rezept** Bundesweit Anlaufprobleme
- 30 **Urheberrecht** Mickey Mouse ist gemeinfrei
- 31 **KI NY Times** verklagt OpenAI und Microsoft
- 32 **Handel & Geld** Bitcoin-ETF, Elster-Phishing
- 33 **Spiele** Valve erlaubt KI-Inhalte
- 34 **Überwachung** Schweiz späht Bürger aus
- 35 **Internet** Cookie-Banner, Third Party Cookies
- 36 **CPUs** AMD Ryzen 8000G, Intel Core i-14000
- 37 **Grafikkarten** Mehr Power bei AMD und Nvidia
- 38 **Metalinsen** für winzige Fischaugenobjektive
- 39 **Forschung** Chips auf Kohlenstoffbasis
- 40 **Netze** NAS für privat und Business, 5G-Router
- 41 **c't I/O** Kanal bei WhatsApp, Heft früher da
- 42 **Displays** Mikro-LEDS, OLEDs, Hologramme
- 43 **Server & Storage** 30 TByte von Seagate
- 44 **Cyberattacke** Hintertür in iPhones?
- 45 **Open Source** OpenTofu produktionsreif
- 46 **Bit-Rauschen** Softwaremurks, KI bei AMD
- 48 **Web-Tipps** Games, Natursounds, Tools

18 Cloud weg – Hardware tot



Vom Internetradio bis zum E-Bike: Wenn Hersteller ihre Clouds abschalten, entsteht nicht selten Elektroschrott – die Politik müsste einschreiten. Fürs Smart Home zeigen wir, welche Geräte wie gut auch offline funktionieren.

Wissen

- 52 40 Jahre c't** Gewinner der Thermostat-Sets
- 122 Zahlen, Daten, Fakten** Greenwashing
- 124 Attosekundenphysik** Elektronen beobachten
- 128 Windows-Funktionen, die Microsoft rauswirft**
- 132 Was Sie über DNS wissen müssen**

Praxis

- 140 Unseriöse Anbieter entlarven mit BaFin-Daten**
- 142 ChatGPT** Quiz und Kreuzworträtsel erstellen
- 146 DOOM auf dem Taschenrechner**
- 150 Linux-Installationen im Betrieb verschlüsseln**
- 154 Server verwalten: Weboberfläche für Ansible**
- 158 Docker** Installationen aktualisieren

Immer in c't

- 3 Standpunkt** Grüner Strom: Öko-Overkill
- 10 Leserforum**
- 15 Schlagseite**
- 50 Vorsicht, Kunde** Vodafone kassiert ohne Leistung
- 162 Tipps & Tricks**
- 164 FAQ** Digital Services Act
- 168 Story** Im Dienst der Demokratie
- 175 Stellenmarkt**
- 176 Inserentenverzeichnis**
- 177 Impressum**
- 178 Vorschau c't 4/2024**

58 Kaufberatung: Smartphones von 100 bis 2000 Euro



Unser Leitfaden verrät, worin sich aktuelle Einsteiger-, Mittel- und Spitzensklasse-Handys unterscheiden und wie Sie das perfekte Modell finden. Außerdem: ein Vergleichstest im beliebten Preissegment um 300 Euro.

Frisch aus

c't Nerdistan

146 Jailbreak DOOM auf TI Nspire CX CAS installieren



Hardcore

132 Admin-Know-how Das Domain Name System

150 Linux Installationen nachträglich verschlüsseln

TERRA MOBILE **360-13U**

TERRA MOBILE 360-13U

- Intel® Core™ i5-1235U Prozessor [12M Cache, bis zu 4.40 GHz]
- Windows 11 Pro
- Displaygröße 33.8 cm [13.3"]
- 1920 x 1080 Display-Auflösung
- Display-Typ IPS Touch-Display
- 16 GB Speicherkapazität
- 512 GB Gesamtspeicherkapazität
- Intel® Iris® XE Graphics

Artikel-Nr.: 1220785

829,-*

Preis zzgl. gesetzl. MwSt.



Holen Sie sich mit Windows 11 Pro das bisher sicherste Windows

Die neuen Windows 11-Geräte integrieren Hardware und Software und bieten so einen leistungsstarken, sofort einsatzbereiten Schutz, der Berichten zufolge die Zahl der Firmware-Angriffe um das 3,1-fache reduziert.¹ Schützen Sie das Herzstück mit hardwarebasierter Sicherheit wie dem neuesten TPM 2.0, Sicherheit auf Chipebene sowie Schutzmaßnahmen für

Daten und Identitäten. Damit Sie von Anfang an sicher sind, verhindert Windows 11, dass Schadsoftware beim Starten geladen wird. Darüber hinaus können Sie Ihren Zero-Trust-Schutz verstärken, indem Sie Ihre Daten und Ihr Netzwerk durch einen hardwarebasierten Root-of-Trust-Support unterstützen, der die Integrität von Geräten aufrechterhält und verifiziert.

ERHÄLTLICH BEI IHREM TERRA FACHHÄNDLER

IBN Gesellschaft für Systemtechnik mbH, **14478** Potsdam, Tel. 0331/888400 • Capeletti & Perl GmbH, **20097** Hamburg, Tel. 040/23622 0 • Computer-Service-Buchholz GmbH, **21244** Buchholz i.d.N., Tel. 04181/137373 • Caligrafika, **26133** Oldenburg, Tel. 0441/9250095 • T&S Computech GmbH, **30175** Hannover, Tel. 0511/884817 • B.I.T. Datentechnik GmbH, **31675** Bückeburg, Tel. 05722/95040 • Systemhaus Przykopski, **31848** Bad Münder, Tel. 05042/933160 • MBörso-Computer GmbH, **33100** Paderborn, Tel. 05251/28818-0 • Microtec GmbH, **33649** Bielefeld, 0521/9455274 • bits+bytes Computer GmbH & Co. KG, **35745** Herborn, Tel. 02772/94990 • RODIAC EDV-Systemhaus GmbH, **42251** Velbert, Tel. 02051/989000 • ServeNet Computervertrieb, **42279** Wuppertal, Tel. 0202/266166 • Rose Computer GmbH, **46395** Bocholt, Tel. 02871/244400 • Kortenbrede Datentechnik GmbH, **48161** Münster, Tel. 02533/930802 • Großbecker & Nordt Bürotechnik-Handels-GmbH, **50859** Köln, Tel. 02234/40890 • Franken & Vogel GmbH, **55124** Mainz, Tel. 06131/14406-34 • SURE DataSystems, **57627** Hachenburg, Tel. 02662/95830 • Pauly Büromaschinen VertriebsGmbH, **65555** Limburg, Tel. 06431/500466 • Krieger GmbH & Co KG, **68163** Mannheim, Tel. 0621/833160 • G+S Computer GmbH **68519** Viernheim, Tel. 06204/607921 • KAISYS.IT GmbH, **72793** Pfullingen, Tel. 07121/145330 • Danner IT-Systemhaus GmbH, **72760** Reutlingen, Tel. 07121/56780 • MP-Datentechnik GmbH, **73730** Esslingen, 0711/3609163 • SCHUCK it.GmbH • **78194** Immendingen • Tel. 07462/9474-18 • Resin GmbH & Co.KG, **79589** Binzen, Tel. 07261/6660 • Office Komplett, **79664** Wehr Tel. 07762 / 708860 • bll computersysteme GmbH & Co. KG • **89077** Ulm, Tel. 0731/18488-0 • Schwarz Computer Systeme GmbH, **92318** Neumarkt, Tel. 09181/48550 • K&L electronics GmbH, **95466** Weidenberg, Tel. 09278/98610-0 •

WORTMANN AG empfiehlt Windows 11 Pro für Unternehmen.

360° klappbares Display



Stift optional erhältlich



* Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Preise in € inklusive gesetzlicher Mehrwertsteuer.
Es gelten die AGB der Wortmann AG, zu finden unter www.wortmann.de. Solange der Vorrat reicht.
Keine Mitnahmегарантie.

Ultrabook, Celeron, Celeron Inside, Core Inside, Intel, das Intel-Logo, Intel Atom, Intel Atom Inside, Intel Core, Intel Inside, das „Intel Inside“-Logo, Intel vPro, Itanium, Itanium Inside, Pentium, Pentium Inside, vPro Inside, Xeon, Xeon Phi, Xeon Inside und Intel Optane sind Marken der Intel Corporation oder ihrer Tochtergesellschaften in den USA und/oder anderen Ländern.

¹ Windows 11 Survey Report, Techaisle, Februar 2022. Ergebnisse für Windows 11 basieren auf einem Vergleich mit Geräten mit Windows 10.

www.wortmann.de

WORTMANN AG

IT. MADE IN GERMANY.

Leserforum

Wasserstoff richtig nutzen

Wasserstoffsautos: Stoppt das Schauspiel, c't 2/2024, S. 3

Die negative Bewertung der Wasserstofftechnik kann so nicht unwidersprochen bleiben. Ungefähr die Hälfte unseres Solarstroms muss ich für 8 Cent/kWh an die Stadtwerke „verschenken“. Da wäre Potenzial für grünen Wasserstoff, für den der Strom nicht von der Küste weg transportiert werden muss.

Strom zur Ladung von E-Autos steht nur auf den ersten Blick ausreichend zur Verfügung. In vielen Gemeinden sind die Wallboxen anmeldungs- oder gar genehmigungspflichtig. Es müssen allerorten neue „dickere“ Kabel verlegt werden, um für deutlich mehr Autos je 20 kW größtenteils zeitgleich in der Nacht bereitzustellen.

Norbert Oberholz □

Keineswegs ging es darum, den Energieträger Wasserstoff zu diskreditieren – den brauchen wir dringend. Nur sollte er vorrangig dort eingesetzt werden, wo er tatsächlich dazu beiträgt, weniger CO₂ für einen Vorgang freizusetzen. Im Pkw haben wir die Chance, mit einem Bruchteil der Primärenergie auszukommen.

Schlechteres Bild

So funktionieren E-Autos mit Brennstoffzelle und Wasserstofftank, c't 2/2024, S. 54

Mir fehlt einiges, was ein schlechteres Bild der H₂-Fahrzeuge ergäbe. Zum Beispiel, dass man ein H₂-Fahrzeug nicht bei jedem Füllstand volltanken kann. Plane ich eine Langstreckenfahrt und habe 80 Prozent Füllstand, kann ich nicht auf 100 Prozent kommen, sondern muss den Tank erst einmal leerer fahren. Punkt 2 sind die Verluste, die bei jedem Umfüllen des H₂ entstehen (Well-to-Wheel). Punkt 3 wäre, dass man nicht beliebig viele H₂-Fahrzeuge direkt hintereinander betanken kann. Die Zapfsäule braucht eine Weile, bis der nächste Tankvorgang gestartet werden kann. Da verliert man weitere Zeit, die man sich als Vorsprung gegenüber dem Ladevorgang beim batterieelektrischen Fahrzeug erhofft.

Marco Goll □

Punkt 1 und 3 sind uns aus der Vergangenheit bekannt, wir konnten aber nicht feststellen, ob sie auch für aktuelle Tankstellen gelten. Im Test haben wir einen halbvollen Wagen problemlos vollgetankt. Einmal waren wir mittags dran, nachdem die Stadt vormittags etliche Fahrzeuge betankt hatte. Das sagt aber nichts darüber aus, ob Fahrzeuge im Minutentakt betankt werden können.

Wer hats erfunden?

Diamant als Strahlteiler im All, c't 2/2024, S. 45

Den Trick mit den Pyramiden, die kleiner als die halbe Wellenlänge des Lichts sind, hat nicht die ESA entwickelt, sondern Canon für High-End-Teleobjektive mit sehr großer Öffnung. Bei sehr wenig Licht werden die internen Spiegelungen zwischen den einzelnen Linsen sonst sichtbar. Allerdings darf nach der Ätzung die Oberfläche nicht berührt werden, also mechanisches Säubern ist streng verboten. Die ESA hat das wahrscheinlich nur abgewandelt, damit es für Diamanten geeignet ist.

Dr.-Ing. Peter Klamser □

Vorhandene Infrastruktur nutzen

Immobilienkonzern verhindert Glasfaseranschluss, c't 2/2024, S. 52

Ich glaube, unbeweglich ist hier die Deutsche Telekom, die sich seit Jahren weigert, die Leitungen der Netzebene 4 von Wettbewerbern mitzunutzen. Jedenfalls haben wir in Magdeburg diese Erfahrung machen müssen.



Bild: Gerd Watza

In flachen TV-Gehäuse droht die Elektronik zu überhitzen. Unser Leser Gerd Watza hat nach dem Austausch des Mainboards an einem Philips-Fernseher daher einen kleinen Lüfter angebaut, der künftig für bessere Kühlung sorgt.

Der Magentariese lehnt sowohl die Infrastruktur des lokalen Providers MDCC ab, genauso wie eigene Fiberkabel des Hauseigentümers. Umgekehrt vermietet die Telekom sehr wohl Leitungen an andere. Selbst nutzt sie allerdings nur die eigenen. Würde man der Freizügigkeitsargumentation folgen, müssten Hausbesitzer fünf oder noch mehr verschiedene Hauseinführungen nebst Leitungen durchs Treppenhaus dulden.

Der Gesetzgeber sollte es besser den Eigentümern überlassen, die Entscheidung zur Netzebene 4 zu fällen, und die Provider verpflichten, die vorhandene Infrastruktur zu nutzen. Im Strom- und Gasmarkt geht es doch auch.

Thomas Liebert □

Fernseher kühlen

Smart-TV selbst reparieren – ein Experiment, c't 1/2024, S. 134

Wie der Zufall es will, habe ich einen ganz ähnlichen Fall und einen Tipp dazu. Das Gerät ist ein fünf Jahre alter Philips-Fernseher 65PUS7303, bei dem die Benutzeroberfläche aufgrund von Darstellungsfehlern (Klötzchen) nicht mehr bedienbar war. Für 80 Euro besorgte ich mir ein passendes Mainboard – aus einem kleineren, aber ansonsten baugleichen Modell (55PUS7303). Wie von Ihnen beschrieben lag der Teufel auch hier im Detail der Board-Bezeichnungen, aufgrund verschiedener Tuner-Varianten et cetera. Das neue gebrauchte Board funktioniert seit dem Austausch einwandfrei.

Grund für den Ausfall zahlreicher Smart-TVs ist laut einschlägigen Elektro-



1blu

10
.de-Domains
inklusive!

Eiskaltes Angebot: **1blu-Homepage Cool**

10 .de-Domains inklusive

- > 75 GB Webspace
- > 750 E-Mail-Adressen
- > 70 GB E-Mail-Speicher
- > 70 MySQL-Datenbanken
- > Kostenlose SSL-Zertifikate per Mausklick
- > Viele 1-Klick-Apps inklusive
- > Webbaukasten & Webkonferenzlösung

2,29
€/Monat*



Angebot gültig
bis 31.01.2024!
Preis gilt dauerhaft.

* Preis/Monat inkl. 19% MwSt. Es fällt keine Einrichtungsgebühr an.
Vertragslaufzeit 6 Monate, jederzeit kündbar mit einem Monat Frist zum Vertragsende.

030 - 20 18 10 00 | nur unter **www.1blu.de/cool**

Fragen zu Artikeln

Bitte senden Sie uns Ihre Fragen per E-Mail an die Adresse des Redakteurs, die am Ende des Artikels steht.

nikforen unzureichende Kühlung. Zwischen Kühlkörper und Rückwand sind nur Millimeter Platz – das moderne schlanke Design verkürzt auf diese Weise die Lebenserwartung der Geräte. Dies geht so weit, dass sich die mittels BGA [Ball Grid Array, Anm. der Red.] mit dem Board verbundenen Chips regelrecht selbst auslöten. Manche Bastler haben Erfolg mit Nachlöten im Backofen oder mittels eines Heißluftgeräts.

Aus diesem Grunde habe ich unserem Philips-TV einen kleinen Lüfter in der Rückwand auf Höhe des Kühlkörpers spendiert. Die Spannung dazu entnimmt er einer freien USB-Buchse (weißes Kabel). Durch Betrieb mit reduzierter Spannung fällt er akustisch kaum auf, bewirkt aber eine deutliche Temperatursenkung des Kühlkörpers.

Gerd Watza

IT-Abhängigkeit

Ein rechtlicher Blick auf den Digitalzwang, c't 1/2024, S. 158

Die Apps für Parktickets, Bahnfahren, ÖPNV und so weiter gibt es ausschließlich in den beiden App-Stores von Google und Apple, für Geräte mit deren Betriebssystem. Es wird vorausgesetzt, dass sich alle Bürger mit den Geschäftsbedingungen von Apple und Google einverstanden erklären. Man fragt sich, warum es überhaupt eine Steuer-ID beziehungsweise Bürger-ID braucht: Apple- oder Google-ID sind ja quasi schon für jeden Bürger verpflichtend. Anstrengungen der EU für mehr Wettbewerb, wie etwa mit dem Digitale-Dienstes-Gesetz, sowie Milliardeninvestitionen zur Reduzierung der IT-Abhängigkeit von den USA werden konterkariert.

Für die Digitalisierung von für den Bürger essenziellen Dienstleistungen muss der Gesetzgeber Mindeststandards vorschreiben: Bürger dürfen nicht gezwungen werden, die AGBs Dritter abzunicken. Und: Betriebssystemunabhängigkeit! Die üblichen QR-Codes kann man per E-Mail (oder

zur Not per Post) versenden und für Parktickets, Bahn, ÖPNV und so weiter eignet sich eine Webseite ähnlich gut wie eine Android- oder iOS-App. Letztere können gerne zusätzlich angeboten werden.

Bernhard Geier

Schwermetallbeelzebub

Kühlung ohne Treibhausgase, c't 29/2023, S. 44

Es scheint, dass mit dieser Lösung der Treibhausgasteufel mit dem Schwermetallbeelzebub ausgetrieben wird. Das im Artikel beschriebene elektrokalorische Material Bleiscandiumtantalat ist eine Legierung von drei Schwermetallen. Blei ist giftig, und obwohl Scandium nicht giftig ist, kann es bei der Verarbeitung dazu kommen, dass Gase und Partikel eingearbeitet werden. Das kann zu Lungenembolien führen. Tantal er ist selten, die Gewinnung kompliziert, der Abbau erfolgt meist in offenen Minen mit schwerem Gerät und hohem Energieeinsatz.

Rudi Streif

Ergänzungen & Berichtigungen

Congress heißt anders

C37C: Einige Perlen vom 37. Chaos Communication Congress, c't 2/2024, S. 36

Der 37. Chaos Communication Congress wird mit 37C3 abgekürzt.

Board heißt anders

Intel Xeon E-2400 für kleine Server, c't 2/2024, S. 46

In der Bildunterschrift unten links ist die Bezeichnung des Boards falsch. Das heißt nicht „Asus R13R-M“, sondern „Asus P13R-M“.

Alte Informationen

Webtipp „Alltag im All“, c't 2/2024, S. 50

Die Daten zu Astronauten im All auf der Website sind nicht aktuell.

Kein Nachfolger

Pixmas neues Outfit, c't 2/2024, S. 82

Der getestete Canon-Drucker Pixma TS7750i soll den im Artikel als „Vorgänger“ bezeichneten Pixma TS7450i nicht

ersetzen. Letzterer bleibt als preisgünstigeres Einstiegsmodell in Canons Portfolio.

Datenheime

Vier x86-NAS als Netzwerkdatenspeicher im Vergleich, c't 2/2024, S. 92

Nach Redaktionsschluss der Ausgabe 2/24 teilte Synology mit, dass beim DS723+ ein Active-Directory-Server aus dem App-Center nachrüstbar ist. Die exFAT-Unterstützung für externe Massenspeicher ist seit DSM 7 gratis enthalten.

Ein Jahr weiter

Vorschau c't 3/2023, c't 2/2024, S. 178

Die Vorschau beschreibt den Inhalt von Ausgabe c't 3/2024.

Fehlerhafte Datei

Zigbee2MQTT: Adapter, Einrichtung, Marktübersicht, c't 1/2024, S. 136

Im Artikel zu Zigbee2MQTT ist uns auf Seite 140 ein Fehler bei der Docker-Compose-Datei unterlaufen. Die Parameter volumes, devices, ports und environment müssen genauso eingerückt werden wie image und restart. Eine korrigierte Compose-Datei finden Sie auf Github.

Die korrigierte Compose-Datei:
ct.de/yk4q

Wir freuen uns über Post

redaktion@ct.de

c't Forum

c't Magazin

@ctmagazin

ct_magazin

@ct_Magazin

c't magazin

Ausgewählte Zuschriften drucken wir ab. Bei Bedarf kürzen wir sinnwährend.

Antworten sind kursiv gesetzt.

Anonyme Hinweise
<https://heise.de/investigativ>

GRATIS:
Signatur-Updates
bis Oktober 2024

Ihr Erste-Hilfe-Set: Das Notfall-System für den Ernstfall

NEUE
VERSION
2023/24

c't Desinfec't

Das Rettungssystem bei Virenbefall



DAS c't-Sicherheitstool
als Download für USB-Sticks

- ▶ Entfernt Trojaner und Viren unter Windows
- ▶ Mit 3 Scannern: ClamAV, Eset, WithSecure

Updates gratis
bis Oktober 2024

Das kann das c't-Sicherheitstool

Windows-Trojaner & andere Schädlinge finden und löschen
Fernhilfe für Familien-PCs leisten

Daten retten

Verloren geglaubte Fotos und Dateien finden und wiederherstellen
Daten aus defektem NAS bergen

Zusatz-Werkzeuge für Profis nutzen

Malware-Analyse mit Experten-Tools
3 Extra-Scanner selbst konfigurieren
Desinfec't erweitern

Komplett auf
32 GByte USB-Stick.
Desinfec't startet direkt vom Stick.



Auch als Heft + PDF
mit 28 % Rabatt

Mit den Virensuchern des Sicherheitstools jagen Sie PC-Schädlinge, retten Ihre Daten und können auch gelöschte Daten wiederherstellen – ganz kinderleicht. Das und noch mehr bringt Ihnen c't Desinfec't 2023/24:

- ▶ DAS c't-Sicherheitstool als Download für USB-Sticks
- ▶ Windows-Trojaner & andere Schädlinge finden und löschen
- ▶ Verloren geglaubte Fotos und Dateien finden und wiederherstellen
- ▶ Daten aus defektem NAS bergen
- ▶ Für Profis: Malware-Analyse mit Experten-Tools

Heft für 14,90 € • PDF für 12,99 € • Bundle Heft + PDF 19,90 € • Desinfec't-Stick 19,90 €



shop.heise.de/desinfect23



ICH WARTE NICHT AUF UPDATES. ICH PROGRAMMIERE SIE.

Jetzt 6 x c't lesen
für 27,90 €
statt 36,30 €

c't MINIBO PLUS AUF EINEN BLICK:

- 6 Ausgaben als Heft, digital
in der App, im Browser und als PDF
 - Inklusive Geschenk nach Wahl

- Zugriff auf das Artikel-Archiv
 - Im Abo weniger zahlen und mehr lesen

[Jetzt bestellen:](#)

ct.de/plusangebot



 ct.de/plusangebot



+49 541/80 009 120



leserservice@heise.de



Weitere Schlagseiten auf ct.de/schlagseite



Bild: Annegret Hilse/Reuters/Pool/dpa

Geduldiger als Papier

E-Rezept legt Fehlstart hin

Eigentlich sollte mit dem E-Rezept alles schneller gehen: weniger Papier, weniger Bürokratie, weniger Wege, schnellere Versorgung. Doch der bundesweite Start offenbarte eklatante Planungs- und Umsetzungsfehler: Viele Patienten müssen einen Tag warten, bis sie ein E-Rezept in der Apotheke einlösen können.

Von Hartmut Gieselmann

Sein dem 1. Januar müssen Ärzte und Praxen das E-Rezept bundesweit unterstützen. Wer zum Arzt geht, sollte nun eigentlich kein rosa Papierrezept (Muster 16) mehr mitnehmen. Bisher konnte er

den Zettel direkt in der Apotheke um die Ecke gegen ein Medikament eintauschen – eine Sache von wenigen Minuten.

Mit dem elektronischen Rezept bekommt der Patient in der Regel nichts mehr in die Hand. Die Arztpraxis lädt das Rezept digital auf einen Rezeptserver in der Telematikinfrastruktur (TI). Geht der Patient mit seiner Gesundheitskarte oder seiner mobilen App in die nächste Apotheke, ruft diese das Rezept von dort ab und gibt das Medikament aus. So weit die Theorie.

Damit ein E-Rezept gültig ist, muss der Arzt es digital signieren. Dazu steckt er seinen elektronischen Heilberufsausweis (eHBA) in ein Kartenlesegerät und gibt eine PIN ein. Je nach Laune der Software dauert das schon mal 20 bis 25 Sekunden. Das klingt nicht viel. Doch bei Praxen, die täglich Hunderte von Rezepten ausstellen, summiert sich das auf mehrere Stunden. Das ist Zeit, in der die Ärzte keine Patienten behandeln können.

Damit der Arzt nicht jedes Rezept einzeln signieren muss, kann er eine sogenannte Stapelsignatur durchführen. Damit signiert er über hundert Rezepte auf einmal. Manche Praxen machen das zweimal am Tag, mittags und abends. Andere Praxen senden erst kurz vor Feierabend alle signierten E-Rezepte des Tages an den Telematikserver.

Nutzt der Arzt die für ihn zeitsparende Stapelsignatur, kann der Patient das E-Rezept also nicht gleich auf dem Rückweg vom Arzt einlösen, sondern muss einige Stunden später oder am nächsten Tag zur Apotheke gehen. Und auch dann kann es passieren, dass er sich umsonst auf den Weg gemacht hat, weil bei der digitalen Übermittlung irgendetwas schiefgelaufen ist.

Luxus-Signatur

Für Patienten, die nicht auf die Stapelsignatur des Arztes warten können, gibt es die sogenannte Komfortsignatur. Dabei bleibt der eHBA den ganzen Tag im Kartenlesegerät. Der Arzt muss nur morgens einmal eine PIN eingeben und kann vorab bis zu 250 Rezepte signieren, sodass sie bei der Verschreibung gleich rausgehen. So empfiehlt es auch die Kassenärztliche Vereinigung Westfalen-Lippe (KVWL). Allerdings benötigt der Arzt ein separates Kartenlesegerät und einen neueren Sicherheitsrouter (PTV4+-Konnektor), um die Komfortsignatur nutzen zu können. Außerdem muss seine Praxisverwaltungssoftware die Komfortsignatur fehlerfrei unterstützen.

Lädt der Arzt das Rezept einzeln oder per Komfortsignatur sofort auf den Server hoch, kann der Patient auch einen Ausdruck mit einem QR-Code für die Apotheke mitnehmen. Dieser garantiert jedoch nur, dass das Rezept bereits auf dem TI-Server liegt. Doch selbst wenn eine Praxis auf dem neuesten Stand ist, klappt das nicht immer. Ein Internist aus Ostwestfalen berichtete uns, dass er trotz Komfortsignatur keine E-Rezepte versenden könne und das spätere Abholen in der Apotheke nicht funktioniere. Gründe dafür habe er von seinem IT-Dienstleister nicht erfahren. Bis das Problem gelöst ist, stellt er seinen Patienten weiterhin Papierrezepte auf dem bewährten Muster 16 aus, die die Apotheke um die Ecke sofort einlöst.

Massive Probleme

Der Internist ist kein Einzelfall. Zum Start des E-Rezepts kam es am 2. Januar zu erheblichen Ausfällen. Unter vielen anderen berichtete die Kassenzahnärztliche Ver-

einigung Brandenburg von einer „massiven Störung“ in der TI, mutmaßlich im Zusammenhang mit der sicheren Auflösung von Domainnamen in IP-Adressen, die eine Vielzahl von Konnektormodellen betraf.

Die für die Planung zuständige Gematik, die die TI überwacht, nannte auf Anfrage von heise online keine Zahlen zu Problemen beim Start des E-Rezepts. Stattdessen meldete der Apothekerverband Nordrhein in einer Blitzumfrage am 4./5. Januar unter 450 Apotheken, dass in den ersten Tagen nur die Hälfte aller Rezepte digital eingereicht wurden. Vier von fünf E-Rezepten wurden mit der elektronischen Gesundheitskarte eingelöst. 18 Prozent der Patienten legten einen Papierausdruck mit QR-Code des Rezepts vor. Nur ein Prozent nutzte die E-Rezept-App der Gematik.

Drei Viertel der Apotheken berichten von Störungen beim Abruf des E-Rezepts: Bei jedem fünften E-Rezept gab es erhebliche Probleme. Zwei Drittel beklagten, dass die Bearbeitung des E-Rezepts wegen des erhöhten Dokumentationsaufwands und der langsamem Verbindung länger dauere als beim herkömmlichen Papierrezept.

Recht auf Papier

Die meisten Probleme bereiteten fehlerhaft ausgestellte E-Rezepte sowie Verbindungsprobleme zu den Servern. Im Interview mit heise online beklagt Anke Rüdinger, Vorstandsmitglied des Deutschen Apothekerverbands (DAV) und Leiterin des Digital Hub des Bundesverbands (ABDA), dass die federführende Gematik ihre Branche bei der Planung vieler Prozesse übergangen habe.

Die Apotheken hätten beispielsweise einen Referenzvalidator entwickelt, der Formfehler beim E-Rezept automatisch erkennt. Dieser sei jedoch von der Gematik nicht umgesetzt worden. Trotz Zertifizierung durch die Gematik würden einige Praxisverwaltungsprogramme immer noch fehlerhaft ausgestellte E-Rezepte übermitteln.

Es gäbe zwar eine Fallback-Lösung für Ärzte, die bei einem Ausfall der E-Rezept-server einfach wie bisher ein Muster 16 ausstellen. Tritt der Fehler aber erst bei der Abholung in der Apotheke auf, gibt es keinen Ersatz. Die Patienten müssen dann unverrichteter Dinge zurück zum Arzt und sich ein Papierrezept abholen. „Prinzipiell

haben die Versicherten ohnehin ein Anrecht auf den Papierausdruck der elektronischen Verordnung in der Arztpraxis“, erklärte Rüdinger. Die Stapelsignatur bereite „große Probleme“, weshalb sie dringend zur Komfortsignatur rät.

Aber auch bei ausgedruckten QR-Codes komme es immer wieder zu Störungen: Sei es, weil eine Krankenkasse gerade ihren Server mit dem Versichertenstammdatenmanagement wartet, oder weil die Internetverbindung einer Apotheke komplett zusammenbricht. Für letzteren Fall empfiehlt Rüdinger den Apotheken, sich einen LTE-Router als Backup zuzulegen.

Pflegeheime blieben von dem Digital-Chaos verschont: Sie sollen am 1. Juli 2025 zum E-Rezept wechseln. Doch die Heime sind noch nicht an die TI angeschlossen. Für das E-Rezept müssten daher bei jeder Verordnung die elektronischen Gesundheitskarten eingesammelt und ausgegeben werden. Dafür gibt es weder Personal noch sonstige logistische Lösungen.

(hag@ct.de) ct

Interview und Details auf heise Online:
ct.de/y5kp



Kommentar: Digitale Entschleunigung

Von Hartmut Gieselmann

Gesundheitsminister Lauterbach ist ein Fuchs. Wenn Ärzte und Apotheker über Hektik und Überlastung klagen, verabreicht er ihnen eine Wundermedizin: digitale Entschleunigung. Ein Herz- oder Asthmamittel kann man auch morgen noch einnehmen. Und wer für sein Insulin dreimal zu Arzt und Apotheke laufen muss, tut auch etwas für seine Gesundheit. Frische Luft und Bewegung haben schließlich noch niemandem geschadet.

Es gibt ohnehin zu wenig Medikamente für zu viele Alte und Kranke. Zeitraubende Signaturen, fehlerhafte Implementierungen, schlampige Zertifizierungen und untermotorisierte Server lösen also elegant gleich zwei Probleme auf einmal: den Versor-

gungsgengpass und die finanzielle Überlastung der Gesundheits- und Rentensysteme.

Sie finden das zynisch?

Ich finde es zynisch, dass das Gesundheitsministerium eisern an der überstürzten flächendeckenden digitalen Umstellung festgehalten hat. Da hat sich seit der Ablösung von Jens Spahn nichts geändert. Dabei waren die massiven Probleme bekannt und die Apotheker hatten noch wenige Tage zuvor in einem Brandbrief vor einem Fiasko gewarnt. 20 Prozent Fehlerquote bei einem so kritischen Systemwechsel, bei dem die Gesundheit der Bevölkerung auf dem Spiel steht, kann man nicht anders nennen. Stellen Sie sich vor, Ihre Bank würde nach einem Softwareupdate 20 Pro-

zent der Überweisungen nicht mehr ausführen. Die Verantwortlichen würden sofort entlassen.

Natürlich erwarten wir alle eine schnelle digitale Übermittlung von Rezepten und die Umsetzung ist alles andere als einfach. Aber wer sich der Komplexität bewusst ist, führt das E-Rezept nicht am 1. Januar bundesweit ein – einem Quartalsbeginn im Winter, an dem die Praxen ohnehin von Erkältungskranken überrannt werden und das Personal überlastet ist. Er plant einen regionalen, schrittweisen Rollout in der Mitte eines Sommermonats. Er schließt Apotheker nicht aus und verlangt von der federführenden Gematik ein engmaschiges Fehlerkontrollsystem mit öffentlicher Chronologie und Ausweichverfahren, falls die Übertragung eines E-Rezepts scheitert.

Wer das wie Bundesgesundheitsminister Lauterbach sehenden Auges unterlässt, handelt nicht fahrlässig, sondern böswillig. Er stellt das Wohl der Versicherungs- und Pharmakonzerns, die die schnelle Digitalisierung vorantreiben, über das der Patienten.

Aus allen Wolken gefallen

**Risiko Cloudabschaltung:
Wenn einwandfreie Hardware plötzlich nutzlos wird**



Cloud weg, Hardware tot: Prominente Beispiele und die Rechtslage Seite 18
Was die Politik gegen Software-Obsoleszenz tun sollte Seite 22
Smart-Home-Systeme: Was auch ohne Cloud funktioniert Seite 24

Von der Überwachungskamera über die Smart-Home-Zentrale bis zum E-Bike: Schaltet der Hersteller die Clouddienste ab, wird teure Hardware über Nacht zu Elektroschrott. Das Problem wird sich weiter verschärfen, denn die Cloudifizierung schreitet voran – und die Rechtslage schützt Nutzer nicht vor der Willkür der Hersteller.

Von Christian Wölbert

Als die Telekom im Mai 2023 das Ende ihres Smart Speakers ankündigte, versuchte sie, die bittere Botschaft mit einer Prise Humor zu versüßen. Die Kommunikationsexperten des Konzerns malten ein überrascht schauendes Gesicht auf das Gerät und schrieben „Tschüss Smart Speaker“ daneben. Doch das niedliche Bildchen dürfte die wenigen Nutzer besänftigt haben.

Denn weiter unten kündigte die Telekom an, den Smart Speaker mit einem Zwangsupdate in einen vollkommen unsmarten Bluetooth-Lautsprecher zu verwandeln und die zugehörigen Clouddienste abzuschalten. Danach werde sich das Gerät nicht mehr mit dem Internet verbinden und könne nicht mehr per Sprache gesteuert werden. „Habe sechs Geräte gekauft, die jetzt nutzlos sind. Neue Geräte von Amazon Echo sind erforderlich. Sag mal Telekom: Das sind ca. 350 Euro!“, kommentierte ein Nutzer im Telekom-Forum. Am 30. Juni 2023 setzte die Telekom die Ankündigung wie geplant um. Den Kaufpreis erstattete sie nur Kunden, die nach Juni 2021 gekauft hatten.

Dass Hersteller die Server für vernetzte Geräte unerwartet abschalten, kommt seit einigen Jahren häufiger vor: Einer der ersten prominenten Fälle war die Deaktivierung des hochpreisigen Smart-Home-Systems von Revolv im Jahr 2016, weniger als drei Jahre nach dem Verkaufsstart. 2019 verwandelte Netgear Arlo seine Vue-Zone-Überwachungskameras über Nacht in Elektroschrott, im Jahr darauf tat der Konkurrent Belkin dasselbe mit seinen Wemo-Cams. Der smarte Haustüröffner Nello One gab 2020 den Geist auf und am

1. März 2024 werden voraussichtlich die Server für das Smart-Home-System von Livisi (ehemals Innogy) ausgeknipst. Einen Überblick über diese und weitere prominente Fälle gibt die Infografik auf Seite 20.

Nur der Auftakt

In Zukunft dürfte die Quasi-Enteignung aus der Ferne aber noch viel mehr Nutzer treffen. Erstens wächst der Smart-Home-Markt stark – ein Bereich, in dem bereits heute viele Kernfunktionen der Produkte von Clouddiensten abhängen, vor allem für Fern- und Sprachsteuerung. Nach einer Schätzung von Statista Research gab es im Jahr 2020 in 9,5 Millionen deutschen Haushalten Smart-Home-Geräte, 2024 sollen es schon knapp 20 Millionen Haushalte sein.

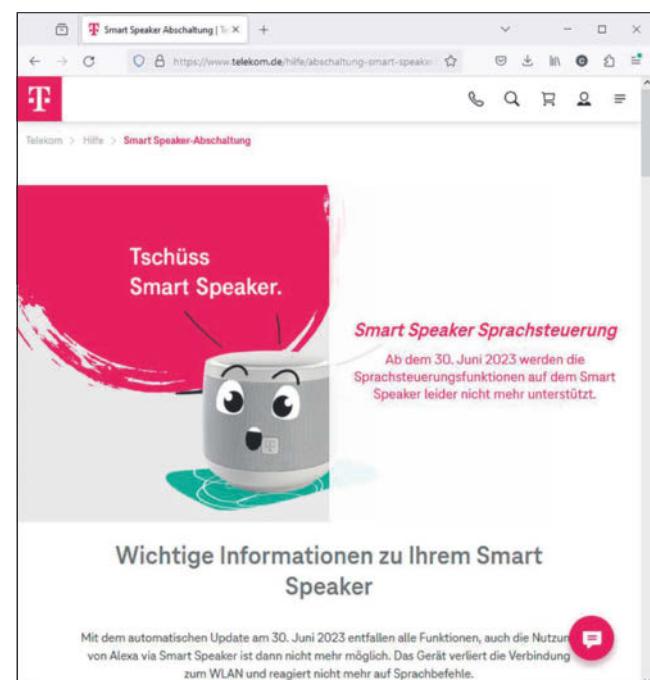
Zweitens werden stetig weitere Produktgattungen cloudifiziert, von der Kör-

perfettwaage über die Pellettheizung bis zum Auto. Was dabei schiefgehen kann, zeigt der Fall VanMoof: Die E-Bikes des niederländischen Herstellers lassen sich mit einer Smartphone-App konfigurieren und entriegeln, die bei der Einrichtung auf einen Clouddienst angewiesen ist. Als die Firma im Juli 2023 Insolvenz anmeldete, mussten Besitzer einiger Modelle fürchten, im schlimmsten Fall ihr Rad nicht mehr aufschließen zu können. VanMoof wurde inzwischen übernommen, die Server laufen noch – doch für alle Fälle sollten Nutzer den Schlüssel für die Kommunikation zwischen Fahrrad und App aus der Cloud des Herstellers herunterladen (siehe ct.de/yq71).

Spielarten der Obsoleszenz

Kann man Geräte nur noch eingeschränkt oder gar nicht mehr nutzen, obwohl die Hardware an sich noch einwandfrei funktioniert, sprechen Forscher von „softwarebedingter Obsoleszenz“. Das Phänomen ist so alt wie der Computer selbst: Irgendwann ist die Hardware zu lahm für neue Anwendungen und die alten Programme genügen den Anforderungen nicht mehr, also muss neue Hardware her.

Die Vernetzung der Hardware mit dem Internet brachte viele neue Spielarten softwarebedingter Obsoleszenz hervor. Bleiben Sicherheitsupdates aus, kann das ein Grund dafür sein, ein Smartphone oder einen PC auszurangieren. Ein Update kann aus Nutzersicht aber auch unerwünscht sein, wie im Fall „Batterygate“: Apple dros-



selte per Update heimlich die Leistung von iPhones, wenn die Akkukapazität nachließ, und musste dafür später Schadensersatz zahlen. In ähnlicher Manier reduzierte Tesla per Update die Reichweite seiner E-Autos. Die Liste solcher Beispiele ließe sich quasi endlos fortsetzen.

Das Deaktivieren von Clouddiensten ist allerdings eine besonders krasse Form der Software-Obsoleszenz: Schaltet der Hersteller die Server eines vernetzten Ge-

rätes ab, beeinträchtigt das die Leistungsfähigkeit, Sicherheit oder Kompatibilität nicht nur graduell, sondern Funktionen fallen komplett weg – und das, obwohl Hard- und Software für alle Aufgaben weiterhin völlig ausreichen.

Die Abschaltung an sich ist allerdings noch kein Grund zur Aufregung. Schließlich kann man von den Herstellern schlecht erwarten, dass sie alle Dienste für alle Produkte ewig laufen lassen. Bei der Bewer-

tung kommt es vielmehr auf weitere Umstände an: Etwa darauf, ob man das Gerät auch ohne Cloud sinnvoll weiternutzen kann, ob der Hersteller den Kaufpreis erstattet, seit wann das Produkt auf dem Markt ist und wie überraschend die Abschaltung kommt.

Systematisch lahmgelegt

Abschreckend wirkt etwa die Geschichte von Belkins Überwachungskameras der Wemo-Serie. Als diese auf den Markt kamen, konnten Nutzer mit einer Belkin-Anwendung oder auch Software anderer Hersteller auch lokal auf die Videostreams zugreifen. Später deaktivierte Belkin diese Möglichkeit mit einem Firmware-Update, sodass man die Kameras nur noch mit einem kostenpflichtigen Clouddienst betreiben konnte.

Im Jahr 2020 wurde dieser Dienst nach sieben Jahren Betriebsdauer eingestellt. Gegenüber Spiegel Online erklärte Belkin damals, man habe Workarounds wie die Rücknahme der Firmware-Änderung und den Wechsel zu anderen Clouddiensten in Erwägung gezogen, diese erfüllten aber nicht die „Sicherheits- und Usability-Anforderungen“. Und so taugten die Kameras nur noch als Türstopper. Besonders ärgerlich: Belkin informierte seine Kunden nur mit wenigen Wochen Vorlauf über die geplante Abschaltung. Und den Kaufpreis erstattete der Hersteller nur jenen, deren Kameras maximal zwei Jahre alt waren und die einen Kaufbeleg vorweisen konnten.

Ähnlich viel Pech hatten Käufer des cloudestützten Haustüröffners Nello One, der 2018 auf den Markt kam: Der Hersteller Locumi Labs meldete 2019 Insolvenz an und wurde übernommen. Der neue Eigentümer betrieb die Server zwar zunächst weiter, doch 2020 war endgültig Schluss. Den Kaufpreis in Höhe von 120 Euro sahen die Käufer nicht wieder.

Ein bisschen Kulanz

Vergleichsweise froh konnten da noch Besitzer der ersten Hue Bridge von Philips sein: Der Hersteller schaltete die Clouddienste für die Fern- und Sprachsteuerung 2020 nach sieben Jahren ab, die Nutzer konnten ihre smarten Leuchten danach immerhin noch lokal via App schalten. Wer das Gerät in erster Linie wegen der Cloudfunktionen gekauft hatte, dürfte trotzdem nicht begeistert gewesen sein. Ähnlich dürfte es in Zukunft den Nutzern vieler anderer Smart-Home-Systeme ergehen.

Stecker gezogen

Mit der Cloudifizierung von Geräten steigt das Risiko, dass der Hersteller schon nach wenigen Jahren die Server abschaltet und dadurch wichtige Funktionen deaktiviert oder die Hardware komplett lahmlegt. Ein Überblick über prominente Fälle.

Mai 2016

Die Google-Tochter Nest stellt alle Clouddienste für den Smart-Home-Hub von Revolv ein. Das 300 US-Dollar teure Gerät, das erst Ende 2013 auf den Markt kam, ist damit funktionslos. Nest hatte Revolv 2014 übernommen und entschieden, die Produkte der Firma nicht länger zu unterstützen.



März 2018

Logitech deaktiviert seine Fernbedienungszentrale Harmony Link. Der Hersteller will zunächst nur Kunden mit maximal einem Jahr alten Geräten einen kostenlosen Umtausch anbieten. Nach Protesten erhalten alle Nutzer die jüngere Zentrale Harmony Hub.

August 2019

Die Netgear-Tochter Arlo deaktiviert die Server für die Überwachungskameras der Serie VueZone. Die Kameras sind damit nutzlos.

Mai 2020

Sieben Jahre nach dem Start deaktiviert Belkin seinen Wemo-Netcams. Lediglich den Kunden, die nach dem 1. April 2018 gekauft hatten, erstattet Belkin den Kaufpreis.



Juni 2020

Das Unternehmen Slack schaltet den Server für den smarten Haustüröffner Nello One ab und verwandelt das 120 Euro teure Gerät damit in Elektroschrott. Slack hatte zuvor den Nello-Hersteller Locumi Labs übernommen, der 2019 Insolvenz anmelden musste.



August 2021

Osram schaltet die Server für sein Beleuchtungssystem Lightify ab. Das Gateway und die Leuchtmittel lassen sich nur noch über das lokale Netzwerk steuern und nicht mehr per Sprache bedienen.

März 2023

Livisi kündigt an, die Onlinedienste für sein gleichnamiges Smart-Home-System zum 1. März 2024 einzustellen. Bestimmte Funktionen sollen danach noch lokal nutzbar sein.

Juni 2023

Die Telekom deaktiviert die Sprachsteuerung und fast alle weiteren Funktionen ihrer Smart Speaker. Die Geräte verbinden sich nicht mehr mit dem WLAN und taugen nur noch als Bluetooth-Lautsprecher. Den Kaufpreis erstattet die Telekom nur, wenn man nach Juni 2021 gekauft hat.

Fast schon vorbildlich agierte Google bei der Abschaltung seines Cloud-Gaming-Dienstes Stadia. Kurz vor Ultimo aktivierte der Konzern per Softwareupdate den Bluetooth-Chip der zugehörigen Controller, sodass Nutzer damit PC-Spiele zocken konnten. Obendrein erstattete der Konzern allen Nutzern den Kaufpreis des Controllers. Aus Umweltsicht kann man Google trotzdem kritisieren: Stadia lief gerade mal drei Jahre lang und bei vielen Kunden dürfte der Controller trotz der Bluetooth-Funktion nun verstauben.

Die Beispiele zeigen: Wie lange ein Hersteller die Cluddienste für seine smarten Geräte betreibt, ist weitgehend Glückssache. Beim Kauf sollte man deshalb darauf achten – oder während der 14-tägigen Rückgabefrist ausprobieren –, welche Funktionen auch ohne Cloud laufen. Beim kurzzeitigen Ausfall der Server von Sonos zeigte sich beispielsweise, dass man die Streaminglautsprecher per Spotify Connect unbeeinträchtigt bespielen konnte, aber dass sie für diejenigen unbrauchbar waren, die andere Musikdiensste über die Sonos-App abspielen wollten.

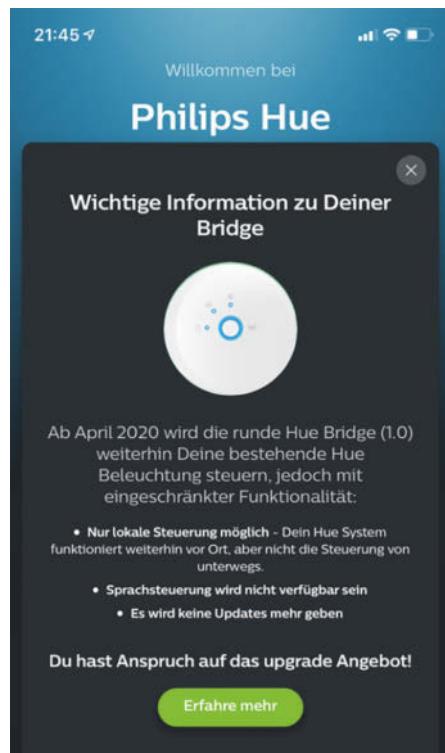
Im Artikel auf Seite 24 klären wir diese Frage für die wichtigsten Smart-Home-Systeme. Dabei sollte man sich allerdings bewusst sein, dass Hersteller mit Firmware-Updates Fallback-Funktionen hinzufügen oder auch wieder streichen können.

Auch auf Geschäftsmodelle darf man sich nicht verlassen: So waren anfangs alle Cloudfunktionen der smarten Türschlösser von Nuki kostenfrei, doch später verlangte der Hersteller eine Monatsgebühr für eine API-Funktion, die unter Vermietern von Ferienwohnungen beliebt war, was deren Kostenkalkulation über den Haufen warf.

Schwammige Rechtslage

Nicht viel mehr Klarheit gibt es bei der Frage, ob man im Notfall zumindest mit einer Erstattung des Kaufpreises rechnen kann. Halbwegs auf der sicheren Seite ist man nur in den ersten zwei Jahren nach dem Kauf. Während dieser Zeit haftet der Verkäufer laut dem Bürgerlichen Gesetzbuch (BGB) grundsätzlich für die Mängelfreiheit einer Ware. Gemäß dem 2022 neu eingeführten §475c BGB gilt das ausdrücklich auch für dauerhaft bereitgestellte digitale Elemente von Produkten, also auch für Cluddienste.

Schaltet also ein Hersteller innerhalb der ersten beiden Jahre einen Cluddienst



Nachdem Philips 2020 die Cluddienste für die erste Generation der Hue-Bridge deaktivierte, konnten Nutzer ihre Lampen zumindest noch im Heimnetz steuern.

für ein Produkt ab, ist der Verkäufer verpflichtet, diesen Mangel zu beheben oder, worauf es bei abgeschalteten Clouds hinauslaufen wird, den Kaufpreis zu erstatten. Pech hat man allerdings, wenn der Verkäufer gleichzeitig auch der Hersteller ist und pleite geht. Dann hat man niemanden mehr, an den man sich wenden kann. Und wie immer bei der Gewährleistung hat man das Problem, dass der Verkäufer sich querstellen kann und sich eine Klage bei günstigen Produkten dann nicht lohnt.

Die zwei Jahre sind als Mindestzeitraum zu verstehen. Der neue §475c BGB verschafft dem Käufer theoretisch noch weitergehende Rechte, bleibt dabei aber im Ungefahren: Die Norm konstatiert zunächst, dass Käufer und Verkäufer auch eine längere Bereitstellungsduer als zwei Jahre vereinbaren können, ausdrücklich oder auch konkludent, also stillschweigend. Eine konkludente Vereinbarung sei etwa beim Kauf einer Smartwatch denkbar, die auf eine Cloudanbindung angewiesen ist, heißt es in der Gesetzesbegründung. „Hier dürften die Parteien voraussetzen, dass die Cloud über einen angemessenen Zeitraum zur Verfügung steht.“

Welcher Zeitraum in einem solchen Fall „angemessen“ wäre, lässt sich dem Gesetz und der Begründung allerdings nicht entnehmen. Das müssen im Einzelfall also die Gerichte auslegen, sodass man kaum absehen kann, ob sich eine Klage lohnt. Es ist also kein Wunder, wenn Firmen wie die Telekom nur innerhalb der ersten zwei Jahre nach dem Kauf eine Erstattung anbieten.

Die Rechtslage ist besonders unbefriedigend, wenn man bedenkt, dass die Politik an manchen anderen Stellen schon weiter ist. So sind Smartphonehersteller ab Juni 2025 EU-weit klipp und klar dazu verpflichtet, fünf Jahre lang Softwareupdates und sieben Jahre lang Ersatzteile zu liefern. Und im Dezember beschloss die EU mit dem Cyber Resilience Act eine ähnliche Updatepflicht für alle vernetzten Produkte: Die Hersteller müssen voraussichtlich ab 2027 mindestens fünf Jahre lang Sicherheitsupdates liefern, es sei denn, sie geben von Anfang an einen kürzeren Updatezeitraum an. Schärfere Anforderungen an die Aufrechterhaltung von Cluddiensten sind aber noch nicht in Sicht.

Was Verbraucherschützer fordern

Umwelt- und Verbraucherschützer fordern die EU deshalb zum Handeln auf. Der Bundesverband der Verbraucherzentralen verlangt zum Beispiel, dass Hersteller eine Lebensdauer für ihre Produkte angeben müssen. An diesem Wert soll sich dann automatisch auch die Gewährleistungsfrist orientieren. Das würde Nutzern mehr Rechtssicherheit bieten und könnte die Hersteller zu mehr Nachhaltigkeit zwingen.

Noch weiter mit seinen Forderungen geht das Umweltbundesamt: Es hat im Rahmen einer 2023 erschienen Studie „13 Schritte gegen Software-Obsoleszenz“ formuliert, darunter die „Gewährleistung einer Nutzungsdauer von mindestens zehn Jahren“ sowie die Möglichkeit zum Betrieb von Produkten ohne externe Abhängigkeit.

Zehn Jahre garantierte Nutzungsdauer und Cloudautonomie mögen gut klingen, in der Praxis wären solche Anforderungen jedoch nicht leicht umsetzbar, besonders wenn ein Konzern eine Geschäftssparte einfach pleitegehen lässt. Einen detaillierteren Vorschlag, wie die Politik gegen Cloud-Obsoleszenz vorgehen könnte, macht der folgende Artikel.

(cwo@ct.de) ct

Umweltbundesamt-Studie: ct.de/yq71

Wir brauchen smarte Gesetze!

Was die Politik gegen Cloud-Osoleszenz tun sollte

Käufer smarter Geräte wurden in den vergangenen Jahren häufiger zum Spielball von Unternehmen, die eher nach dem Prinzip Hoffnung agierten denn auf Grundlage eines brauchbaren Geschäftsmodells. Wie der Gesetzgeber Konsumenten besser schützen könnte.

Von Nico Jurran

Über die vergangenen Jahrzehnte verspekulierten sich immer wieder IT-Firmen bezüglich technischer Möglichkeiten beziehungsweise Rentabilität ihrer Geschäftsmodelle so spektakulär, dass ihre Kunden am Ende in der Bredouille steckten. Der Bericht auf Seite 18 zeigt anschaulich, dass diese Probleme im Smart-Home-Bereich eine neue Dimension erreicht haben: Immer wieder kommt es vor, dass Kunden an ihren Geräten Funktionen auf einmal nicht mehr nutzen können, sie für zunächst kostenlose Features plötzlich zahlen sollen oder sogar erleben, wie sich ihre Komponenten in Elektroschrott verwandeln.

Stand der Dinge

Die aktuellen Regelungen zum Schutz der Verbraucher laufen oft ins Leere. Wird der Hersteller insolvent, stehen die Kunden mit ihren Forderungen meist am Ende der Schlange der Anspruchsberechtigten – wenn überhaupt noch etwas zu holen ist.

Fallen Funktionen weg oder werden kostenpflichtig, ist die rechtliche Lage wiederum oft verzwickt: Womit hat der Hersteller geworben, wovon ist der Kunde nur ausgegangen?

Hinzu kommt, dass viele Smart-Home-Hersteller nicht nur ein eigenes Ökosystem betreiben, sondern ihre Geräte auch in die Systeme anderer Anbieter integrieren. Diese Faktoren liegen außerhalb ihres Einflussbereichs: Sie können weder von fremden Plattformbetreibern verlangen, alle Funktionen ihrer Geräte zu unterstützen, noch verhindern, dass ein fremder Dienst kostenpflichtig oder ganz eingestellt wird.

Doch auch wenn dieser gordische Knoten nicht einfach zu lösen ist, muss der Gesetzgeber handeln. So kann es jedenfalls nicht weitergehen.

Mehr Transparenz

Der erste Schritt zu einem besseren Verbraucherschutz liegt in einer Verpflichtung der Hersteller zu mehr Transparenz. Die Politik muss dafür sorgen, dass sich die Konsumenten künftig schon beim Kauf der Geräte darüber im Klaren sind, worauf sie sich einlassen. Aktuell zeigt sich hingegen häufig erst bei der Installation, dass zwingend eine Verbindung zur Cloud



Bild: Moritz Reichartz

nötig ist oder dass das Zusammenspiel mit Komponenten anderer Anbieter nur über Bande funktioniert, beispielsweise über Dienste von Dritten wie IFTTT.

Die praktischste Lösung: Auf jede Packung gehört eine detaillierte Übersicht, welche Funktion auf welcher Plattform nutzbar ist. So müsste der Hersteller etwa aufführen, wenn bei einem smarten Leuchtmittel außer Ein/Aus und Dimming auch Lichtszenarien abrufbar sind, aber nur in der eigenen App, nicht unter dem „Matter“-Standard. Ebenso wenig dürften Angaben fehlen, ob und in welchem Umfang sich die Geräte lokal nutzen lassen und welche persönlichen Daten man herausgeben muss. So muss etwa deutlich werden, ob der Nutzer selbst ein Konto bei einem Cloudserver braucht, wenn er auf den Fernzugriff komplett verzichtet – oder ob die smarte Waage ernsthaft eine Internetverbindung voraussetzt, um das Gewicht anzuzeigen.

Mit Zeitstempel

Da die Auflistung den aktuellen Stand der Dinge zeigen soll, muss schließlich eindeutig deklariert sein, wenn sich eine Funktion noch im Betastadium befindet oder die Umsetzung sogar nur geplant ist beziehungsweise von einem Update eines



Auf vielen Smart-Home-Komponenten findet man mittlerweile eine Reihe von Logos, die zeigen, in welchen Ökosystemen das Gerät eingesetzt werden kann. Allerdings sagen sie nicht, ob die Anbindung lokal oder über die Cloud funktioniert und ob jeweils alle Funktionen nutzbar sind.

Dritten abhängt. Das bedeutet auch, dass die Liste zwangsläufig die Angabe enthält, wann sie erstellt wurde.

Mancher Hersteller dürfte gegen eine Forderung nach mehr Transparenz vorbringen, dass eine verbindliche Featureliste wegen der stetigen Weiterentwicklungen im Smart-Home-Markt unmöglich sei. Das kann man 2024 aber nicht mehr als Argument nicht gelten lassen: Abgesehen davon, dass Hersteller Packungen heute schon aktualisieren, wenn es darum geht, neue Funktionen oder erhaltene Auszeichnungen zu bewerben, bliebe immer die Möglichkeit, die User über einen QR-Code auf eine Website zusätzlich mit der neuesten Version der Liste zu führen.

Mindesthaltbarkeitsdatum

Den Kunden würde eine höhere Transparenz erst einmal erleichtern, die für sie jeweils besten Geräte auszuwählen und Fallstricke zu erkennen. Ebenso wichtig wäre aber, die Hersteller für ihre Angaben rechtlich in die Pflicht nehmen zu können, sodass Käufer Ansprüche gegen Hersteller im Falle eines Falles leichter durchsetzen könnten. Als Nebeneffekt dürften manche Anbieter mit ihren Versprechungen wesentlich vorsichtiger umgehen.

Aber es ist auch klar, dass Hersteller nicht dazu verpflichtet werden können, die Funktionsfähigkeit ihrer Geräte für alle Ewigkeit zu garantieren – die Stichworte lauten „technischer Fortschritt“ und „natürliche Überalterung von Hardware“. Es spricht aber nichts gegen ein „Mindesthaltbarkeitsdatum“: Wer ein Gerät kauft, sollte sich sicher sein, dass der Händler nicht nur für die Funktionstüchtigkeit der Hardware eine gewisse Zeit ab Kaufdatum eintritt, sondern dass das für die gesamten Grundfunktionen gilt, und zwar ohne Aufpreis, ohne plötzlichen Cloudzwang und inklusive Serverbetrieb für die cloudbezogenen Funktionen.

Im Smart-Home-Bereich sind zehn Jahre dabei keine übertriebene Forderung. Will der Hersteller weiterhin nur den aktuell vorgesehenen Mindestzeitraum von zwei Jahren gewähren, so soll er das tun – aber klar und deutlich kommunizieren müssen. Es dürfte nicht lange dauern, bis erste Konkurrenten mit längerer Unterstützung werben.

Vorbereitung auf die Krise

Mehr Transparenz verhindert aber natürlich nicht, dass irgendein Hersteller einen

Kamikaze-Kurs fährt, mit seinen Plänen scheitert und im schlimmsten Fall pleite geht. Hierfür muss der Gesetzgeber eine Lösung finden, bei der den betroffenen Kunden schnell und möglichst unbürokratisch geholfen wird.

Eine Idee wäre, die Hersteller zu verpflichten, im Falle des Untergangs die Firmwares als Open-Source-Projekte zu veröffentlichen, um die verkauften Geräte weiter betreiben zu können. Dieser Ansatz ist jedoch kaum umsetzbar: Was, wenn in der Firmware Software von Drittanbietern steckt? Und wer soll mit wessen Geld die Server betreiben, wenn die Geräte von der Cloud abhängen?

Hinzu kommen Zweifel bezüglich der praktischen Durchführbarkeit: Bei den wenigsten Firmen geht das Ende so über die Bühne, dass Mitarbeiter Zeit und Muße für eine geordnete Abwicklung finden. Man müsste also eine zentrale Stelle einrichten, die aktuelle Fassungen für alle Geräte und die Server vorrätig hält und im Falle eines Falles freigibt. Doch das brächte einen Rattenschwanz neuer Fragen – darunter, wie man diese Stelle finanziert, die zeitnahe Anlieferung neuer Firmware sicherstellt und Geschäftsgeheimnisse wahrt. Am Ende ist dieser Ansatz zu kompliziert und zu teuer.

Auf Nummer sicher

Die Einführung eines Sicherungsscheins wäre sinnvoll, ähnlich dem aus dem Reiserecht, wo er Teilnehmern einer Pauschalreise die Rückerstattung des Preises im Falle einer Zahlungsunfähigkeit oder Insolvenz des Veranstalters garantiert. Analog würde jeder Hersteller von Smart-Home-Komponenten dazu verpflichtet, ausgehend von seinem Umsatz Beiträge in einen Sicherungsfonds zu zahlen. Aus diesem Topf werden die Kunden dann entschädigt, wenn sich Geräte aufgrund von Handlungen des Herstellers nicht mehr oder nur noch begrenzt weiter betreiben lassen.

Um die Verhältnismäßigkeit zu wahren, ließen sich in Anlehnung an das oben angesprochene „Mindesthaltbarkeitsdatum“ die Ansprüche wiederum zeitlich begrenzen – und ebenso der Gebrauch des Gerätes einkalkulieren: Ähnlich der Nutzungsentzündigung, die ein Autoverkäufer gegenüber dem Käufer für die gefahrenen Kilometer bei Rücktritt vom Kauf hat, würde der Anspruch über die Jahre abnehmen.



Der smarte Haustüröffner Nello One ist ein Paradebeispiel dafür, wie nach einer Herstellerpleite Rettungsversuche scheitern können und die Kunden am Ende auf nutzlos gewordenen Geräten sitzen bleiben.

Wahlfreiheit

Manch Nutzer wird nun einwenden, dass er keinen Aufpreis für die Absicherung zahlen wolle – etwa, weil er nur bei Firmen kauft, die „vertrauenswürdig“ sind. Oder dass er lieber Smart-Home-Geräte aus dem Ausland importiert. Kein Problem. Selbst, wenn man Sicherungsscheine für in Deutschland verkauften Geräte verpflichtend machen würde, könnte man den Kunden die Wahl lassen: Wer keine Absicherung will, kann darauf verzichten. Vermutlich aber wird die Zahl der Kunden, die lieber auf Nummer sicher gehen, aufgrund der bisherigen Entwicklung in Zukunft eher steigen. (nij@ct.de) ct



Bild: Moritz Reichartz

Auch offline schlau

Was bei 14 Smart-Home-Systemen noch funktioniert, wenn Internet und Cloud ausfallen

Ist die Verbindung zur Cloud eines Herstellers gestört oder schaltet er seine Server für immer ab, reagieren einige Smart-Home-Komponenten nur noch eingeschränkt. Was in solchen Szenarien noch funktioniert und was nicht, zeigt ein stichprobenartiger Blick auf populäre Systeme.

Von Berti Kolbow-Lehradt

Das Internet hat dem vernetzten Heim einen großen Schub gegeben. Viele Hersteller verwenden für ihre Funksysteme eine Cloud-Infrastruktur als Unterbau. Das erleichtert das Zusammenspiel mit Geräten anderer Marken über Webschnittstellen. Außerdem lässt sich das Zuhause dadurch von unterwegs per Smartphone fernsteuern.

Doch nicht nur mit Blick auf die Privatsphäre und Datenhoheit ist es problematisch, wenn Hersteller alle Signale durch die Cloud schleusen. Auch dem Ausfallschutz kommt das nicht zugute. Bricht die Verbindung ins Web mal ab, herrscht Sendepause. Das Licht in dem Fall ausnahmsweise wieder per Wandschalter statt per Smartphone-App und Stimme zu

steuern, mag verschmerzbar sein. Doch folgt das smarte Heizkörperthermostat nicht mehr den vorgegebenen Zeitplänen, wird es im Offline-Smart-Home schnell ungemütlich. Bleibt gar die Alarmsirene stumm, weil der Notruf eines Sensors nicht ankommt, droht schlimmstenfalls ernsthafte Gefahr.

Wie abhängig ein System vom Internet ist, wirkt sich auch auf die Nachhaltigkeit und langfristige Planungssicherheit aus. Verwandelt sich das mühe- und liebevoll eingerichtete Setup in Elektroschrott, wenn ein Hersteller beispielsweise im Zuge einer Geschäftsaufgabe die Server abstellt, ist das keine schöne Perspektive.

Ein Vorteil ist es daher, wenn ein Smart-Home-System oder mindestens

dessen wichtigste Funktionen auch offline erreichbar sind. Idealerweise lassen sich die Komponenten auch mit alternativer Software steuern oder in andere Systeme einbinden.

In einem Ritt durch die Smart-Home-Landschaft der kommerziellen Anbieter beleuchten wir, was noch geht, wenn der Internetanschluss oder die Hersteller-cloud schlapp machen und die ursprüngliche Anbieter-App für die Erst- und Neu-einrichtung nicht mehr erhältlich ist. Zu den Prüfkandidaten gehören Traditionsmarken wie AVM, Bosch, Gigaset und Homematic IP, aber auch Newcomer wie Aqara, Shelly und SwitchBot. Homematic IP tritt zweimal auf, weil die beiden verfügbaren Schaltzentralen Access Point und CCU3 völlig unterschiedliche Systemkonfigurationen zulassen.

Der Blick auf das Elesion-System von Pearl gilt für die lokalen Betriebsfähigkeiten gleich mehrerer Submarken, beispielsweise Luminea, Lunartec, revolt und 7links. Anbieter, die sich auf bestimmte Bereiche konzentrieren, sind Nuki (smarte Türschlösser), Philips Hue (Beleuchtung) und Tado (Heizen und Kühlen). Apple HomeKit steht stellvertretend für Metasysteme, die keine eigenen Sensoren und Aktoren herstellen, sondern eine Bedienalternative zur originalen Herstellerinfrastruktur darstellen; viele Erkenntnisse dürften ähnlich auch für die Smart-Home-Steuerung von Amazon, Google und Samsung gelten. Das System von Telekom Magenta ist ein Hybrid, der markeneigene Hardware und die von Dritt-herstellern steuert.

Einen Ausweg aus der Cloud- und Herstellerabhängigkeit weisen Open-Source-Systeme wie Home Assistant, io-Broker, Node-Red oder openHAB (siehe c't 2/2023, S. 58), da sie in der Regel auf einen lokalen Betrieb ausgerichtet sind. Sie können viele Komponenten der kommerziellen Hersteller einbinden, erfordern aber eine aufwendige Konfiguration mit viel privatem Enthusiasmus. Wir betrachten sie in diesem Artikel nicht weiter.

Dem Vergleich liegen fünf Kriterien zugrunde. Muss man einen persönlichen Cloud-Account registrieren? Lässt sich mit der Steuer-App die smarte Technik manuell bedienen, wenn kein Kontakt zum Herstellerserver besteht? Kann man ohne Internetverbindung Zeitschaltpläne und Sensorautomatiken programmieren? Erfüllen diese auch offline ihren Dienst? Und können alternative Bedienoberflä-

chen der Technik nach Wegfall der Herstellerunterstützung ein zweites Leben verleihen?

Keine Cloud, kein Problem

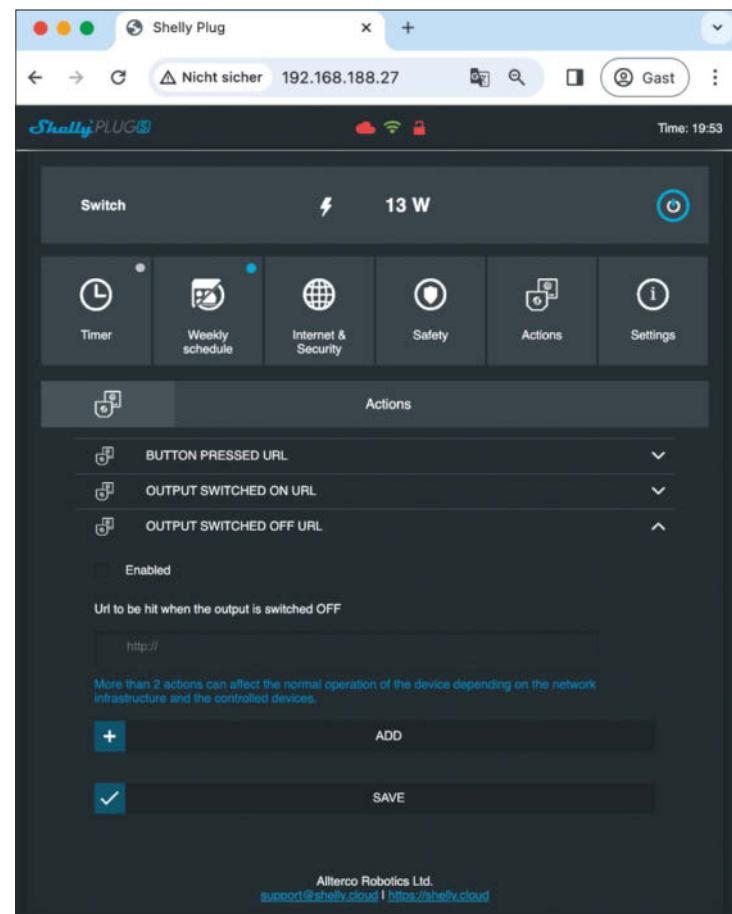
Fällt das Internet aus, bleiben sechs der von uns verglichenen Systeme ohne nennenswerte Funktionseinbußen bedienbar. Zu den Herstellern mit einem ausgeprägten lokalem Bedienkonzept zählen AVM, Bosch, Nuki und Philips Hue. Für Homematic IP gilt diese Prämisse, wenn man statt der publikumstauglichen Schaltzentrale Access Point die umfangreicher konfigurierbare Variante CCU3 verwendet. Die Shelly-Komponenten sind lokal bedienbar, indem man die Smartphone- und Web-App beiseiteläßt und stattdessen die lokalen Weboberflächen der WLAN-Geräte verwendet; Shellys Sensoren mit Bluetooth und Relais mit Z-Wave bleiben allerdings außen vor.

AVM, Bosch, Homematic IP und Philips Hue verwenden lokale Steuereinheiten: Bei AVM managen die Fritzbox-WLAN-Router die Smart-Home-Geräte mit DECT-ULE-Standard. Für ZigBee-Geräte verkauft AVM ein separates Gateway. Im Bosch-System dient der Smart Home

Controller II als Zentrale für Geräte mit ZigBee und – per USB-Stick – einem proprietären Funkprotokoll im 868-MHz-Bereich. Philips Hue setzt im Gateway-Betrieb ausschließlich auf ZigBee. Die CCU3 von Homematic IP steuert ab Werk Geräte mit herstellereigenem Protokoll.

Eine Onlineverbindung zum Internet ist bei diesen sechs Anbietern optional. Auch ohne Onlinezugang kann das Zubehörsortiment der Hersteller automatische Schaltvorgänge lernen und ausführen. Die entsprechenden Regeln speichern die Geräte von AVM, Bosch, Philips Hue sowie Homematics CCU3 vollständig lokal. Bei Shelly geht das auch, man muss aber darauf achten, dass die Cloud deaktiviert ist und die Geräte via lokaler Netzwerkadresen logisch verknüpft sind.

Die Schlösser von Nuki erhalten Schaltbefehle via Bluetooth. Nur für einen Fernzugriff übers Internet bietet der Smart-Lock-Hersteller eine WLAN-Bridge und bei manchen Modellen ein eingebautes WLAN-Modul. Cloudbasierte Schaltvorgänge darüber sind weniger relevant, weil Nuki keine Zeitschaltpläne oder Sensorautomatiken im engeren Sinne vorsieht. Wichtiger ist, dass manuelle Befeh-





Ohne Internet sind Tado-Thermostate ein smarter Totalauswahl und werden dumm. Nur auf einen Dreh am Stellring reagieren sie dann noch.

le jederzeit reibungslos funktionieren, was die Schlosser innerhalb von Bluetooth- oder WLAN-Reichweite uneingeschränkt gewährleisten.

Fällt das heimische Internet aus, muss man bei allen sechs auf Extras wie die Sprachbedienung verzichten. Bei Bosch und Philips Hue fällt eine bedeutsame Funktion aus: Deren Sicherheitskameras speichern keine Aufnahmen mehr, weil sie dafür den Cloudspeicher benötigen. Der lokale Zugriff auf den Livestream bleibt bei Bosch bestehen, bei Hue nicht.

Einzig bei Philips Hue muss man seit Kurzem in jedem Fall einen Cloud-Account anlegen. Bei AVM, Bosch, Nuki und Shelly ist ein Webkonto optional. Man braucht aber eines, um die Technik etwa mit Amazon Alexa oder anderen cloud-basierten Angeboten vernetzen zu können. Bei AVM und Shelly braucht auch der Fernzugriff ein Webkonto. Für die CCU3 ist ab Werk kein Cloudzugang vorgesehen, sondern man benötigt einen Zusatzdienst wie Cloudmatic, um andere Webdienste zu koppeln.

Als Kehrseite der Cloud-Unabhängigkeit muss man bei den sechs Systemen auf automatische Sicherungen der Konfiguration verzichten. AVM, Nuki, Shelly und die CCU3 erlauben Backups händisch anzulegen und lokal zu speichern – woran man aber selbst denken muss.

Kontenzwang und Kontenzweck

Mit so einem automatischen Cloudbackup der Konfiguration locken viele andere Systeme. So sind die Einstellungen auf Anhieb verfügbar, wenn eine neue Schaltzentrale ein kaputtes Exemplar ersetzt oder man einem zusätzlichen Smartphone oder Tablet die Steuerrechte für das Smart Home erteilt. Mit diesem Komfort legitimieren die Hersteller gerne den Zwang, bei der Ersteinrichtung des App- oder Webzugangs ein persönliches Cloudkonto mit Mailadresse, Passwort und mitunter weiteren Daten anzulegen. Wer partout nichts Privates mit den Herstellern teilen will, mag das schon als Zumutung empfinden. Für den reibungslosen Betrieb ist die Kontenpflicht allein aber kein Störfaktor.

Ohne Cloudkonto lassen sich die meisten der Systeme unseres Vergleichs nicht einrichten: Apple HomeKit, Elesion, Gigaset, SwitchBot, Tado, Telekom Magenta und wie erwähnt Philips Hue. Bei Aqara kann man darauf verzichten, wenn man die Hersteller-App einzig dazu nutzt, Geräte an Apple HomeKit durchzureichen. Homematic IP fordert beim Einsatz des Access Point keine persönlichen Daten, sondern belässt es bei einer anonymisierten Kennung, benötigt für den regulären Systembetrieb aber eine dauerhafte Verbindung zum Webserver des Herstellers.

Unvollständiger Zugriff ohne Cloud

Weil Apple HomeKit, Aqara, Elesion, Gigaset, Homematic IP (mit Access Point), SwitchBot, Tado und Telekom Magenta auch wichtige Funktionen über die Webserver laufen lassen, kommt es bei unterbrochenem Cloudkontakt zu mal kleineren, mal größeren Qualitätseinbußen in der Smart-Home-Praxis.

Ohne Serververbindung haben beispielsweise einige Smartphone-Apps keinen Zugriff mehr auf die Geräte. Dann kann man die Geräte weder per App bedienen noch ihnen neue Zeitschaltpläne oder Sensorautomatiken beibringen. Das betrifft die Apps von Gigaset und Tado, die von Aqara im Cloudmodus, die von Homematic IP für die Schaltzentrale Access Point sowie je nach verwendeten Produkten auch die Elesion-Anwendung von Pearl. Letztere spricht offline bloß noch Bluetooth-Komponenten an, aber keine WLAN-Geräte oder ZigBee-Gateways. Für die neue „MagentaZuhause“-App der Telekom ist bei einem Internetausfall die gesamte Technik unerreichbar. Sie ist abhängiger von der Cloud als das App-Auslaufmodell „Magenta SmartHome“, bei dem offline noch alles geht.

Bei der offiziellen HomeKit-App Apple Home sowie der von SwitchBot ist nur das Anlernen neuer Automatiken eingeschränkt. Apple benötigt die Cloud als Verteilzentrum für den Versand der Regeln an die lokale Schaltzentrale. Bei SwitchBot lassen sich offline noch Zeitschaltpläne erstellen, jedoch keine Sensorautomatiken. Die Geräte manuell per App zu bedienen bleibt bei Apple und SwitchBot weiterhin möglich: Bei SwitchBot reicht es, wenn die Bluetooth-Geräte nah genug sind, bei Apple kommt je nach gekoppelten Komponenten WLAN, Thread und Bluetooth infrage.

Viele Automatiken gehen noch

Am wichtigsten ist es, sich bei menschlicher Abwesenheit auf die Ausführung hinterlegter Automatikregeln verlassen zu können. Denn anders als bei einem fehlgeschlagenen manuellen Bedienversuch bemerkt man nicht, wenn die Technik mangels Internetverbindung womöglich unnütze Energieverbraucher nicht ausschaltet, Räume auskühlen oder überhitzten lässt und bei Gefahren nicht alarmiert.

Gelernte Regeln führen der Homematic IP Access Point sowie Apple HomeKit stets offline aus. Eine Ausnahme bildet



MIT Mac & i IMMER AM BALL

2x Mac & i mit 35% Rabatt testen!

Mac & i – Das Magazin rund um Apple

- Tipps & Praxiswissen
- Hard- und Softwaretests
- Reports und Hintergründe

Für nur 16,80 € statt 25,80 € (Preis in Deutschland)



+ Geschenk nach Wahl

z. B. Kabelbox mit Adapters oder Buch Apple Junkies



Jetzt bestellen:

www.mac-and-i.de/minabo

✉ leserservice@heise.de

📞 0541 80009 120

Mac & i. Das Apple-Magazin von c't.

bei Apple die Speicherung von Aufnahmen kompatibler Kameras, die dafür immer die Cloud brauchen. Zugriff auf Livestreams bleibt aber bestehen. Aqara führt auf den verschiedenen ZigBee-Gateways ebenfalls alles lokal aus, was keine Push-Alarne oder Web-Wetterdaten benötigt. Alle Kameras des Herstellers speichern Aufnahmen auf Wunsch auf MicroSD-Karte; dennoch sind Zugriffe darauf und auf Livestreams offline nicht möglich.

Demgegenüber braucht Technik von Elesion und SwitchBot bei Sensorautomatischen immer die Cloud, egal ob Hardware- oder Software-Sensoren involviert sind. Einige Komponenten speichern lediglich die Zeitschaltpläne lokal, beispielsweise die Switchbot-Motoröffner für Vorhänge und die Heizkörperthermostata der Elesion-Marken.

Bei Magenta ist auf Offline-Automatischen standardmäßig Verlass, wenn man die Home Base 2 oder einen kompatiblen Telekom-Router als Schaltzentrale für die Regelablage verwendet. Beim Einsatz der „Magenta SmartHome“-App ist das der Normalfall, wiederum bei der cloudbasierten „MagentaZuhause“-App nur optional. Wer sein Setup ohne Telekom-Zentrale ausschließlich in der Magenta-Cloud regelt, achtet zugunsten der Ausfallsicherheit umso stärker auf die Auswahl von Partnerzubehör, das für einen lokalen Betrieb optimiert ist. Beispielsweise dem Heizungsthermostat Eurotronic Comet Wifi legt die MagentaZuhause-App die Heizpläne in den Gerätespeicher und nicht nur in die Cloud.

Hingegen fallen bei Gigaset und Tado ohne Internet sämtliche Automatikfunktionen aus, die Stellantriebe für die Heizung sind dann nur noch von Hand bedienbar.

Wo ein zweites Leben möglich ist

Die komplette Geschäftsaufgabe eines Anbieters stört den Betrieb der Systeme unterschiedlich stark. Dass dann mit Firmware-Updates nicht mehr zu rechnen ist, lässt sich verschmerzen, wenn wenigstens die Erst- oder Neueinrichtung und auch die Bedienung möglich bleiben. Die Smartphone-Apps des Herstellers scheiden dafür irgendwann aus, weil Google und Apple sie nach einiger Zeit ohne Updates aus den App-Stores werfen.

Das betrifft auch Bluetooth-Geräte, denn sie koppeln sich zwar weiterhin, nutzen dann aber nichts, weil ihre Smart-



Das Smart-Home-System von AVM samt der gezeigten Telekom-DECT-Komponenten lässt sich komplett offline betreiben – selbst wenn die Hersteller verschwinden sollten.

Home-Fähigkeiten in den Apps liegen. Eine Ausnahme sind die Nuki-Schlösser: Sie lassen sich ohne App und Webschnittstelle des Herstellers betreiben, wenn man sie via Bluetooth und aufgedrucktem QR-Code lokal in Apple HomeKit einbindet.

Viele weitere Komponenten können auch ohne Herstellerunterstützung weiter im Smart Home wohnen bleiben. Das setzt voraus, dass die Geräte sich über eine lokale Weboberfläche oder alternative Software bedienen lassen und dass die verwendeten Funkstandards einen Anschluss an Open-Source-Schaltzentralen oder die anderer Anbieter ermöglichen.

Gute Chancen auf ein zweites Leben hat in diesem Szenario AVM-Technik. Eine Fritzbox lässt sich wegen der vom Internet unabhängigen Bedienoberfläche als Schaltzentrale für DECT-ULE-Komponenten ohne nennenswerten Funktionsverlust weiterbetreiben. Per lokaler Schnittstelle kann sie zudem das DECT-Zubehör an Open-Source-Systeme durchreichen. Das DECT-Zubehör stattdessen direkt mit anderen Schaltzentralen zu verknüpfen, ist keine vielversprechende Perspektive. Denn dieser Funkstandard war und ist ein Außenseiter, mit dem nur wenige Gateways kommunizieren. Aus diesem Grund gibt es für die DECT-Komponenten der Telekom ebenfalls nur wenige mögliche Anlaufstellen – eine davon ist die Fritzbox, die die Telekom-Produkte eingeschränkt

unterstützt. Dem DECT-Zubehör von Gigaset fehlt der Sub-Standard HAN-FUN, weswegen es mit keinen anderen Steuerzentralen zusammenspielt.

Weil die CCU3-Schaltzentrale von Homematic IP ähnlich wie AVM-Technik ohne Internet auskommt, lässt sich sie so lange nutzen, wie man möchte und die Elektronik hält. Der cloudbasierte Access Point wäre hingegen Elektroschrott, wenn der Hersteller die Server abschaltet. Die Komponenten mit alternativen Schaltzentralen zu verknüpfen, gelingt in Ausnahmefällen: Homematic IP erlaubt einigen wenigen Markenpartnern, das proprietäre Funkprotokoll zu nutzen, darunter die Telekom. Deren Schaltzentralen akzeptieren auch das eigene Funkprotokoll von Bosch und bieten somit den älteren Komponenten beider Marken eine Zuflucht.

Einfacher findet man für Komponenten eine neue Heimatbasis, die den weitverbreiteten Funkstandard ZigBee verwenden. Dazu zählen neuere Komponenten von Bosch, die Leuchtmittel und Steckdosen von Philips Hue, die Geräte von Aqara, einige Komponenten von Bosch sowie aus Pearls Elesion-Sortiment. Nicht alle Produkte lassen sich in vollem Umfang mit alternativen Gateways koppeln. Und zu einigen exklusiven Softwarefunktionen der Hersteller-Apps gibt es woanders kein Pendant. Dennoch lässt sich von einem großen Teil der smarten Funktio-

nalität per ZigBee weiter Gebrauch machen.

Die Bluetooth- und WLAN-Komponenten von Elesion wären im Fall des Falles weiterhin mit „Smart Life“, der Referenz-App der zugrunde liegenden Tuya-Plattform, uneingeschränkt bedienbar. Das Zusammenspiel mit Open-Source-Systemen ist wiederum nur so lange eine Option, wie auch Tuya aktiv bleibt. Ohne die Cloudschnittstelle des Unternehmens ist kein Zugriff auf die Technik möglich.

Die Komponenten von Shelly gehören zu den wenigen Ausnahmen, die WLAN und nicht gleichzeitig eine stark abgeschottete Firmware verwenden. Stattdessen sind die Produkte über eine lokale Schnittstelle leicht zugänglich. Sie sind daher vor allem im Kreis der Open-Source-Systeme sehr anschlussfähig.

Gar keine Aussicht auf Weiterverwendung gibt es außer für Gigaset-Technik auch für die von Tado. Ist deren originale Infrastruktur nicht mehr verfügbar, verliert sie jeden smarten Mehrwert.

Matter als Lebensverlängerer?

Der neue Kommunikationsstandard Matter arbeitet herstellerübergreifend und sollte somit ermöglichen, nach einer Herstellerpleite dessen Geräte mit den „Matter Controller“-Schaltzentralen beispielsweise von Amazon, Apple, Google und Samsung weiterzubetreiben.

Die aktuell vierte Schloss-Generation von Nuki beispielsweise spricht Matter via WLAN und alternativer Funktechnik

Thread. Tatsächlich erkennen die Matter-Schaltzentralen anderer Hersteller die Schließzustände sowie den Batterieladestand – das reicht für einen grundlegenden Betrieb des Smart Locks.

Für SwitchBot-Technik hingegen bietet Matter derzeit keine Aussicht auf lebensverlängernde Maßnahmen. Die Geräte unterstützen das Protokoll zwar, koppeln sich aber nicht direkt mit einem „Matter Controller“. Denn für den Brückenschlag zu den Bluetooth-Geräten verwendet SwitchBot ein Gateway, das neue Geräte nur mithilfe der Hersteller-App anlernt – mit der im Szenario einer Geschäftsaufgabe ja nicht zu planen ist. Das gilt auch für weitere Gateway-Anbieter, die Matter bereits nutzen (Aqara) oder dies angekündigt haben (Bosch).

Eine weitere Einschränkung von Matter als Lebensverlängerer betrifft die Metaplattformen selbst. Bisher treiben überwiegend kommerzielle Plattformanbieter den Standard voran, die für das Nutzermanagement verpflichtend Cloudkonten voraussetzen. Daher ersetzt ein Ausfallrisikofaktor bloß den anderen. Es erscheint aber derzeit unwahrscheinlich, dass große Akteure wie Apple oder Amazon ihre Smart-Home-Engagements beenden könnten. Mit ihnen zumindest als Ersatzlösung für das Bedienkonzept zu planen, ist daher mehr als vertretbar.

Fazit

Ohne Internet werden viele Funksysteme fürs Smart Home wieder dumm. Sie lassen

sich dann nur eingeschränkt oder gar nicht bedienen und können mitunter noch nicht einmal aufwendig beigebrachte Automatismen umsetzen. Wer sein Zuhause voller Enthusiasmus mit smarten Geräten ausrüstet, merkt oft erst bei einem Internetausfall schmerzlich, wie sehr die Technik sich auf die Cloud verlässt. Zum Glück sind Totalausfälle wie bei Gigaset und Tado die Ausnahme. Ärgerlich ist jedoch, dass der Cloud-Einsatz bei einigen bisher auf lokalen Betrieb fokussierten Anbietern zunimmt. Das betrifft Philips Hues neue Pflicht zum Cloud-Account sowie die Telekom, die statt der bisherigen Gateway-Infrastruktur eine cloudbasierte Bedien-App vorantreibt.

Nur wenige Systeme in unserem Überblick können ohne Kontakt zu Webservern einen uneingeschränkten Funktionsumfang bieten. Dazu zählen AVM, Bosch und Nuki sowie Shelly bei cloudloser Konfiguration, Homematic IP beim Einsatz der CCU3-Schaltzentrale und auch Philips Hue trotz Account-Pflicht. Wenn man das Zubehör per App oder Web bedient, Regeln anlegt und das Zubehör diese ausführt, erledigen die Gateways und zugehörigen Komponenten dies vor Ort. Reißt der Kontakt zur Cloud ab, beeinträchtigt dies den Bedienkomfort und die Funktionalität des Systems praktisch gar nicht. Bei diesen Anbietern bestehen auch gute Chancen auf ein zweites Leben für die Technik, wenn die originale Herstellerinfrastruktur nicht mehr einsatzfähig sein sollte.

(jow@ct.de) ct

Was Smart-Home-Geräte offline und ohne Herstellerunterstützung leisten

Marke	Funktioniert auch ohne persönliche Webkonto-Registrierung	Offline bedienbar per App oder lokaler Weboberfläche	Offline neue Zeitschaltpläne und Sensorautomatiken erstellen	Offline hinterlegte Zeitschaltpläne und Sensorautomatiken anwenden	Komponenten ohne App- und Webserver-Infrastruktur des Anbieters nutzbar
Apple HomeKit	–	✓	–	✓	–
Aqara	nur im HomeKit-Modus	–	–	✓	✓ (ZigBee, Matter over Thread)
AVM	✓ (dann ohne Fernzugriff / Zusatzdienste)	✓	✓	✓	✓
Bosch Smart Home	✓ (dann ohne Fernzugriff / Zusatzdienste)	✓	✓	✓	die ZigBee-Komponenten
Homematic IP Access Point	✓ (anonyme Kennung)	–	–	✓ (außer z.B. Push-Nachrichten)	–
Homematic IP CCU3	✓	✓	✓	✓	✓
Elesion (u. a. 7links, Luminea, Lunartec, revolt)	–	–	–	nur Heizpläne	✓ (via Tuya / Smart Life)
Gigaset	–	–	–	–	–
Nuki	✓ (dann ohne Zusatzdienste)	✓ (WLAN oder BT)	✓	✓	✓ (via HomeKit / Matter)
Philips Hue	–	✓ (ZigBee oder Bluetooth)	✓	✓	die ZigBee-Leuchtmittel und -Stecker
Shelly	nur lokale Weboberflächen	nur lokale Weboberflächen	nur lokale Weboberflächen	nur lokale Weboberflächen	✓
SwitchBot	–	✓	nur Zeitschaltpläne	nur Zeitschaltpläne	–
Tado	–	–	–	–	–
Telekom Magenta	–	✓ (Magenta SmartHome), – (MagentaZuhause)	✓ (Magenta SmartHome), – (MagentaZuhause)	✓ (Magenta SmartHome), – (MagentaZuhause)	die DECT-Komponenten

✓ vorhanden – nicht vorhanden

Ende der Exklusivität

Mickey Mouse ist befreit – aber nicht überall

Am 1. Januar 2024 wurde Mickey Mouse gemeinfrei. Dieses Ereignis ist nicht nur für Disney und Comicliebhaber von Bedeutung, sondern auch für Kreative und Verbraucher. Doch die neuen Freiheiten gehen nicht so weit, wie von vielen erhofft.

Von Joerg Heidrich

Seit ihrem ersten Auftritt 1928 im Film „Steamboat Willie“ hat Mickey Mouse – so die Originalschreibweise – eine kulturelle Wirkung entfaltet, die weit über die Grenzen von Zeichentrickfilmen, Disneyland und Merchandising hinausgeht. Als Aushängeschild von Walt Disney steht die Maus nicht nur für kreatives Schaffen, sondern ist auch eine milliardenschwere Marke.

Zeichentrickfiguren wie Micky Maus, wie der Nager in Deutschland heißt, sind urheberrechtlich umfassend geschützt. Dies gilt für die Zeichnungen in Film und Comic und umfasst auch den Schutz der jeweiligen Figur in allen anderen Ausprägungen. Ohne Lizenz war es daher in den meisten Fällen verboten, Bilder aus Disney-Publikationen zu übernehmen, etwa in einen eigenen Comic oder als Vorlage für KI-generierte Bilder.

Nach 95 Jahren ist nun das Urheberrecht an „Steamboat Willie“ erloschen und damit auch der Schutz an der Darstellung von Micky und Minnie, die in diesem Film ebenfalls einen Auftritt hat. Ihre Darstellung ist am 1. Januar 2024 in die sogenannte Gemeinfreiheit übergegangen. Die Öffentlichkeit darf sie nun frei nutzen. Dieses

Schicksal ereilte 2022 beispielsweise auch das Kinderbuch „Pu der Bär“, auf Englisch „Winnie the Pooh“.

Wann ein Werk seinen Schutz verliert, hängt von der Dauer der Schutzfrist ab. In Deutschland beträgt diese in der Regel 70 Jahre ab dem Tod des alleinigen oder letzten überlebenden Urhebers. Anders ist die Rechtslage in den USA. Dort wird auf das Jahr der ersten Veröffentlichung abgestellt, an das sich eine Schutzfrist von 95 Jahren anschließt.

Freiheit für alle Mäuse?

Anders als mitunter in einigen Medien suggeriert, gelten die neuen Freiheiten aber nicht für alle Versionen von Mickey Mouse, sondern nur für die aus dem Film von 1928. Und die „Steamboat Willie“-



Bild: dpa

Walt Disney, Schöpfer von Mickey Mouse, verstarb 1966. Unklar ist, ob Darstellungen der Ursprungsmaus deshalb hierzulande heute noch lizenzpflichtig sind.

Darstellung unterscheidet sich deutlich von der heutigen Micky Maus. Insbesondere fehlen die charakteristischen Handschuhe, mit denen der Nager in den neueren Darstellungen ausgestattet ist. Die neumodische Maus bleibt unter der rechtlichen Kontrolle von Disney. Der Konzern wird alles daransetzen, diese Rechte umfassend zu verteidigen.

In Deutschland ist die Rechtslage unklar. Einige Urheberrechtsjuristen gehen davon aus, dass hierzulande aufgrund eines völkerrechtlichen Vertrags aus dem Jahr 1892 (Berner Übereinkunft zum Schutz von Werken der Literatur und Kunst) selbst die frühe Mickey-Version noch bis 2042 urheberrechtlich geschützt ist, da deren Schöpfer Walt Disney und Ub Iwerks in den Jahren 1966 beziehungsweise 1971 verstorben sind. Wer Mickey nutzt, begibt sich folglich auf rechtlich unsicheres Terrain.

Wer dennoch auf seiner Website oder in Memes originelle Bilder der Maus verwenden möchte, für den hat der Gesetzgeber in der Urheberrechtsreform von 2021 ein Herz gezeigt. Diese erlaubt in Paragraph 51a, bestehende Vorlagen im Rahmen von Karikaturen, Parodien und Pastiches zu nutzen. Pastiches sind nach einem Urteil des Landgerichts Berlin aus dem Jahr 2021 (Az. 15 O 551/19) „stilistische Nachahmungen“ und setzen „eine bewertende Referenz auf ein Original voraus“. Im Unterschied zur Parodie und zur Karikatur, die sich humoristisch oder spöttisch mit dem Original auseinandersetzen, enthält ein Pastiche auch einen wertschätzenden Ansatz, eine Hommage. Details dieser Art sind allerdings rechtlich nicht einfach zu beurteilen.

Um sich die Rechte an der wertvollen Maus weiter zu sichern, hat der Disney-Konzern noch ein anderes juristisches Eisen im Feuer: das Markenrecht. Auch dieses schützt Bilder vor der Verwendung durch Dritte. Im Vergleich zum Urheberrecht ist der Geltungsbereich jedoch eingeschränkt: Marken schützen nur vor einer Nutzung im geschäftlichen Verkehr, nicht aber vor dem Gebrauch durch Privatpersonen. Zudem ist der Schutz auf bestimmte Bereiche beschränkt, die der Schöpfer bereits bei der Eintragung seiner Marke festlegen muss. Im hiesigen Markenregister findet sich eine Mickey-Mouse-Marke aus dem Jahr 1942, die allerdings eine spätere Version der Figur darstellt, wie man an den vorhandenen Handschuhen erkennen kann.

(hob@ct.de)

Urheberrecht: NY Times klagt gegen KI-Riesen

Die New York Times hat OpenAI und Microsoft verklagt: Die Unternehmen sollen illegal Millionen Artikel der Zeitung für das Training ihrer Sprachmodelle genutzt haben.

Indem sie die Artikel für ihre Chatbots nutzten, würden OpenAI und Microsoft mit seiner Suchmaschine Bing mit der Zeitung konkurrieren. Als Beleg gab die New York Times in der Klageschrift eine Reihe von Beispielen an, in denen ChatGPT ihre Artikel nahezu 1:1 wiedergibt.

Die Zeitung sieht einen Schaden in Milliardenhöhe, für den OpenAI und Microsoft verantwortlich gemacht werden sollen. Zudem will sie erreichen, dass die

beiden Unternehmen alle Daten der urheberrechtlich geschützten Artikel löschen, die sie zum Training ihrer KI-Sprachmodelle benutzt haben.

OpenAI hat in einem ausführlichen Blogbeitrag auf die Klage reagiert. Demnach arbeite das Unternehmen mit Nachrichtenorganisationen zusammen, unterstütze Verlage und Journalisten und wolle ein gesundes Nachrichtenökosystem schaffen. Es gebe erste Partnerschaften mit dem Axel Springer Verlag, der Nachrichtenagentur AP und der Privatuniversität New York University. Dass für das Training der KI-Modelle frei zugängliche Inhalte aus dem Internet genutzt werden, sei „fair“ und „unerlässlich“.

Der Washington Post sagte ein OpenAI-Mitarbeiter zudem, dass die Prompts, mit denen die New York Times ihre Beispiele aus ChatGPT gewonnen habe, weder erlaubt seien noch zum normalen Nutzungsverhalten gehörten. Viele der Beispiele, die in der Klage enthalten sind, seien zudem nicht mehr reproduzierbar, da OpenAI seine Produkte resistenter gegen „Missbrauchsversuche“ gemacht habe.

Die Klage ist Teil einer zunehmenden Welle von Rechtsstreitigkeiten, denen sich die Betreiber von Sprachmodellen ausgesetzt sehen. Einer anderen Klage haben sich Tausende Autoren angeschlossen (siehe c't 23/2023, S. 39). (jo@ct.de)

ChatGPT: GPT Store und Team-Accounts

OpenAI hat den **GPT Store** gestartet. Nutzer mit einem ChatGPT-Plus-Konto greifen dort auf Dutzende spezialisierte Bots zu. Der Chatbot des Outdoor-Guides All-Trails zum Beispiel gibt individuelle Tourenempfehlungen, der Bot der Forschungs-suchmaschine Consensus durchforstet mehr als 200 Millionen Studien und „Storybook Vision“ erzeugt aus hochgeladenen Bildern Pixar-artige Illustrationen.

OpenAI hatte im November die Möglichkeit geschaffen, auf Basis von ChatGPT und des Bildgenerierers Dall-E individuelle Chatbots zu erzeugen, sogenannte GPTs. Für diese hinterlegt man spezielle Systemprompts, lädt eigene Dokumente hoch, die der Bot bei seinen Antworten berücksichtigt, oder lässt den Bot per API Daten von anderen Websites abrufen.

Auf diese Weise sollen bereits mehr als drei Millionen individuelle GPTs ent-

standen sein. Solche speziellen GPTs lassen sich für jedermann freigeben. Der Store bietet jetzt eine zentrale Anlaufstelle, um GPTs zu finden. Open AI will zu einem späteren Zeitpunkt ein Monetarisierungsprogramm starten, mit denen GPT-Schöpfer mit ihren Kreationen Geld einnehmen können.

Ebenfalls neu ist **ChatGPT Team**, das sich an kleine und mittelständische Unternehmen richtet. Das Angebot kostet 25 US-Dollar pro Nutzer und Monat, also 5 US-Dollar mehr als eine Einzelplatzlizenz. Dafür umfasst es einen speziellen gemeinsamen Arbeitsbereich sowie Verwaltungstools für ein Team. Wie bei ChatGPT Enterprise, dem Angebot für größere Unternehmen, nutzt OpenAI nach eigenen Angaben die Geschäftsdaten nicht für das Training seiner Sprachmodelle. (jo@ct.de)

Microsoft: Copiloten für alle

Microsoft bietet seinen **KI-Assistenten** als kostenpflichtige Pro-Version an. Einzelpersonen zahlen 22 Euro pro Monat für den Dienst. Unternehmen jeder Größe mit einer E3- oder E5-Lizenz von Microsoft 365 steht der Copilot für 30 Euro pro Nutzer und Monat offen. Der bisherige kostenlose Copilot unter copilot.microsoft.com und in den Android- und iOS-Apps bleibt erhalten. Microsoft hat dafür individualisierbare GPTs angekündigt. (jo@ct.de)

Kurz & knapp

Nach dem Willen von Microsoft sollen PC-Tastaturen künftig eine weitere Windows-spezifische Taste enthalten: Mit der **Copilot-Taste** sollen Anwender den KI-Assistenten von Microsoft direkt aufrufen können.

Der KI-Forschungsverband Allen Institute for AI hat ein neues, fortschrittliches KI-Modell namens **Unified-IO 2** vorgestellt. Es kann als erstes Modell Text, Bild, Audio, Video und Handlungssequenzen verarbeiten und produzieren.

Productivity

Increase your efficiency

1 Ai PDF



Ai PDF GPT (Top PDF GPT), can handle PDF documents up to 2GB PER FILE, allows 1000s of PDF uploads on myaidrive.com...

By myaidrive.com

3



Effortlessly design anything: presentations, logos, social media posts and more.

By canva.com

2



22,500+ Best Custom GPTs

Search all public GPTs in one place. Find the best Custom ChatGPTs tailored to your needs. Every day, hundreds of new popula...

By seo.ai

4



VideoGPT by VEED

The easy way to generate stunning videos and grow your audience with AI (beta).

By community builder

Der Store sortiert die GPTs übersichtlich nach Kategorien.

US-Börsen dürfen Bitcoin-ETF handeln

Die US-Börsenaufsicht SEC hat erstmals elf Bitcoin-ETF zugelassen und damit auf das Urteil eines Bundesberufungsgerichtes vom August 2023 reagiert. Während die Szene jubelt, warnt die SEC vor Risiken.

Finanzgesellschaften dürfen zukünftig auch an Wertpapierbörsen in den USA Bitcoin-Fonds handeln. Nach einer Entscheidung der Kapitalmarktbehörde Securities and Exchange Commission (SEC) können künftig an zunächst drei Börsen insgesamt elf derartige börsengehandelte Fonds („Exchange Traded Funds“) gekauft und verkauft werden. Bei solchen ETF investieren die Fondsgesellschaften direkt in Bitcoin; der Wert der Fonds ist direkt vom Kurs des Kryptowerts abhängig. Anleger kaufen Anteile an den Bitcoins, die die Fondsgesellschaft hält. Sie müssen auf diese Weise selbst keine Bitcoins erwerben und vermeiden damit zum Beispiel Diebstähle.

Die SEC reagierte mit der Erlaubnis auf eine Niederlage, die sie im August 2023 vor einem Bundesberufungsgericht im District of Columbia erlitten hatte. Dieses sah einen Verstoß gegen den Gleichbehandlungsgrundsatz: Die SEC hatte 2021 einen ETF mit börsengehandelten Termingeschäften (Futures) auf Bitcoin zugelassen, aber einem sogenannten Spot-

ETF mit eigenem Bitcoin-Bestand die Zulassung für den allgemeinen Börsenhandel verweigert. Begründung damals: Der Markt für Bitcoin-Kurse sei intransparent und werde häufig für illegale Zwecke genutzt. Dagegen hatte eine Fondsgesellschaft geklagt.

Inhaltlich blieb der Vorsitzende der fünfköpfigen SEC-Leitungskommission, Gary Gensler, trotz der Erlaubnis bei seiner ablehnenden Position. Er unterstrich, dass die Erlaubnis keine Anlageempfehlung bedeute. Zudem sieht Gensler das Urteil nicht als uneingeschränkt übertragbar an. Die SEC hat Bitcoin zwar als „Commodity“ eingestuft, also als Handelsware ähnlich Rohstoffen oder Agrarprodukten. Andere Kryptowerte besitzen bei ihr derzeit jedoch den Status „Security“, also den eines handelbaren Wertpapiers, für das andere Rechtsvorschriften gelten.

Genslers Kommissionskollegin Caroline Crenshaw verweigerte sogar trotz des Urteils ihre Zustimmung. Ihrer Meinung nach unterläuft die Erlaubnis den Anlegerschutz, weil die Handelsbedingungen für Bitcoin-ETF nicht ausreichend gegen Betrug und Kursmanipulation schützen. Da sowohl das Mining als auch der Besitz von Bitcoins in relativ wenigen Händen liege, bestehe die Gefahr plötzlicher und starker Kursschwankungen. Zudem fehle eine effektive Aufsicht über viele Bitcoin-Handelsplätze. Externe Experten betonten, dass die Bitcoin-ETF erst noch beweisen müssten, dass sie Anleger hinreichend vor Risiken schützen – trotz oder gerade vor dem Hintergrund, dass die Börsenzulassung der ETF den Bitcoinhandel für vertrauenswürdige Finanzinstitute interessanter mache.

Viele Krypto-Enthusiasten reagierten dennoch euphorisch. Sie gehen davon aus, dass auch die Kryptowährung Ether bald für den ETF-Handel zugelassen wird. Deren Kurs sprang kurzfristig um zehn Prozent in die Höhe. Einen Tag vor Bekanntgabe durch die SEC hatte eine Falschmeldung indessen Crenshaws Bedenken gestützt. Eine unbekannte Person hatte sich in den X-Account der SEC eingeloggt und in deren Namen behauptet, dass die Behörde die Bitcoin-ETFs genehmigt habe. Daraufhin sprang der Bitcoin-Kurs spontan nach oben, nach der Korrektur durch die SEC fiel der Wert sofort steil nach unten. (mon@ct.de)

Bild: U.S. Securities and Exchange Commission



SEC-Chef Gary Gensler hat sich einem Gerichtsurteil gebeugt und Bitcoin-ETF zugelassen, bleibt aber skeptisch ob der Risiken.

Warnung vor ELSTER-Phishing

Die Verbraucherzentralen warnen vor einer Betrugsmasche, bei der die Täter **E-Mails im Design des elektronischen Steuererklärungssystems („ELSTER“)** und mit Absendern wie „Finanzverwaltung“ verschicken. In den Schreiben mit einer persönlichen Anrede und dem Betreff „Letztmalige Aufforderung – Steuerrestbetrag aus dem Jahre 2022“ oder ähnlich heißt es sinngemäß, dass der Empfänger noch einen „offenen Betrag“ erhalten würde.

Um das Geld einzufordern, müsse man auf einen beigefügten Link klicken und ein Formular mit persönlichen Angaben ausfüllen. Der Link führt jedoch auf eine Phishing-Seite. Zugleich bauen die Täter Zeitdruck auf und verweisen auf einen „Zeitrahmen“, ohne eine konkrete Frist zu nennen. Der falsche Link wird spätestens im Browser erkennbar; den Absender der Mail gibt es nicht. Daher markiert man die Mail am besten als Spam und löscht sie. (mon@ct.de)

Netto testet automatische Kassen

Die Supermarktkette Netto in Regensburg hat eine Filiale mit vollautomatischen Kassen eröffnet, für deren Nutzung sich Kunden **nicht mehr gesondert beim Händler registrieren** müssen. Ein Smartphone ist – anders als bei komplett kassenlosen Supermärkten – nicht erforderlich. Der Kunde bringt seinen Einkauf im Korb oder Wagen zu einer sogenannten „Fast Exit“-Kasse. Diese zeigt ihm daraufhin den Gesamtbetrag an, ohne dass er die Waren auf ein Band legen muss. Anschließend zahlt der Kunde mit Karte, mit einer Wallet-App wie Google oder Apple Pay oder mit der Netto-App.

Eine „smarte“ Technik in Decken und Regalen erfasst den Kunden laut Netto am Eingang und ordnet ihm automatisch die Waren zu, die er mitnimmt. Das Gewicht von Obst- und Gemüseprodukten bestimmt eine spezielle Waage im Produktregal. Der Discounter versichert, dass die Technik weder biometrische Daten noch Bewegungsprofile speichert. Stattdessen würden die Daten anonym bleiben und gelöscht, sobald der Kunde bezahlt und den Laden verlassen habe. (mon@ct.de)

Valve erlaubt KI-Inhalte in Spielen

KI-generierte Inhalte in Spielen sollen auf der Steam-Plattform künftig erlaubt sein, solange sie legal sind und keine Rechte Dritter verletzen.

Noch im Juni 2023 hatte Valve Spiele mit KI-generierten Inhalten ganz von seiner Spieleplattform Steam verbannt. Jetzt ändert das Unternehmen die Regeln: Games mit KI-generierten Inhalten sind prinzipiell erlaubt, sofern sie einige Regeln einhalten.

Vor der Veröffentlichung eines Spiels müssen Spieleanbieter künftig in einem Fragebogen die Verwendung von KI-Technik offenlegen. Dabei teilt Valve KI-Inhalte in zwei Kategorien: Vorgenerierte Inhalte, beispielsweise Artwork, Code oder Audio-Inhalte, die mithilfe von KI-Tools erstellt

wurden, und live generierte Inhalte, die KI-Werkzeuge im laufenden Spiel erzeugen. Für beide Fälle müssen die Game-Studios zusichern, dass das Spiel keine illegalen oder rechtsverletzenden Inhalte enthält oder im laufenden Spiel generiert. Außerdem müssen die Entwickler angeben, welche Schutzmaßnahmen sie ergreifen, um zu verhindern, dass die KI illegale Inhalte produziert. Generell verboten sind nicht jugendfreie, sexuelle Inhalte, die mithilfe von KI live generiert werden.

Welche KI-Inhalte ein Spiel enthält, soll zu einem großen Teil auf der Shopseite nachzuvollziehen sein. Spielende sollen zudem die Möglichkeit erhalten, im Overlay eines Spiels schnell und unkompliziert nicht regelkonforme Inhalte zu melden. (lmd@ct.de)



KI-generierte Grafiken wie diese Figur von Midjourney können künftig auch auf Steam in Spielen verwendet werden.

Bild: KI Midjourney

Kurz & knapp



Neu bei c't zockt: In unserem Indie-Gaming-Kanal auf YouTube haben wir **Forgive me Father 2** angespielt (Video siehe ct.de/yqcu). Der von Lovecraft inspirierte Ego-Shooterbettet viel Action in eine düstere Geschichte ein. Das albraumhafte Setting glänzt mit einem besonderen Grafikstil und wechselt zwischen schneller Action und langsameren Ruhepausen.

Das 2022 veröffentlichte Indie-Game „Cult of the Lamb“ hat 3,5 Millionen

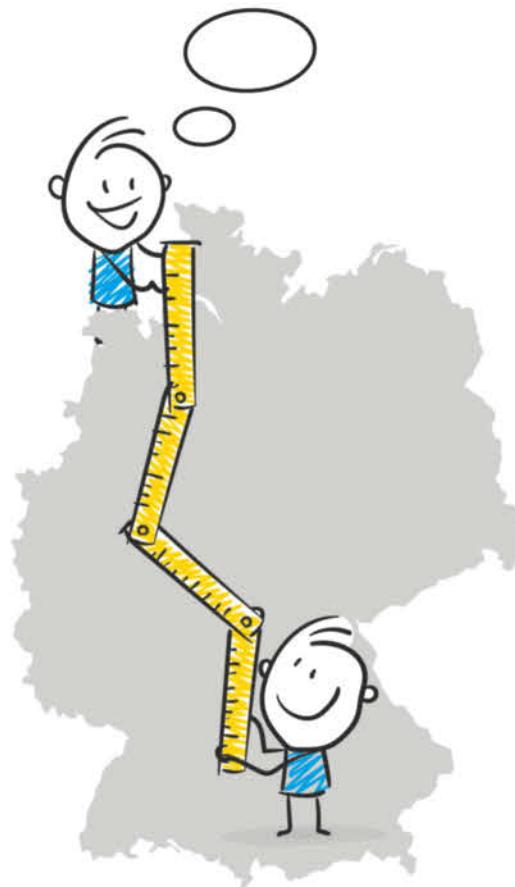
verkaufte Exemplare erreicht. „Sins of the Flesh“ hat im Januar außerdem ein kostenloses Update erhalten.

MSI hat auf der CES den **MSI Claw**, einen **Gaming-Handheld mit Windows-Betriebssystem**, vorgestellt. Der MSI Claw ähnelt dem Konkurrenten ROG Ally von Asus, nutzt aber einen Intel-Meteor-Lake-Chip und bringt einen 53-Wh-Akku mit.

Ayaneo hat einen neuen Gaming-Handheld angekündigt. Anders als die vielen bisherigen mobilen Spielkonsolen des Herstellers soll auf dem **Ayaneo Next Lite** das **Linux-System SteamOS** von Valve laufen, das bisher nur auf dem Steam Deck zum Einsatz kommt.

Spiele-Videos: ct.de/yqcu

Fernweh?
USB über
jede Distanz



USB-Server hilft:

Verbinden Sie USB-Geräte über jede Distanz. Wenn es sein muss, auch quer durch Deutschland.



Nicht grübeln,
jetzt testen:
www.wut.de/usb



W&T

www.WuT.de

Anlasslose Massenüberwachung

Schweizer Geheimdienst späht Bürger aus

Die Geheimdienste der Schweiz überwachen im Rahmen der sogenannten strategischen Fernmeldeaufklärung die Kommunikation der Bürger offenbar weitreichender als bislang angenommen. Das zeigen vom schweizerischen Verein „Digitale Gesellschaft“ veröffentlichte Stellungnahmen von Geheimdiensten.

Von Kathrin Stoll

Bereits im Jahr 2016 wurde über das Schweizer Nachrichtendienstgesetz (NDG) abgestimmt. Seine Verabschiebung erweiterte die Befugnisse des Nachrichtendienstes des Bundes (NDB) um den Zugriff auf Glasfasernetze. Damals hatte eine Sprecherin des NDB noch versichert, dass es keine flächendeckende Überwachung der Bevölkerung geben werde. Jetzt zeigen Statements des NDB und des Zentrums Elektronische Operationen (ZEO) sowie Gerichtsunterlagen, dass das nicht stimmt. Die sogenannte Kabelaufklärung ist offenbar ein Programm zum verdachtsunabhängigen Überwachen der digitalen Kommunikation. Datenschützer hatten das bereits 2016 befürchtet.

Anpassung an technischen Fortschritt

Eigentlich sollte die Kabelaufklärung nur den Handlungsspielraum der Geheimdienste an neue technische Gegebenheiten anpassen. Ähnlich wie in Deutschland können die Geheimdienste der Schweiz dort ansässige Internet Serviceprovider seit Inkrafttreten verpflichten, Daten an sie weiterzuleiten. Die Kabelaufklärung formuliert strengere Vorgaben als die traditionel-

le Funkaufklärung. Außerdem sollten die mit dem Gesetz verabschiedeten neuen Befugnisse nur der Beschaffung von Informationen aus dem Ausland dienen.

Kritiker nennen vor allem Gründe technischer Natur, warum diese Vorgaben die Privatsphäre der Bürger nicht schützen. Es ist technisch nicht möglich, den Schweizer Datenverkehr von der Überwachung auszuschließen. So gut wie alle Datenpakete im Netz werden über ausländische Server geleitet; solche, die innerhalb der Schweiz verschickt werden, lassen sich nicht davon ausschließen.

Eingriff in die Grundrechte

Der Verein Digitale Gesellschaft klagt seit Jahren gegen die durch das Gesetz erweiterten NDB-Befugnisse. Ob die Grundrechte der Bürgertatsächlich gewahrt werden, prüft derzeit das Bundesverwaltungsgericht. In den veröffentlichten Gerichtsunterlagen räumt der NDB ein, dass er komplett Glasfasern abhört und dabei erfasste Daten auswertet. Das Verteidigungsministerium, dem der Geheimdienst unterstellt ist, bestätigte, dass die „inländische Kommunikation“ davon nicht ausgeschlossen sei.

Laut der Kläger wird auch die eigentlich besonders sensible Kommunikation von Ärzten, Journalisten oder Anwälten abgefangen und durchsucht. Außerdem

beginne der Eingriff in die Privatsphäre der Bürger bereits beim Sammeln privater Daten, nicht erst bei deren Sichtung.

Vorratsspeicherung

In der Stellungnahme des NDB ist außerdem von sogenannten Retrosuchen die Rede. Der Datenverkehr wird nicht nur in Echtzeit anhand von Selektoren – etwa Stichwörtern oder Nummern – durchsucht, es gibt außerdem eine Datenbank. Der Verein Digitale Gesellschaft spricht von Vorratsspeicherung. Geheimdienste könnten in der Datenbank hinterlegte Chats, Mails oder Suchanfragen nachträglich durchsuchen. Welche Verbindungen abgehört oder was für Filter der Geheimdienst verwendet, ist bisher unbekannt. Im Jahr 2022 hatte der NDB erklärt, „dass sich bestimmte Daten und Signale erst im Nachhinein“ als relevant erwiesen. Derzeit wird offenbar nach Entwicklern für den Bau einer Software zur Analyse solcher Daten gesucht.

Laut der Berichterstattung des Schweizer Mediums Republik, das als Erstes über den Überwachungsskandal berichtete, sind die großen Netzanbieter Sunrise, Salt und Swisscom verpflichtet, den Geheimdiensten Zugriff auf ihre Infrastruktur zu gewähren. Seit vergangenem Jahr sollen demnach auch kleinere Netzbetreiber, etwa Init7, den Zugriff gestatten.

In Deutschland darf der Bundesnachrichtendienst ganze 30 Prozent der weltweiten Datenströme im Netz durchsuchen. Dabei werden offenbar tausende Selektoren eingesetzt. Die Ausbeute ist trotzdem gering. Die Praxis war zwar auf die Snowden-Enthüllungen folgend vom Bundesverfassungsgericht als verfassungswidrig erklärt worden, der Bundestag hielt sie jedoch prinzipiell für unverzichtbar.

(kst@ct.de) ct

Statements der Geheimdienste, Republik-Recherche, weitere Quellen: ct.de/yvz7



<https://www.youtube.com/watch?v=ezNOZQHmw7U&t=5s>

Selbstverpflichtung statt Cookie-Banner

Nach dem Willen von EU-Verbraucherschutzkommissar Didier Reynders sollen Unternehmen nur noch jährlich Cookie-Einwilligungen abfragen müssen, um die Nerven der Verbraucher zu schonen.

Die EU-Kommission will der „Cookie Fatigue“ begegnen, die sich seit Einführung der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) breit macht. Weil die Verbraucher generell von Cookie-Bannern sind, die ihnen ständig den Weg zu Websites versperren, willigen sie oftmals uninformed und unbedacht ein. So begründet Didier Reynders, EU-Kommissar für Justiz und Verbraucherschutz eine Initiative, die er erstmals zum EU-Verbrauchergipfel im März 2023 ins Spiel brachte.

Seine Pläne für eine „Cookies-Selbstverpflichtung“ (cookies pledge) sehen vor, dass Unternehmen freiwillig zusagen, ihre Nutzer besser über die Verwendung von Cookies zu informieren und dafür höchstens alle 12 Monate eine erneute Tracking-einwilligung abfragen müssen. Die Firmen verpflichten sich demnach, ausführ-

lich zu Tracking-Cookies zu informieren und alle Infos aktuell zu halten. Die Wiedererkennung der Nutzer erfolgt dabei einem Entwurf der Vereinbarung zufolge allerdings selbst mittels Cookies.

Nachdem Reynders Reaktionen von großen Plattformen sowie von der Werbeindustrie abgefragt hatte, legte er seinen Vorschlag dem Europäischen Datenschutzausschuss vor. Dieser befand nun die Lösung als DSGVO-konform, behielt sich aber vor, bei fehlerhafter Einwilligungsabfrage dennoch gegen Unternehmen vorzugehen. Die Cookies-Pledge-Initiative soll nun beim nächsten Verbraucherschutzgipfel im April 2024 finalisiert werden. Ziel ist es, dass sehr große Plattformen wie Amazon, Meta oder Microsoft noch in der ersten Jahreshälfte freiwillig mit dem neuen Konzept starten können.

Jüngst erläuterte Reynders seine Pläne in einem Interview mit der Zeitung Welt am Sonntag: „Der Gebrauch von Cookies, um personenbezogene Daten zu verarbeiten, kann laut Gesetz nicht ohne die ausdrückliche Zustimmung der User erfolgen. Aber das bedeutet nicht, dass das



Bild: EU-Kommission

Beim EU-Verbrauchergipfel in Brüssel brachte Didier Reynders, Justiz- und Verbraucherschutzkommissar, zum ersten Mal seine Idee aufs Tafel.

Surfen im Netz am Ende eine lästige Angelegenheit werden darf“, begründete er seine Idee. Er sei „zuversichtlich, dass diese freiwillige Initiative die Türen für neue Onlinepraktiken öffnen kann, die dann auch die Verbraucherrechte besser schützen“. (hob@ct.de)

Chrome schafft Drittanbieter-Cookies ab

Google macht Ernst: Nach jahrelangem Vorlauf hat der Konzern begonnen, bei seinem Browser Chrome die sogenannten **Drittanbieter-Cookies zu deaktivieren** – nicht sofort in allen Installationen, sondern nach und nach. Seit Anfang des Jahres soll zunächst ein Prozent der Nutzer von dieser Maßnahme betroffen sein. Bis zur zweiten Hälfte 2025 soll der Browser dann bei allen Chrome-Instanzen Fremd-anbieter-Cookies blockieren.

Chrome informiert Nutzer mit einem Pop-up-Dialog, wenn die neue Funktion scharfgeschaltet wird. Der erklärt das Konzept der Privacy Sandbox kurz, das an die Stelle der Third Party Cookies tritt. Dass die neuen Funktionen aktiv sind, erkennt man auch an einem Augensymbol in der Adresszeile des Browsers. Ein Klick darauf erlaubt der besuchten Webseite, Cookies zu setzen. Das dürfte in manchen Fällen notwendig sein, denn einige Websites funktionieren nur mit Cookies richtig.

Die Privacy Sandbox ist, verglichen mit Third Party Cookies, auf jeden Fall eine Verbesserung für den Datenschutz.

Allerdings lässt sich auch damit Tracking betreiben. Man kann die Komponenten der Sandbox ausschalten. Die betreffenden Schalter finden sich in den Einstellungen von Chrome unter „Datenschutz und Sicherheit/Datenschutz bei Anzeigen“.

Die Privacy-Sandbox ist in der Internetwelt umstritten. Die Bürgerrechtsorganisation Electronic Frontier Foundation bemängelt, dass Google über seinen Brow-

ser Chrome zukünftig das Tracking alleine kontrolliert. Andere Browserhersteller wie Vivaldi und Brave haben angekündigt, die Privacy Sandbox in ihren Browsern nicht zu implementieren. Und manchen Unternehmen aus der Werbewirtschaft genügen die Möglichkeiten der Privacy Sandbox nicht. Sie suchen nach Möglichkeiten, das Nutzerverhalten auch in Zukunft effektiv tracken zu können. (jo@ct.de)

← Datenschutz bei Anzeigen

Werbethemen
Basierend auf deinem Browserverlauf. Diese Einstellung ist aktiviert.

Von Websites vorgeschlagene Werbung
Basierend auf deinen Aktivitäten auf einer Website. Diese Einstellung ist aktiviert.

Erfolgsmessung von Anzeigen
Websites und Werbetreibende können die Leistung ihrer Werbung analysieren. Diese Einstellung ist aktiviert.

In den Chrome-Einstellungen lassen sich die Funktionen der Privacy Sandbox deaktivieren.

Chip-Schwemme

Prozessorneuheiten AMD Ryzen 8000G und Intel Core i-14000

AMD und Intel bringen zahlreiche CPUs, darunter auch erste Desktop-Prozessoren mit KI-Einheiten.

Von Christian Hirsch

Auf der IT-Messe CES Anfang Januar in Las Vegas erblickten mehrere CPU-Generationen das Licht der Welt, doch nicht in jeder stecken neue Chips. Für die Desktop-Plattform AM5 bietet AMD ab Ende Januar die Serie Ryzen 8000G mit stärkerer integrierter Grafik und KI-Einheit an. Die CPUs sind eng verwandt mit den Mobil-CPUs der Serien Ryzen 7040U/H/HS und 8040U/H „Phoenix“. Sie bestehen im Unterschied zu den seit Ende 2022 erhältlichen Ryzen 7000 „Raphael“ aus einem monolithischen Die und nicht aus Chiplets. Die neuen AM5-CPUs steuern Grafikkarten und SSDs lediglich mit PCI Express 4.0 statt PCIe 5.0 an.

Erstmals baut AMD bei den Ryzen 8000G eine KI-Einheit in Desktop-Prozessoren ein, die zum Beispiel die CPU-Kerne dabei entlastet, den Hintergrund bei Videokonferenzen unscharf zu stellen. Die XDNA-Technik für „Ryzen AI“ stammt von der Embedded-Tochter Xilinx, ist allerdings nur im Ryzen 7 8700G und Ryzen 7 8600G aktiv. Zudem ist noch unklar, ob die KI-Einheit auf allen Mainboards funktioniert.

Mit den beiden günstigen Varianten Ryzen 5 8500G und Ryzen 5 8300G bietet AMD erstmals Hybrid-Prozessoren für Desktop-PCs an. Sie bestehen aus schnellen Zen-4- und auf niedrigen Takt und geringen Flächenverbrauch getrimmten Zen-4c-Kernen. Die Rechenwerke sind im Unterschied zu anderen heterogenen CPU-Designs aber identisch. Die moderne RDNA3-Grafik der Ryzen 8000G soll genug Leistung bieten, um die meisten

Spiele in Full-HD-Auflösung bei niedriger Detailstufe flüssig darzustellen.

Aufrüsterglück

Für Nutzer bereits bestehender AM4-Systeme offeriert AMD zudem neue Upgradeoptionen: Als preiswertere Alternative zum Ryzen 7 5800X3D gibt es für Gamer den Ryzen 7 5700X3D mit 3D-V-Cache. Der zusätzliche Cache steigert vor allem die Bildrate bei 3D-Spielen. Die Zahl der Kerne ist identisch, der Ryzen 7 5700X3D taktet aber um 400 MHz langsamer.

Zudem gibt es drei weitere neue Ryzen-5000-Prozessoren, bei denen AMD aber das monolithische Die von Mobil-CPUs verwendet. Deshalb haben sie nur 16 MByte L3-Cache und sind auf PCIe 3.0 beschränkt. Ryzen 5 5600GT und 5500GT mit aktiver GPU positioniert AMD als etwas schnellere beziehungsweise langsamere Option zum Ryzen 5 5600G.



Bild: AMD

Intel zählt eins hoch

Nach den übertaktbaren Core i-14000K(F) im Herbst 2023 hat Intel den Verkauf der leichter zu kühlenden 65-Watt-Varianten der 14. Core-i-Generation für die Fassung LGA1700 gestartet. An den Halbleiter-Dies gibt es keine Änderungen im Vergleich zu den Core i-13000. Stattdessen verpasst Intel den CPUs einen geringfügig höheren Takt. Die Rechengeschwindigkeit steigt im unteren einstelligen Prozentbereich. Nur der Core i7-14700(F) erhält vier zusätzliche Effizienzkerne, was die Multithreading-Performance um bis zu 37 Prozent steigern soll.

Zusätzlich erhält der Core i5-14600 als einziger Core i5 ein Die mit Raptor-Cove-Kernen mit 2 MByte Level-2-Cache sowie 4 MByte L2-Cache für jeden Cluster aus vier Effizienzkerne. Das war bei den Core i-13000 noch den Core i7 und i9 vorbehalten.

(chh@ct.de) ct

Desktop-Prozessoren auf der CES 2024

Prozessor	Kerne / Threads	Takt / Turbo	L3-Cache	GPU / Shader	Preis
AMD Ryzen 8000G „Phoenix“, AM5, 65 W TDP					
Ryzen 7 8700G	8 / 16	4,2 / 5,1 GHz	16 MByte	Radeon 780M / 768	329 US-\$
Ryzen 7 8600G	6 / 12	4,3 / 5,0 GHz	16 MByte	Radeon 760M / 512	229 US-\$
Ryzen 5 8500G	2+4c / 12	3,5 / 5,0 GHz	16 MByte	Radeon 740M / 256	179 US-\$
Ryzen 3 8300G ¹	1+3c / 8	3,4 / 4,9 GHz	8 MByte	Radeon 740M / 256	k.A.
Ryzen 5000 „Raphael“, AM4, 105 W TDP					
Ryzen 7 5700X3D	8 / 16	3,0 / 4,1 GHz	96 MByte	n. v.	249 US-\$
Ryzen 5000 „Cezanne“, AM4, 65 W TDP					
Ryzen 7 5700	8 / 16	3,7 / 4,6 GHz	16 MByte	n. v.	175 US-\$
Ryzen 5 5600GT	6 / 12	3,6 / 4,6 GHz	16 MByte	Radeon / 448	140 US-\$
Ryzen 5 5500GT	6 / 12	3,6 / 4,4 GHz	16 MByte	Radeon / 448	125 US-\$
Core i-14000 „Raptor Lake Refresh“, LGA1700, 65 W PBP					
Core i9-14900	8P+16E / 32	2,0 / 5,8 GHz	36 MByte	UHD 770 / 256	549 US-\$
Core i9-14900F	8P+16E / 32	2,0 / 5,8 GHz	36 MByte	n. v.	524 US-\$
Core i7-14700	8P+12E / 28	2,1 / 5,4 GHz	33 MByte	UHD 770 / 256	384 US-\$
Core i7-14700F	8P+12E / 28	2,1 / 5,4 GHz	33 MByte	n. v.	359 US-\$
Core i5-14600	6P+8E / 20	2,7 / 5,2 GHz	24 MByte	UHD 770 / 256	255 US-\$
Core i5-14500	6P+8E / 20	2,6 / 5,0 GHz	24 MByte	UHD 770 / 256	232 US-\$
Core i5-14400	6P+4E / 16	2,5 / 4,7 GHz	20 MByte	UHD 730 / 192	221 US-\$
Core i5-14400F	6P+4E / 16	2,5 / 4,7 GHz	20 MByte	n. v.	196 US-\$
Core i3-14100	4 / 8	3,5 / 4,7 GHz	12 MByte	UHD 730 / 192	134 US-\$
Core i3-14100F	4 / 8	3,5 / 4,7 GHz	12 MByte	n. v.	109 US-\$
Intel 300	2 / 4	3,9 GHz / n. v.	6 MByte	UHD 710 / 128	82 US-\$

¹ nur für PC-Hersteller TDP: Thermal Design Power PBP: Processor Base Power n.v. nicht vorhanden k.A. keine Angabe

Letztes Aufgebot

Neue Grafikkarten 2024: Nvidia und AMD komplettieren die aktuelle Generation

AMD stattet die XT-Version Radeon RX 7600 großzügig mit Grafikspeicher aus und Nvidia frischt die RTX-4000-Reihe mit „Super“-Varianten auf – nur zum Teil mit mehr Leistung fürs Geld.

Von Carsten Spille

Die neuen Radeon- und GeForce-Karten decken eine Preisspanne zwischen rund 340 bis 1100 Euro ab und zielen auf Spieler sowie Anwender, die Kreativ- oder KI-Anwendungen nutzen. Alle Karten unterstützen die inzwischen üblichen, modernen Funktionen wie Hardware-Raytracing. Sie entlasten den Prozessor bei der Wiedergabe auch von AV1-encodierten Videos und können über Spezialschaltkreise bei KI-Anwendungen zusätzliche Rechenpower mobilisieren. Die RX 7600 XT hat mit DisplayPort 2.1 UHBR10 mehr Reserven für ultrahohe Auflösungen oder Refreshraten, etwa 120 statt 60 Hertz bei 8K.

Die vier neuen sind im Einzelnen AMDs Radeon RX 7600 XT und von Nvidia die RTX-4000-Karten 4070 Super, 4070 Ti Super und 4080 Super.

Den alphabetischen und preislichen Anfang macht die AMD Radeon RX 7600 XT. Die Spezifikationen ähneln stark der Radeon RX 7600: Auf beiden läuft der Grafikchip Navi33 der aktuellen RDNA3-Architektur mit dem Maximum von 2048 Shader-Rechenkernen. Allerdings darf die XT-Variante mit 190 Watt rund 15 Prozent mehr Strom verheizen und zieht daraus drei bis neun Prozent höhere Taktraten. Von dem Leistungsbudget muss sie allerdings auch die auf 16 GByte verdoppelte Speichermenge versorgen. Das ist für eine Grafikkarte dieser Leistungsklasse eine sehr großzügige Menge, die einigen Speicherfressern wie dem Rennspiel Forza 5 mit Maximaleinstellungen entgegenkommen dürfte und auch einen schönen Puffer für KI-Anwendungen wie dem Bildgenerator Stable Diffusion XL bietet. Einen Euro-Preis nannte AMD zu Redaktionsschluss noch nicht, die unverbindliche Preisempfehlung (UVP) in US-Dollar liegt bei 329 Dollar.

In einem ersten Testlauf erreichte die übertaktete XFX-Karte rund 11851 Punkte im 3DMark Timespy und 45041 Punkte im neuen 3DMark-Test Solar Bay. Das sind rund 7 Prozent mehr als bei der RX 7600 und 9 Prozent über Nvidias RTX 4060.

RTX 4000 offiziell auch „Super“

Bei Nvidia lösen die 4070 Ti Super und die 4080 Super ihre Vorgängermodelle ab, die



Gerade noch zum Fototermin für dieses Heft schaffte es die 30,5 Zentimeter lange XFX Radeon RX 7600 XT QICK309 als Vorhut der neuen 2024er-Modelle.

RTX 4070 bleibt parallel zur Super-Variante im Programm. Die RTX 4080S landet bei 1109 Euro. Bei der 4070S und der 4070 Ti Super geht es mit gleichem Preis im Vergleich zum Vorgänger weiter. Dafür sinkt der Preis der 4070 auf 549 US-Dollar.

Der Leistungssprung nimmt auf dem Papier von unten nach oben zu. Die 4070S hat knapp 22 Prozent mehr Rechenleistung als ihre Vorgängerin, die 4070 Ti Super rund 10 Prozent und bei der RTX 4080S sind es knapp 7 Prozent. Die beiden stärkeren Modelle müssen das im selben Energie-Budget von 285 respektive 320 Watt umsetzen, was einen Teil der papierenen Mehrleistung wieder auffrisst. Der 4070S verpasst Nvidia 20 Watt mehr als der effizienten 4070 mit ihren 200 Watt.

Doch die 4070 Ti Super hat noch einen weiteren Trumpf im Ärmel: Nvidia verlässt den AD103-Grafikchip anstelle des AD104. Daher lassen sich nun 16 statt zuvor 12 GByte anbinden, die auch ein Drittel mehr Transferrate liefern. Das löst eine Bremse für den Grafikchip und ist für notorische speicherhungige KI-Anwendungen oder 8K-Videoschnitt von Vorteil.

(csp@ct.de) ct

GeForce RTX 4000 Super und Radeon RX 7600 XT: Technische Daten

Grafikkarte	RTX 4080 Super	RTX 4080	RTX 4070 Ti Super	RTX 4070 Ti	RTX 4070 Super	RTX 4070	RTX 4060 Ti	RTX 4060	RX 7700 XT	RX 7600 XT	RX 7600
GPU	AD103	AD103	AD103	AD104	AD104	AD104	AD106	AD107	Navi32 XL	Navi33 XT	Navi33 XL
Rechenkerne FP32 / Tensor	10240 / 320	9728 / 304	8448 / 264	7680 / 240	7168 / 224	5888 / 184	4352 / 136	3072 / 96	3456 / –	2048 / –	2048 / –
GPU-Takt (Basis / Game / Boost)	2205 / – / 2555 MHz	2205 / – / 2505 MHz	2340 / – / 2610 MHz	2310 / – / 2610 MHz	1980 / – / 2475 MHz	1920 / – / 2475 MHz	2310 / – / 2540 MHz	1830 / – / 2460 MHz	– / 2171 / 2544 MHz	– / 2470 / 2755 MHz	– / 2250 / 2655 MHz
FP32-Rechenleistung	52,2 TFlops	48,8 TFlops	44,1 TFlops	40,1 TFlops	35,5 TFlops	29,2 TFlops	22,3 TFlops	15,1 TFlops	30,0 TFlops	22,6 TFlops	21,8 TFlops
Last-Level-Cache	64 MByte	64 MByte	48 MByte	48 MByte	36 MByte	36 MByte	32 MByte	24 MByte	48 MByte	32 MByte	32 MByte
Speichermenge	16 GByte	16 GByte	16 GByte	12 GByte	12 GByte	12 GByte	8-6 GByte	8 GByte	12 GByte	16 GByte	8 GByte
Speicherinterface/-transferrate	256 Bit / 736 GByte/s	256 Bit / 717 GByte/s	256 Bit / 672 GByte/s	192 Bit / 504 GByte/s	192 Bit / 504 GByte/s	192 Bit / 288 GByte/s	128 Bit / 272 GByte/s	128 Bit / 432 GByte/s	192 Bit / 288 GByte/s	128 Bit / 288 GByte/s	128 Bit / 288 GByte/s
Thermal Design Power	320 W	320 W	285 W	285 W	220 W	200 W	160-165 W	115 W	245 W	190 W	165 W
Straßenpreis	1109 €	1150 €	860 €	820 €	659 €	580 €	395-465 €	305 €	465 €	329 US-\$ (UVP)	275 €

Halbleiterflunder

Riesenfortschritte bei der Miniaturisierung von Fotolinsen

Die Firma 2Pi Optics stellt die erste hochauflösende Fisheye-Linse auf Grundlage der optischen Metalens-Technik vor. Das Dingelchen ist nur einige tausendstel Millimeter dick.

Von Dušan Živadinović

Das Jahr 2023 könnte als Wendepunkt in der Entwicklung von Metalinsen in die Geschichte eingehen. Seit 2016 gab es Hinweise, dass die Metalens-Idee funktioniert, doch erst im Juni 2023 gelang der Firma Metalenz der Bau eines ersten Linsen-Prototypen. Im Oktober kündigte der große Kamera- und Objektivhersteller Canon an, selbst Metalinsen entwickeln zu wollen. Und im November stellten Forscher der Firma 2Pi Optics ihre erste Metalinse vor.

„Unsere Metalinse schlägt die konventionelle Optik in allen Bereichen: Größe, Gewicht, Leistung und Preis“, behauptet Juejun Hu selbstbewusst. Hu ist CEO und einer der Gründer von 2Pi Optics, einer Ausgründung des Massachusetts Institute of Technology (MIT). Doch der eigentliche Clou ist: 2Pi fertigt seine Metalinse in einem Halbleiterprozess und drückt erst so die Kosten erheblich.

Metalinsen sind flache Oberflächen, die Licht auf neue Weise brechen und auf einen speziellen Bildsensor lenken. 2Pi will damit „klare 180-Grad-Panorama-Fotos“ liefern. Freilich handelt es sich bisher nicht um Farb-, sondern nur um Monochromabbildungen.

Traditionelle Fisheye-Objektive für Wechselobjektivkameras sind klobig und schwer, weil man darin meist sechs bis zwölf mehrere Dutzend Gramm schwere optische Elemente aus Glas kombiniert.

Lange Zeit fristeten die Metalinsen nur ein virtuelles Dasein in Oberstübchen von Theoretikern. Physikern ist klar, dass die Hauptfunktion von optischen Linsen, die Lichtbrechung, erst an der Oberfläche der Glaskörper erfolgt, nämlich beim Übergang vom Glas- zum Luftmedium. Konsequent zu Ende gedacht, sollte man also alles bis auf die funktionale Oberfläche weglassen können.

Erste Grundlagenarbeit dazu leistete der französische Physiker Augustin Jean Fresnel schon im 19. Jahrhundert bei der Entwicklung von Riesenlinsen für Leuchttürme. Diese nach ihm benannte Linse ist ein entkernter Linsenkörper, der aus gestuften Teilschnitten besteht. Heute setzt man Fresnel-Linsen auch in Fahrzeugscheinwerfern und auf Solarzellen ein.

Für die Fotografie eignen sie sich nicht, denn die groben Strukturen streuen Licht auch in ungewollte Richtungen, erzeugen also matschige, unscharfe Bilder.

Den Durchbruch für Fotoanwendungen bringt aber die Halbleitertechnik: Damit erzeugen diverse Forschungsgruppen so feine Topografien auf nur mikrometerdünnen Objekten, dass sich damit eine Lichtwellenfront unterteilen und die Teile unterschiedlich manipulieren lassen.

Fresnel-Linsen (links) sind zwar seit dem 19. Jahrhundert bekannt, aber erst speziell angepasste Halbleiterfertigungen liefern die für Fotografie erforderliche Güte.

Dafür setzen sie lichtdurchlässige Materialien wie Titandioxid ein und erzeugen je nach Position auf der Linse nur einige hundert bis einige Dutzend Nanometer hohe Strukturen.

Die Lichtwellen laufen je nach Aufpunkt unterschiedlich lang durch dieses Medium und treten daher zu verschiedenen Zeitpunkten aus. Dann folgt der eigentliche Clou: Nach der anschließenden unumgänglichen gegenseitigen Überlagerung (Interferenz) bilden sie eine neue Front, die vorausberechnet schräg aus der Oberfläche herausläuft. Damit bekommt man den von gekrümmten Glaslinsen bekannten Brechungseffekt.

Erste Metalinsen hat man noch mittels Elektronenstrahlolithografie in das Halbleitermaterial gefräst. 2Pi hat das Konzept in Fotolithografie umgesetzt.

Der Einsatz in Kameras und Smartphones scheint aber noch fern, weil für Megapixelformate weit größere Linsenkörper mit Milliarden von Einzelelementen erforderlich sind, und diese zu fertigen ist bisher noch zu aufwendig. Einigen Facharbeiten zufolge lassen sich immerhin schon optische Bildstabilisierungen und Zoom-Funktionen mittels elektrischer Felder nachahmen (ct.de/yamu).

2Pi denkt vorerst nur an „superkompakte Bildsensoren“ in Headsets für Augmented und Virtual Reality, die besonders kleine Kameras für Umgebungs-aufnahmen, Augenverfolgung, Gesten- und Mimikerkennung erfordern. Auch seien Actioncams sowie Anwendungen in Fahrerassistenzsystemen, unbemann-ten Fahrzeugen, Robotik und anderen industriellen Anwendungen in Aussicht.

(dz@ct.de) ct

Facharbeiten zu Metalinsen: ct.de/yamu

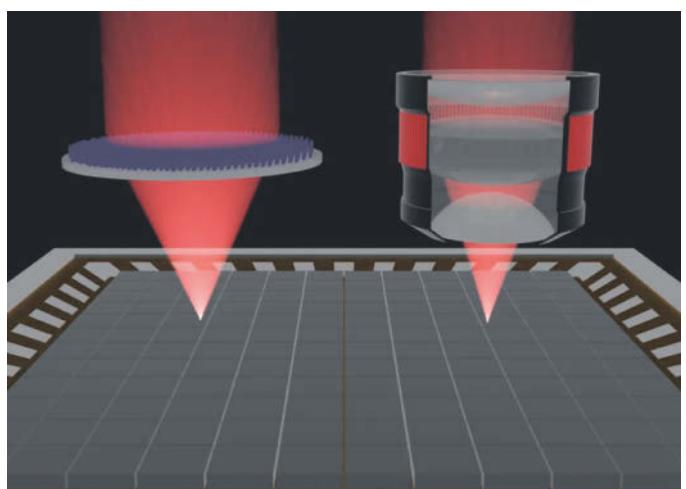


Bild: 2Pi Optics

Chips besser auf Kohlenstoffbasis

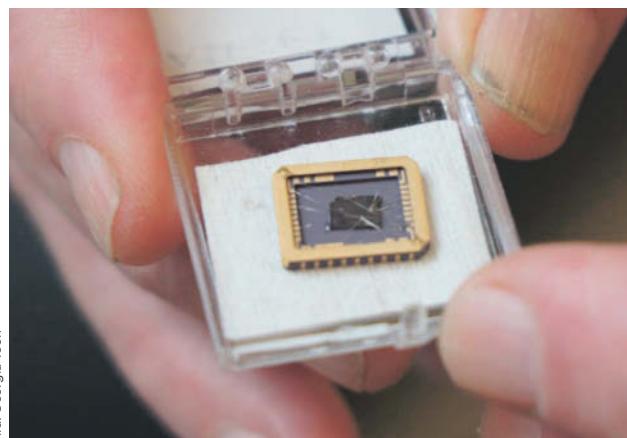


Bild: Georgia Tech

Forscher haben auf der Grundlage von Graphen einen neuartigen Halbleiterchip entwickelt. Der neue Verbundstoff zeigt im leitenden Zustand eine zehnmal so hohe Elektronenmobilität wie Silizium.

Auf der Suche nach einem Nachfolger für Siliziumhalbleiter in der Elektronik hat eine Forschungsgruppe um Walter de Heer an der technischen Hochschule Georgia Institute of Technology in Atlanta sowie an der Tianjin-Universität in China einen Chip aus einem Graphen-Verbund hergestellt. Graphen ist eine Kohlenstoffmodifikation mit einem zweidimensionalen Kristallgitter. Das neuartige Halbleitermaterial zeigte in ersten Versuchen eine wesentlich höhere Elektronenbeweglichkeit und gleichzeitig eine geringere Wärmeentwicklung als Silizium. Zudem lassen sich Graphenbauteile aufgrund der Kristallstruktur aus einlagigen Atomschichten aufbauen.

Die Forscher haben mit dünnen Siliziumcarbid-Wafern (SiC) experimentiert.

Der Chip-Prototyp mit Graphen als Halbleitermaterial hat die zehnfache Elektronenmobilität gegenüber Siliziumchips. Die Graphenschicht ist nur eine Atomlage stark und trotzdem stabil verarbeitbar.

Im Ofen bei hohen Temperaturen in einer Edelgasatmosphäre gelang es, dass sich Kohlenstoffatome aus einer Platte lösten und sich im Zuge eines sogenannten epitaktischen Wachstums als einlagige Graphenschicht auf einer weiteren SiC-Scheibe absetzten. In dieser Ausprägung zeigte das Graphen dann Halbleitereigenschaften.

„Graphen als Halbleiter erzeugt nicht nur weniger Widerstand und damit weniger Wärme, wir profitieren auch von Elektroneneigenschaften, die in Silizium nicht zugänglich sind“, sagt de Heer in einem Video auf der Homepage der Georgia Tech (siehe ct.de/ysyu). Die geschaffenen Strukturen können sehr klein und vor allem extrem flach hergestellt werden; zudem erweisen sie sich als sehr robust. Heutige Anlagen der Chipproduktion sind in der Lage, das neue Halbleitermaterial zu verarbeiten. Insbesondere für die Nanoelektronik bringt es neue Einsatzmöglichkeiten mit sich. (agr@ct.de)

Forschungs-Paper: ct.de/ysyu

Klebekraft abschaltbar

Klebstoffe, die sich nicht vollständig lösen lassen, sind ein Problem beispielsweise beim Recycling elektronischer Komponenten. Ingenieure an der Newcastle University haben nun einen Klebstoff entwickelt, der sich in einen Nichtkleber umwandeln lässt. Der Kleber besteht aus zwei Komponenten, die jeweils mit negativ oder positiv geladenen Polymeren versetzt sind. Die Haftwirkung

beruht demgemäß auf elektrostatischer Adhäsion. Sie hält an, bis man die Klebestelle in leicht saures oder basisches Wasser taucht. Dann schieben sich negativ geladene OH-Ionen leicht zwischen die Polymere und Etiketten lassen sich rückstandslos und schnell lösen oder beispielsweise auch elektronische Komponenten leicht fürs Recycling trennen. (agr@ct.de)

KI sortiert alte Kleidung

Für den Second-Hand-Markt hat ein Team von TU und FU Berlin um Projektleiter Karsten Pufahl, TU-Fachbereich Nichtlineare Optik, einen Altkleiderscanner entwickelt. Eine damit ausgestattete Vorrichtung soll Altkleider automatisch sortieren. Die integrierte KI-gestützte Bildanalyse schätzt zu jedem Kleidungsstück auf einem Förderband ein, um welche Art es sich handelt, wie der Zustand ist, ob es sich um eine hochwertige Marke handelt und ob es der Mode entspricht. Dementsprechend schlägt die KI entweder vor, das Teil als Second-Hand-Produkt zu vermarkten oder ins Recycling zu geben.

Aktuell ist der Scanner am **Förderband eines Recyclingunternehmens** in Hamburg installiert. Mit den dabei entstehenden Aufnahmen soll die KI in einer weiteren Trainingsphase lernen, verschiedene Qualitätsstufen zu unterscheiden. Zusätzlich nutzt das System die sogenannte Raman-Spektroskopie, mit der der Scanner die Textilarten unterscheiden kann.

(agr@ct.de)



Bild: TU Berlin/Christian Kelmann

Der Prototyp des neu entwickelten Kleidungsscanners erkennt einen Blazer auf dem Fließband.

Einfache und schnelle Netzwerkspeicher

Synology bringt ein besonders einfach einzurichtendes NAS heraus und TerraMaster setzt bei einer neuen Serie auf moderne x86-Prozessoren.

Ab Anfang März will Synology die BeeStation für 238 Euro (UVP) verkaufen. Sie ist für Home-Cloud-Interessenten gedacht, die sich nicht mit komplexen Netzwerkspeichern (NAS) auseinandersetzen wollen. Das Gerät enthält eine 4-TByte-Festplatte, es

kommt per Gigabit-Ethernet-Verbindung an den Router. Außer dem Gigabit-LAN-Port hat es je einen USB-A- und USB-C-Anschluss (5 Gbit/s); sein Quadcore-Prozessor Realtek RTD1619B (ARM Cortex-A55, max. 2 GHz) verfügt über 1 GByte RAM.

Per App richtet man die BeeStation ein und legt fest, welche Ordner des Geräts auf sie synchronisiert werden sollen. Optional kann man ihren Inhalt auf gemieteten Cloudspeicher spiegeln, etwa One-

drive, Google Drive oder Dropbox. Die App gibt es für Windows 10/11, macOS, iOS und Android; außerdem ist die BeeStation per Browser erreichbar.

TerraMaster führt im Frühjahr seine 424er-NAS-Serie mit aktuellen Intel-CPU für kleine und mittlere Firmen ein: Auf den Celeron N95 (vier Effizienz-Kerne mit maximal 3,4 GHz) bauen zwei Geräte mit zwei und vier Plattschächten (F2-424, F4-424), im 4-Bay-Modell F4-424 Pro steckt der leistungsfähigere Core i3 N305 (acht E-Kerne, max. 3,8 GHz). Alle haben je zwei Multigabit-Ethernet-Ports (2,5 Gbit/s), zwei M.2-NVMe-Slots, zwei 10 Gbit/s schnelle USB-Buchsen (A und C) sowie einen HDMI-Anschluss für Bildschirme.

Das neu entworfene Gehäuse soll zudem für weniger Betriebsgeräusche als bei Vorgängern sorgen. Das F4-424 mit 8 GByte RAM (aufrüstbar auf bis zu 32 GByte) ist bei Amazon Großbritannien für 480 Pfund gelistet, das 424 Pro mit fixen 32 GByte RAM kostet dort 630 Pfund. Wann die Geräte hierzulande zu welchen Preisen erscheinen, war bei Redaktionsschluss offen. (Mark Mantel/ea@ct.de)



Bild: Synology



Bild: TerraMaster

Die BeeStation von Synology soll NAS-Neulinge abholen, TerraMasters 424-Serie Kleinfirmen und Mittelständlern Speicherplatz bereitstellen.

Kompakter 5G-Router und Flachantenne

Der Netzwerkhersteller Peplink hat seinen **Mini-Router BR1 mit einem 5G-Modem** neu aufgelegt und auch sein Antennenportfolio erweitert. Der „BR1 Mini 5G“ kann laut Hersteller bis zu 3,4 Gbit/s im Downlink und bis zu 900 Mbit/s im Uplink über 5G-Netze übertragen. LTE bis Katego-

gorie 20 unterstützt der Router ebenso, was bis zu 1,6 Gbit/s und bis zu 200 Mbit/s Down- beziehungsweise Uplinkrate erlaubt.

Netzwerkgeräte werden über drei Gigabit-Ethernet-Ports verbunden; einer der Ports kann zum ergänzenden WAN-Port umgewidmet werden. Eine WLAN-Basis besitzt der Router nicht. Die Leistungsaufnahme soll 11 bis 13 Watt betragen.

Passend dazu bietet Peplink die Slim-Antennenserie zur Wand- und Fenstermontage: Die Slim 40G besitzt vier Mobilfunkantennen, die alle weltweit wichtigen Frequenzbänder abdecken, sowie eine Antenne für GNSS (GPS etc.). Die Slim 22G hat zwei Mobilfunkantennen weniger, dafür aber zwei WLAN-Strahler für 2,4 und 5 GHz. Beide Antennen sind 18 × 13 × 1,5 Zentimeter groß und haben 2 Meter Zuleitung. (amo@ct.de)



Peplinks BR1 Mini 5G ist ein kompakter Router mit Modem für 5G und LTE. Er ist für den mobilen Einsatz gedacht und besitzt eine Zertifizierung für Schienenfahrzeuge.

Kurz & knapp

Die ITU hat ihre **Spezifikation für flexible optische Transportnetze (FlexO)** um technische Parameter für Datenraten zwischen 400 und 800 Gbit/s erweitert. Die FlexO-Spezifikationen definieren sowohl für Nah- als auch Fernverbindungen, wie Daten über Glasfaser übertragen werden. Das betrifft hauptsächlich Rechenzentren und Internetknotenpunkte.

AVM hat am 1. Januar **sechs Wi-Fi-6-fähige Geräte mit einem FritzOS-Update** versorgt, um im Patentstreit mit Huawei einem Verkaufsverbot zu entgehen. Das Update trifft nur Geräte, die nach dem 1. 1. 2024 neu eingerichtet wurden und soll den Betrieb nicht negativ beeinflussen.

c't-Kanal bei WhatsApp

Mit der neuen WhatsApp-Funktion „Kanäle“ erreichen Unternehmen, Sportvereine, Medienhäuser und Prominente ihre Fans direkt im Messenger, ein Rückkanal ist nicht vorgesehen. Auch die c't-Redaktion ist dort seit Dezember vertreten und liefert Einordnungen zu aktuellen Themen und Einblicke in den Redaktionsalltag.

Im Vergleich zu Facebook, Instagram, X und Mastodon ist der Funktionsumfang der Funktion „Kanäle“, die Meta in den Messenger WhatsApp eingebaut hat, noch spärlicher: Jeder Nutzer mit WhatsApp-Konto kann einen solchen Kanal einrichten, der dann in einer öffentlichen und durchsuchbaren Liste landet. Als Betreiber eines Kanals kann man Textnachrichten, Videos und Bilder veröffentlichen. Die Abonnenten finden solche Nachrichten im Reiter „Aktuelles“, in dem sie auch die Statusmeldungen ihrer Freunde sehen. Antworten und kommentieren kann man nicht, lediglich mit einem Emoji reagieren. Die technische Umsetzung wirkt, als hätte Betreiber Meta die rudimentären Funktionen der WhatsApp-Gruppen übernommen und unter anderem die Antworten-Funktion ausgebaut. Auch Umfragen, die es in Gruppen



gibt, haben es noch nicht in die Kanäle geschafft. Viele Kanalbetreiber behelfen sich mit Aufrufen, per Emoji abzustimmen.

Seit Dezember nutzt auch die c't-Redaktion den neuen Kommunikationskanal. Sollten datenschutzfreundliche Messenger wie Signal eine vergleichbare Funktion ebenfalls nachrüsten, würden wir das Angebot auf diese Plattformen erweitern. Um die Inhalte kümmern sich Torsten und Jan aus der Chefredaktion. Es gibt Einschätzungen und Kommentare zu tagesaktuellen Ereignissen, nützliche und unterhaltsame Verweise auf Artikel sowie Einblicke in den Alltag der c't-Redaktion. Um den WhatsApp-Kanal zu abonnieren, nutzen Sie einfach den QR-Code links.

Da die Plattform von Facebook-Muttergesellschaft Meta betrieben wird, darf auch ein Blick auf die Datenschutzperspektive nicht fehlen. Die wichtigste Information vorab: Die Betreiber solcher Kanäle sehen weder Namen noch Telefonnummern von Nutzern, es gibt lediglich eine öffentlich einsehbare Anzahl an Abonnenten. Weitere Daten zur Nutzung der Funktion wird Meta im Hintergrund sicherlich erheben und für eigene Zwecke nutzen. Die Inhalte der Kanäle sind, anders als die privater WhatsApp-Gruppen, nicht verschlüsselt. Das ist auch nicht sinnvoll, denn Kanäle sind grundsätzlich öffentlich. (jam@ct.de)

c't erscheint ab sofort bereits am Freitag

Alle 14 Tage erschien die c't bisher am Samstag. Am sogenannten Erstverkaufstag (EVT) liegt jeweils das neue gedruckte Heft im stationären Handel. Abonnenten bekamen ihr Exemplar in der Regel bereits am Freitag, sofern die Post auf dem Weg nicht mit außerplanmäßigen Hindernissen zu kämpfen hatte. Auch in den digitalen Kanälen, also in der c't-App und im Browser, konnten Sie die Ausgabe als Abonnement schon ab Freitagmorgen lesen.

Im Jahr 2024 verschieben wir den Zeitplan um einen Tag nach vorne: Der Erstverkaufstag ist auf den Freitag gerückt. Die Ausgabe 3, die Sie gerade lesen, hat den 26.1. als EVT. Bestenfalls finden Abonnenten ihre Ausgabe bereits am Donnerstag im Briefkasten und alle Digitalabonnenten können ebenfalls am Donnerstag die neue c't lesen. (jam@ct.de)



Ab Ausgabe 3 liegt die c't schon am Freitag im Handel. Digital erscheint sie bereits am Donnerstag.

MICHAEL WEIGEND

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

— KAPIEREN & PROGRAMMIEREN —
— VISUELL LERNEN & VERSTEHEN —

mit Illustrationen und Projekten zum Experimentieren



mitp

Auch als E-Book oder Bundle in unserem Shop erhältlich:
www.mitp.de/0652

BJARNE STROUSTRUP

Eine Tour durch C++

Der praktische Leitfaden für modernes C++



mitp

Die neuesten Sprachfeatures im Überblick
Verfasst vom Entwickler von C++
Übersetzung der 3. Auflage

Auch als E-Book oder Bundle in unserem Shop erhältlich:
www.mitp.de/0625

DAVID FARLEY

MODERNES SOFTWARE ENGINEERING

Bessere Software schneller und effektiver entwickeln



mitp

Auch als E-Book oder Bundle in unserem Shop erhältlich:
www.mitp.de/0634

Zum Hin- und Durchgucken

Neue Displays für 2024 von der IT-Messe CES

Winzige LEDs und transparente organische Schichten ziehen die Blicke auf sich. Auf dem Holodeck ist es dagegen immer noch dunkel.

Von Ulrike Kuhlmann

Samsung rückte auf der CES einen Vorteil von LED-Displays in den Fokus, nämlich ihre mögliche Transparenz. Weil die Leuchtdioden derart klein sind, bedecken sie kaum Fläche auf dem Substrat, die LED-Displays erreichen deshalb laut Samsung eine Transparenz von 98 Prozent; OLEDs bleiben demnach unter 60.

Mikro-LEDs nutzen winzige Leuchtdioden als Pixel und vereinen die Vorteile von OLEDs und LCDs: Sie sind deutlich heller als diese, sehr farbstark, blickwinkelunabhängig und extrem flink. Aber: Die Produktion von Mikro-LED-Displays ist teuer. Die winzigen Dioden werden üblicherweise auf 6 oder 8 Zoll kleinen Wafern

gefertigt, von dort auf randlose Module übertragen und die Fernseher aus mehreren LED-Modulen zusammengesetzt. Der von Samsung in Las Vegas gezeigte transparente LED-Schirm war von einer Serienfertigung weit entfernt.

LG ergänzt seine Modellpalette um den durchsichtigen, drahtlos angebundenen OLED-Fernseher Signature T. Das 77-zöllige Display ist fest in ein schwarzes Metallregal integriert und von transparent auf opak umschaltbar. Allerdings nicht digital, sondern indem direkt hinter dem Panel ein schwarzer Rollladen hochfährt. Dadurch wird die Darstellung deutlich kontraststärker, was sich fürs Videoschauen empfiehlt. Im etwas dickeren Regalbrett unter dem durchsichtigen Bildschirm sitzen die Videoelektronik, das Netzteil und die Downfire-Lautsprecher. LG will den Signature T im Laufe des Jahres in den Handel bringen – Preis noch unbekannt.

OLED mattiert

Alle organischen TV-Displays spiegeln üblicherweise merklich. Zur CES stellte Samsung mit seiner Modellreihe S95D nun erstmals mattierte OLED-TVs vor. Der Vorteil: Lampen oder helle Objekte zeichnen sich nicht mehr 1:1 am Schirm ab. Im Gegenzug hellt sich der Bereich um die Lichtreflexion etwas auf, er erhält quasi einen Hof.

Auch Samsungs neue Gaming-Monitore mit OLED-Display erhalten die mattierte Oberfläche. Man wird die Mattierung aber nicht unbedingt in anderen Monitoren und TVs mit QD-OLED-Panel finden, weil die Produktion aufwendig ist.

Hologramme

Ein echtes Hologramm besteht aus Punktewolken, die frei im Raum schweben und so ein von allen Seiten beschau- und beherrschbares Objekt darstellen. Doch bis man über ein echtes Holodeck spazieren kann, muss man sich mit Displays begnügen, die zwar holografisch genannt werden, es ist in 99 Prozent der Fälle aber nicht so.

Auch auf der CES fanden sich solche holografischen Displays. Die Firmen Ho-

loconnects und Proto zeigten jeweils eine gut 2,20 Meter hohe und 70 Zentimeter tiefe Box, in der man zum Beispiel aus der Ferne auf Konferenzen Vorträge halten kann. Dazu erstellt man ein gut ausgeleuchtetes 2D-Video vor einer weißen Fläche und streamt es über die Cloud per App drahtlos an die Box oder speichert es darin.

Das Funktionsprinzip ist simpel: Die Glasfront besteht aus einem transparenten LCD mit Touch-Overlay. Dahinter dringt Licht aus dem Leuchtkasten durch das LCD zum Betrachter und ersetzt so das LED-Backlight. LC-Displays sind durchsichtig, sofern man das Backlight entfernt und die Videoelektronik sowie das Netzteil auslagert. Da stets 50 Prozent des Lichtes an den Polarisatoren und 30 Prozent an den Farbfiltern verloren geht und weiteres Licht von den Leitungen und Pixeltransistoren abgeschirmt wird, erreichen sie eine Transparenz von unter 10 Prozent. Entsprechend hell muss das Backlight beziehungsweise hier die Lichtbox leuchten.

Sowohl Holoconnects als auch Proto nutzen ein 86-zölliges LC-Display (2,20 Meter Diagonale) mit 4K-Auflösung und 3840 × 2160 Pixeln. Den 3D-Effekt erzeugen beide per Bildbearbeitung: Die Person oder das in der Box gezeigte Objekt wirft im Video einen Schatten und schwimmt etwas über dem Boden, dadurch sieht es so aus, als würden sie in der Mitte der Lichtbox stehen. Der 3D-Effekt verstärkt sich aus einem Betrachtungsabstand, direkt vor der Box verschwindet er. Eine echte 3D-Darstellung bieten beide Boxen nicht, und erst recht keine holografische. Dennoch wirkte der räumliche Effekt überraschend gut.

Proto veranschlagt für das 86-zöllige Epic-Display 50.000 Dollar, bei Holoconnects werden für die Holobox 39.000 Euro fällig. Beide Unternehmen haben auch eine kleine Variante ihrer Displays parat.

(uk@ct.de) ct



Die Holobox von Holoconnect erzielt die 3D-Darstellung auf dem 2D-Front-LCD durch geschickten Schattenwurf.

Video Holobox, transparentes OLED:
ct.de/y7wc

Seagate startet Serienproduktion von HAMR-Festplatten

30 TByte und mehr fassen HAMR-Festplatten der ersten Generation, die Seagate bald in größeren Stückzahlen ausliefert. Die Technik beeindruckt.

Heat Assisted Magnetic Recording, kurz HAMR, gilt als die Zukunftstechnik für Festplatten mit Kapazitäten über 30 TByte. Ein Laser im Schreibkopf erhitzt dabei kurz vor dem Beschreiben einen winzigen Punkt auf der Magnetscheibe kurzfristig auf eine Temperatur von rund 450 °C. Damit sinkt die zur Magnetisierung notwendige Feldstärke, der Kopf kann kleiner ausfallen und die Fläche zur Speicherung eines Bits sinkt.

Seagate setzt Miniatur-Laser mit einer Wellenlänge von einigen hundert Nanometern ein, eine einzelne Spur ist bei den aktuellen Modellen jedoch gerade mal noch 40 Nanometer breit. Der Laserstrahl muss darauf fokussiert werden, um keine anderen Spuren zu erhitzen und deren Magnetisierung zu schwächen. Seagate nutzt zur Fokussierung einen sogenannten Photontunnel, der den in früheren Versionen genutzten Near Field Transducer ablöst.

Die Scheiben der HAMR-Platten haben eine Eisen-Platin-Beschichtung mit einer Supragitterstruktur; der Lesekopf fischt mittels Two Dimensional Magnetic Recording (TDMR) die Signale aus dem

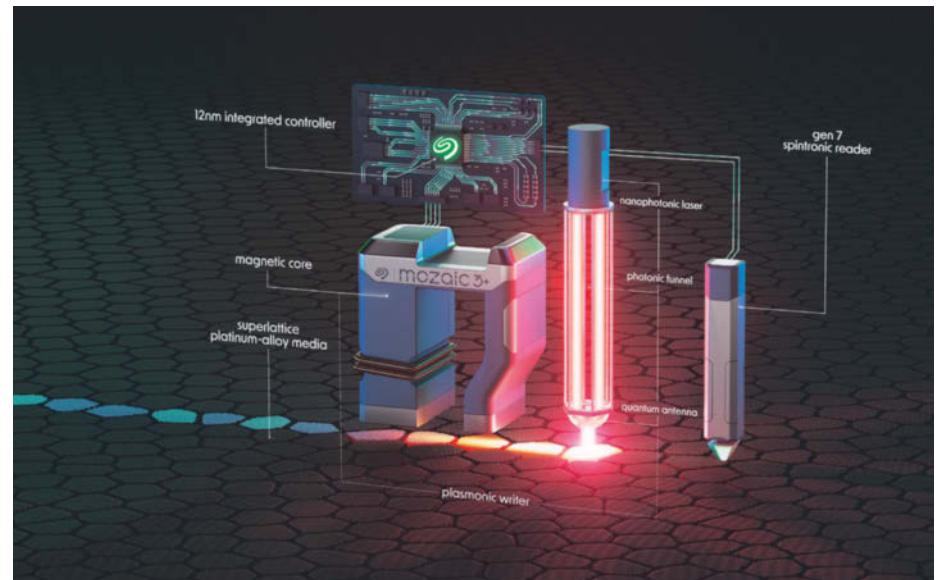


Bild: Seagate

Miniatur-Laser im Schreibkopf: Seagates HAMR-Laufwerke gehen in die Serienproduktion.

Rauschen heraus. Alles zusammen bezeichnet Seagate als Plattform Mozaic 3+, diesen Markennamen hatte sich das Unternehmen im vergangenen Jahr schützen lassen.

Mit der HAMR-Technik Mozaic 3+ sind nach Unternehmensangaben derzeit Scheiben mit einer Kapazität von 1,5 TByte pro Seite möglich, die Roadmap sieht Steigerungen auf 2 und später 2,5 TByte vor. Anders als bei früheren Laufwerken be-

schnidet Seagate die Kapazitäten nicht mehr auf „gerade“ Werte, sondern nutzt jeden funktionierenden Sektor einer Scheibe. Dadurch soll die Kapazität immer mindestens leicht über den genannten Werten liegen, der Hersteller bezeichnet dies durch ein Pluszeichen. Ende des ersten Quartals will Seagate 30+-Laufwerke an seine Großkunden ausliefern, Modelle mit 40+ und 50+ TByte sollen in den kommenden Jahren folgen. (ll@ct.de)

Serverkühlung ohne Luft und Wasser

Serverprozessoren und KI-Beschleuniger verwandeln immer mehr elektrischen Strom in Abwärme. Das nehmen Entwickler in Kauf, um Rechenleistung und Effizienz zu steigern, aber man braucht leistungsfähigere Kühlsysteme.

Kühlung mit elektrisch leitendem Wasser kann jedoch zu teuren Schäden führen. **ZutaCore HyperCool kühl mit nichtleitendem 3M Novec 7000.** Dieser Fluorkohlenwasserstoff siedet bei 34 Grad Celsius, weshalb die Flüssigkeit in den Kühlern auf den Prozessoren verdampft und gasförmig in den Wärmetauscher zurückfließt. Durch die hohe Ver-

dampfungsenergie führt ein Kühler bis zu 1500 Watt ab.

Ein Wärmetauscher gibt die Wärme an Luft oder Wasser weiter. So lässt sie sich weiter nutzen, etwa als Fernwärme. HyperCool kühlt nur die größten Wärmequellen der Server, die Prozessoren. Die Lüfter für Netzteile, RAM und andere Chips können viel langsamer drehen, was Energie spart. ZutaCore kooperiert unter anderem mit AMD, Intel, Dell, Asus, Gigabyte, Rittal und Equinix. Das laut ZutaCore „niedrige“ Treibhauspotenzial (GWP) von Novec 7000 beträgt das 370-Fache derselben Menge CO₂. (ciw@ct.de)

Plextor ist verschwunden

Der ehemals als Hersteller von CD-Brennern bekannt gewordene japanische Hersteller **Plextor existiert nicht mehr**. Zuletzt hatte das Unternehmen sein Glück mit SSDs versucht.

Plextor war 2010 an den SSD- und Laufwerkshersteller Lite-On gegangen, 2020 übernahm Kioxia Lite-On und damit auch Plextor. Seit Ende vergangenen Jahres leitet die Plextor-Website Besucher bereits an SSSTC weiter, eine Enterprise-Sparte von Kioxia. Darüber sollen Kunden auch Garantieansprüche abwickeln können. (ll@ct.de)

Triangel-Crescendo

Nachkarten um gestoppte Cyberattacke auf iPhones

Eine Kontroverse unter Security-Spezialisten versetzte Anfang Januar vor allem Schnellschuss-medien in Aufregung, denn einiges deutete darauf hin, dass Apple in iPhones und iPads eine Hintertür für die Spionage eingebaut haben könnte.

Von Dušan Živadinović

Die Cyberattacke „Operation Triangulation“ gilt für die meisten iPhone-Nutzer als beendet, denn Apple hat die zugrundeliegenden Lecks längst geschlossen. Seit vermutlich 2019 hatten Unbekannte vier schwerwiegende Lecks in iOS bis Version 15.7 ausgenutzt, um „tausende russischer Geheimnisträger und Mitarbeiter von Botschaften in Russland“ auszuspionieren (siehe ct.de/yhqx).

Die Firma Kaspersky hatte den Angriff auf Geräten ihrer eigenen Mitarbeiter entdeckt und im Juni 2023 publik gemacht; Apple stopfte die Lücken mit Updates (iOS 15.7.7 und 16.5.1 sowie iPadOS 15.7.7 und 16.5.1) – so weit, so gut.

Doch Ende 2023 brachte Kasperskys Mitarbeiter Boris Larin die Attacke auf dem Chaos Communication Congress 37C3 wieder ins Rampenlicht. Larin und Kollegen hatten viele Mechanismen ent-

schlüsselt (ct.de/yhqx). Nur die vierte Methode, mittels der die Malware Schreibrechte für eigentlich hardwaregeschützte Speicherbereiche des Apple-Chips erlangt, machte ihnen Kopfschmerzen: Die Methode war so komplex und setzte so viele Kenntnisse voraus, dass Larin und Kollegen viel mehr als nur einen Bug darin sahen. Zudem verstanden sie nur einen Teil dieses Exploits.

Daher baten sie die Öffentlichkeit um Erklärungsmöglichkeiten und schon prasselte es Mutmaßungen: Die Umgehung des Schreibschutzes sei derart aufwendig, dass Apple davon gewusst haben müsse. Einige Security-Spezialisten, darunter Steve Gibson, sind sogar der Überzeugung, dass Apple die Hintertür vorsätzlich für US-Behörden eingebaut hat. Russische Stellen hatten das Apple bereits im Sommer 2023 vorgeworfen.

Geheimer Hash-Algorithmus

Im Detail geht es um undokumentierte Hardwareregister und um Prüfsummen (Hashes) beim Schreibvorgang. Man könne den von Apple eingebauten Speicherschreibschutz nur dann umgehen, wenn man den Hash-Algorithmus kennt. Doch Larin und Mitforscher fanden in Entwicklerunterlagen von Apple, ARM und sonstigen Quellen keine Spur eines solchen Algorithmus – ergo müsse es ein spezieller, geheimer Algorithmus sein, was die These untermauert, Apple müsse davon gewusst haben.

Apple teilte jedoch mit, das Unternehmen habe „noch nie“ mit einer Regierung zusammengearbeitet, um Hintertüren in Apple-Produkte einzubauen und werde das auch künftig nicht tun.

Parallel zu Security-Experten diskutierten den Sachstand einige Hardware-spezialisten. Die klarsten Hinweise auf den Charakter des Lecks lieferte dabei Hector Martin. Martin tüftelt an Linux-Projekten und hat unter anderem Boot-Loader und hardwarenahe Treiber geschrieben, um Asahi Linux für Macs mit M-Chips anzupassen.

Er hält die Umgehung des Schreibschutzes (Page Protection Layer bypass) für eine „erratbare Blackbox“ und um ihre Arbeitsweise zu enträteln, müsse man nur wissen, dass es sie gibt und den ungefähren Adressbereich der Register kennen. Hinweise könnten die Angreifer von Dritten erhalten, aber auch selbst ermittelt haben, denn Apple sei nicht gut darin, Dinge geheim zu halten, wenn man weiß, wo man suchen muss.

Beim Hash-Algorithmus handelt es sich tatsächlich nur um Error Correction Code (ECC, siehe auch Hamming-Code), so Martin weiter. Er habe diesen schon beim Hacken der Spielekonsole Nintendo Wii selbst getippt. Da die Malware direkt in Cache-Debug-Register schreibt, muss sie auch die ECC-Bits selbst liefern.

Alle wesentlichen Mechanismen könne man erraten, etwa die Bedienung der Register. Die eigentliche Frage sei, wie Angreifer erfahren haben, wonach sie suchen sollen. Unter anderem könnte Apple selbst ungewollt Hinweise veröffentlicht haben, etwa in Unterlagen zu PowerVR-Techniken (einst Teil der GPU-Funktionen).

Womöglich haben die Angreifer aber auch nur genau hingeschaut, wie die Tools von Martin und Mitstreitern arbeiten. Zum Beispiel steckt im Linux-Bootloader m1n1 eine Funktion, deren Konzept sich in der Malware „Operation Triangulation“ wiederfindet.

(dz@ct.de) ct

Infos zu Operation Triangulation:
ct.de/yhqx



OpenTofu wird produktionsreif

Der Terraform-Fork OpenTofu ist in Version 1.6 erschienen und soll jetzt Aufgaben des Infrastruktur-Werkzeugs Terraform übernehmen können.

Die Entwickler von OpenTofu, einem Terraform-Fork unter dem Dach der Linux-Foundation, haben OpenTofu 1.6 veröffentlicht. Admins nutzen IaC-Werkzeuge (Infrastructure as Code) wie Terraform und OpenTofu, um Infrastruktur bei Cloudprovidern wie Amazon Web Services, Google Cloud oder Microsoft Azure anzulegen und zu verwalten.

Kuba Martin, der vorübergehende technische Leiter des Projekts, bezeichnet das Release in der Ankündigung im OpenTofu-Blog als erste stabile Version, die reif für den Produktiveinsatz sei. OpenTofu 1.6 ist kompatibel mit Terraform 1.6. Auf der OpenTofu-Website (siehe ct.de/yzmr) findet man eine Anleitung, wie man seinen Terraform-Code an OpenTofu übergibt und

die Änderung wieder rückgängig macht, sollte etwas schiefgehen. Beispielsweise findet sich noch nicht für jeden Terraform-Provider und jedes Terraform-Modul eine Entsprechung in der OpenTofu-Registry.

Für die kommende Version OpenTofu 1.7. planen die Entwickler neue Features wie die clientseitige Verschlüsselung von State-Files, die es so noch nicht in Terraform gibt. Das lässt darauf schließen, dass sich Terraform und OpenTofu in künftigen Versionen weiter voneinander entfernen.

HashiCorp hatte sein IaC-Tool Terraform im vergangenen Jahr unter die Business Source License 1.1 (BSL) gestellt. Als Reaktion forkte OpenTofu (vormals OpenTF) die Software und entwickelt sie jetzt unter der ursprünglichen Lizenz MPL 2.0 (Mozilla Public License) weiter.

(ndi@ct.de)

OpenTofu-Website mit Migrationsanleitung: ct.de/yzmr

Linux 6.7 führt bcachefs ein

Linus Torvalds hat den Linux-Kernel 6.7 freigegeben, der **erstmals das Dateisystem bcachefs enthält**. Das neue Dateisystem ist bislang noch als „experimentell“ markiert, verspricht aber vom Design her, besonders robust und zuverlässig zu sein. Es bietet Features wie Copy-on-Write, Snapshots, Caching, Prüfsummen und geteilte Dateisysteme für virtuelle Maschinen. Damit tritt bcachefs in Konkurrenz zu den etablierten Dateisystemen Btrfs und ZFS.

Außerdem lässt Linux 6.7 sich nicht mehr für die IA64-Prozessorarchitektur bauen. Die 32-Bit-Emulation können Nutzer jetzt über den Kernel-Kommandozeilenparameter `ia32_emulation=false` deaktivieren. Der Nouveau-Treiber kann jetzt mittels GSP-Firmware Nvidia-Grafikkarten der 20xx-Generation und neuer initialisieren.

(ndi@ct.de)

Microsofts Cloud und Entra ID

Reale Angriffe verstehen und verhindern

Webinar am 7. Februar 2024

Entra ID aka Azure AD ist das Herzstück der sicheren Nutzung der Microsoft Cloud. Dieses Webinar zeigt die Schwachstellen auf und hilft Ihnen, sie zu überwinden.

Themenschwerpunkte:

- Zusammenhang zwischen Azure, Microsoft 365, Entra und Entra ID
- Authentifizierung gegenüber Entra ID
- Typische Angriffstechniken und Bedrohungen
- Konkrete Maßnahmen für mehr Sicherheit und Resilienz

 **heise Security**



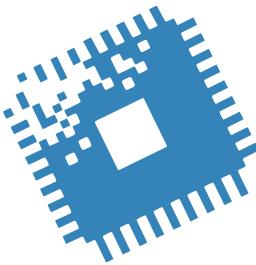
Jetzt Ticket sichern:

heise-academy.de/webinare/microsoft_entraid



Bit-Rauschen

Softwaremurks bremst Hardware aus



Neues Produkt, uraltes Problem: Die Hardware ist fertig, nicht aber die Software. AMD feiert einen KI-Erfolg und ein vermeintlich chinesischer 5-Nanometer-Chip stammt eigentlich aus Taiwan.

Von Christof Windeck

Seit Jahren betonen Chiphersteller, dass der Aufwand für die Softwareentwicklung für ihre Produkte immer weiter steigt. Manche behaupten sogar, mehr Entwicklerstunden in Firmware, Treiber und Bibliotheken zu stecken als in die eigentliche Hardware. Denn immer mehr Transistoren und Funktionen auf dem Chip brauchen auch immer mehr spezifische Softwareanpassungen.

Obwohl dieser Zusammenhang seit Jahrzehnten bekannt ist, scheitern Firmen bis heute immer wieder genau daran. Selbst renommierte Marken schießen sich mit Anlauf ins eigene Knie. Das zeigt aktuell etwa ein Beitrag der Notebookmarke Schenker bei Reddit zum KI-Rechenwerk AMD Ryzen AI (siehe ct.de/yff9). Demnach hat

AMD bisher schlichtweg die nötige Software nicht fertig. Trotzdem posaunte CEO Lisa Su schon vor mehr als einem Jahr heraus, AMD übernehme bei KI-Einheiten in x86-Prozessoren die Führung.

Bei Intel läuft es jedoch nicht besser, Beispiel: die 2022 neu vorgestellten Arc-Grafikchips. Jahrelang trommelte Intel für den Einstieg in den GPU-Markt als Dritter im Bunde mit Nvidia und AMD. Als Arc A770 und A750 dann erschienen, waren die Grafiktreiber noch so schlecht, dass Intel keine Testmuster an die Presse schickte. Dabei ist Intel gebranntes Kind: Schon beim 2009 vorgestellten Atom Z500 mit zugekaufter PowerVR-GPU waren die Grafiktreiber eine Katastrophe.

Auch das von Microsoft und Qualcomm vorangetriebene Projekt von Windows auf ARM-Notebooks scheitert bisher an grottiger Software. Apple zeigt mit den MacBooks mit M-Chips und macOS umgekehrt, wie es viel besser geht. Die deutlich niedrigeren Akkulaufzeiten auf MacBooks mit Asahi Linux sind ein weiteres Indiz dafür, wie wichtig genau abgestimmte Software ist.

Bei AMD geht es immerhin gemächlich voran: Forscher haben auf dem Exaflops-Supercomputer Frontier mit AMD-Technik ein KI-Sprachmodell (Large Language Model, LLM) mit 1 Billion Parame-

tern effizient trainiert. Dabei nutzten sie weniger als 10 Prozent der rund 37.000 Instinct-MI250X-Rechenbeschleuniger. Das ist ein schöner Erfolg für AMD und könnte endlich eine größere Attacke auf die fetten Nvidia-Pfründe einleiten.

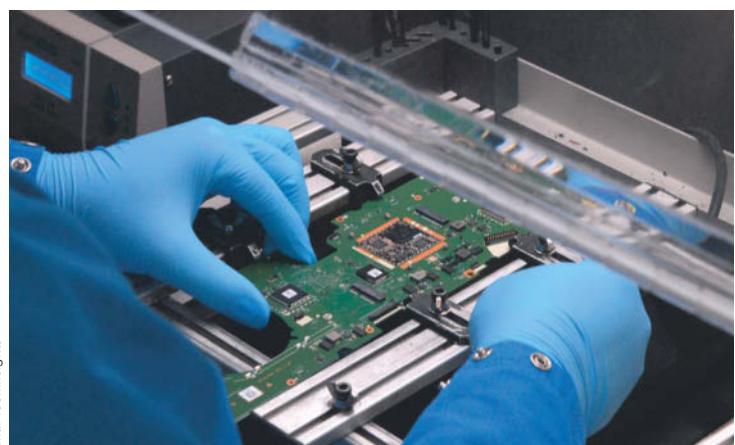
Taiwan, nicht China

Vor einigen Wochen erregte der 7-Nanometer-Smartphoneprozessor Kirin 9000S der Huawei-Sparte HiSilicon große Aufmerksamkeit. Denn er wurde in der Volksrepublik China gefertigt vom dort größten Chip-Auftragsfertiger SMIC. Ende Dezember schien es dann, als sei SMIC sogar noch weiter, denn der Kirin 9006C aus dem Huawei-Notebook Qingyun L540 gehört sogar zur 5-Nanometer-Klasse. Die Experten von TechInsights haben nun den Chip ausgelöst und untersucht. Ergebnis: Er wurde schon 2020 – also vor der Verschärfung von US-Sanktionen gegen Huawei – von TSMC in Taiwan produziert. Im Herbst 2020 hatte Huawei das Smartphone Mate 40 Pro mit Kirin 9000 aus der TSMC-Fertigung N5 vorgestellt, der wie der jetzt untersuchte Kirin 9006C unter anderen vier CPU-Kerne vom Typ Cortex-A77 hat.

Damit SMIC beziehungsweise China bei der Fertigung kleinerer Halbleiterstrukturen nicht noch schneller vorankommt, drängen die USA auf immer schärfere Sanktionen. Die niederländische Regierung zog kürzlich sogar bereits erteilte Exportlizenzen für Lithografiesysteme der Firma ASML zurück. Laut ASML ging es aber nur um wenige Maschinen der Typen TwinScan NXT:2050i und NXT:2100i für „Deep Ultraviolet“ (DUV), also mit den schon seit vielen Jahren verwendeten Argonfluoridlasern. Doch das macht es für chinesische Firmen schwieriger, feine Strukturen von 5 Nanometer und weniger zu belichten. Und der ASML-Aktienkurs bekam auch eine kräftige Delle. Doch auch wenn sich die Niederländer ungern von der US-Regierung in die Suppe spucken lassen, geht es bei ASML grundsätzlich weiter bergauf.

Apple wiederum ärgerte die CES-Aussteller: Noch vor dem Startschuss der IT-Messe in Las Vegas wurde verkündet, dass die Datenbrille Vision Pro ab 2. Februar in den USA zu haben sein soll. Das stellte viele andere Neuheiten in den Schatten. Wird sie tatsächlich das „Next Big Thing“? (ciw@ct.de) 

Reddit-Beitrag zu Ryzen AI: ct.de/yff9



Ein Experte von TechInsights zerlegt das Huawei-Notebook Qingyun L540, um den 5-Nanometer-Chip Kirin 9006C zu entnehmen. Das Mikroskop soll klären, wer ihn gefertigt hat.



WIR TEILEN KEIN HALBWISSEN WIR SCHAFFEN FACHWISSEN



26.02.



KI für den Unternehmenseinsatz – vertraulich und sicher

Das Webinar stellt verschiedene Konzepte vor, KI im Unternehmen zu nutzen und vergleicht diese in Hinblick auf Technik, Kosten und Datenschutz.



13.03.+ 20.03.
+ 27.03.



Datenschutz in Arztpraxen

Das Webinar beleuchtet in drei Sitzungen die wichtigsten Themen aus dem Telematik- und Datenschutz-Alltag einer Arztpraxis und gibt konkrete, praktische Tipps.



14.03.



WordPress für Einsteiger

Der praxisorientierte Workshop richtet sich an Neu- und Quereinsteiger in WordPress und bietet eine grundlegende und fundierte Einarbeitung in die aktuelle Version des populären CMS.



10.04.



Einführung in GitLab

Der Workshop bietet einen Einstieg in den Betrieb einer eigenen Gitlab-Instanz. Sie lernen GitLab initial aufzusetzen, sowie Ihre Instanz zu konfigurieren und an eigene Anforderungen anzupassen.



17.04.+ 24.04.



CI/CD mit GitLab

Der zweitägige Workshop bietet eine praktische Einführung in die GitLab-CI-Tools und zeigt, wie man damit Softwareprojekte baut, testet und veröffentlicht.



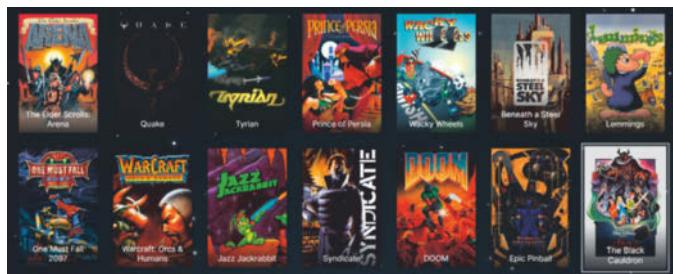
07.05.



Kluge Strukturen für Microsoft 365 entwickeln

Lernen Sie in dem Workshop, wie Sie gemeinsam mit Ihrem Team Leitlinien entwickeln, um in Zukunft das volle Potenzial für die Zusammenarbeit auszuschöpfen.

Sichern Sie sich Ihren Frühbucher-Rabatt:
heise.de/ct/Events



Spieleklassiker im Browser

dosdeck.com

brickception.xyz

Lust auf einen Nostalgiereise mit einer Runde Doom, Prince of Persia oder Commander Keen in der klassischen DOS-Version? Dann auf zu **DOS_deck!** Die Site macht solche Klassiker im Browser spielbar. 21 Spiele stehen auf der Plattform bereit. Sie sollen sich laut den Betreibern problemlos mit Chrome und Edge unter Windows, Safari unter macOS sowie via Steam Deck zocken lassen.

Wie man einen Klassiker mit den Mitteln eines Browsers neu interpretiert, zeigt **Brickception** auf eindrucksvolle Weise. Denn man spielt es gleich auf zwei Ebenen: In einem kleinen Pop-up-Fenster läuft das bekannte Spiel. Das Fenster selbst wiederum fungiert als Schläger einer zusätzlichen Brickout-Runde im Hauptfenster. Bewegt man den Schläger in einem Spiel, bewegt er sich ebenso im anderen - knifflig! (jo@ct.de)

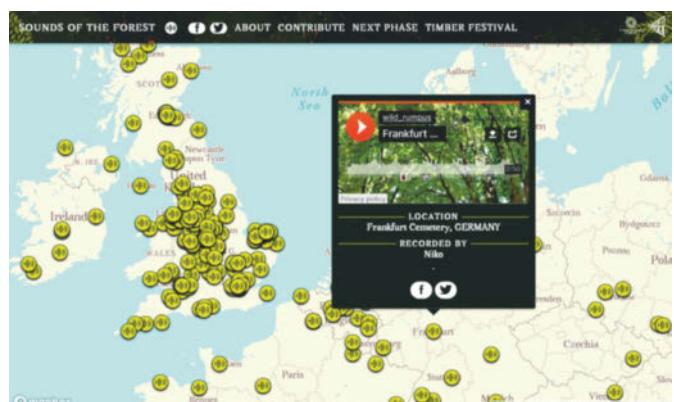
Natur auf Abruf

timberfestival.org.uk/soundsoftheforest-soundmap

naturemixer.com

sunset.funwebsite.fun

Wild Rumpus CIC ist ein soziales Unternehmen, das die Verbundenheit der Menschen mit der Natur fördern will. Eines seiner Projekte nennt sich **Sounds of the Forest** – eine Online-karte mit Tonaufnahmen aus Wäldern auf der ganzen Welt. Per Mausklick versetzt man sich dort akustisch in den kanadischen Assiniboine Forest, ins kenianische Maasai Mara National Re-



serve oder in Dutzende weitere Wälder. Die Klangdateien stehen unter einer offenen Lizenz. Jeder kann Soundsamples aus einem Wald seiner Umgebung beisteuern.

Beim **Nature Mixer** des Fotografen Phil Mosby geht es ebenso um Naturerlebnisse. Die Website hält 38 ruhige, atmosphärische, das Browserfenster füllende Naturvideos bereit, die mit jeweils einer Handvoll Sounds hinterlegt sind. Videoszenen und Audiodateien lassen sich nach Belieben mixen – eine angenehme Ruhepause für Augen und Seele.

Apropos: Die Website **Eternal Sunset** beamt einen rund um die Uhr zum Sonnenuntergang. Sie zeigt Live-Streams von Orten, an denen gerade die Sonne untergeht. Nicht alle Plätze sind schön. Manchmal landet man auf einer viel befahrenen Küstenstraße und an manchen gestreamten Orten ist die Sonne bereits untergegangen. Dennoch: Der Mini-Eskapismus macht neugierig und hilft, auf andere Gedanken zu kommen. (jo@ct.de)

Web-Multitools

mdigi.tools

tinywow.com

omatsuri.app

tiny-helpers.dev

undesign.learn.uno

Ein Bild beschneiden, einen Farbwert von RGB- in Hex-Codierung umrechnen oder JSON-Dateien zu CSV konvertieren: Das lässt sich schnell im Browser erledigen, zum Beispiel mit den **Micro Digital Tools**. Die Website hält ein paar Dutzend kostenloser Werkzeuge bereit, die je eine Aufgabe erledigen.

Sie ist aber nicht das einzige Multitool dieser Art. Auch das bereits in c't 3/2023, Seite 48 ausführlich vorgestellte TinyWow bietet diverse nützliche Helferlein, etwa für die Text- und PDF-Bearbeitung sowie die Audio- und Videokonvertierung. **Omat-suri** und **Tiny Helpers** dagegen sind eher auf die Belange von Webentwicklern ausgerichtet. Und **Undesign** richtet sich an „Maker, Entwickler und Designer“.

Trotz ihrer Namen sind TinyWow oder die Tiny Helpers alles andere als tiny, also klein. Beide Sammlungen umfassen Hunderte Tools. Das gilt auch für Undesign. Tiny Helpers und Undesign betreiben im Unterschied zu den anderen drei Sites keine eigenen Werkzeuge. Bei ihnen handelt es sich vielmehr um gut sortierte Verzeichnisse von Webdiensten. (jo@ct.de)

Diese Seite mit klickbaren Links: ct.de/y4mk

NEUE LOCATION!



AM NÜRBURGRING

09. -

11.04. 2024

PROGRAMM JETZT ONLINE

JETZT TICKETS SICHERN!



10TH
ANNIVERSARY

Präsentiert von:



DOAG

Heise Medien

Veranstalter:





Luftumzug

Vodafone will ohne Leistung kassieren

Wer umzieht, hat gegenüber seinem Internetprovider ein Sonderkündigungsrecht, wenn dieser an der neuen Adresse die bisherige Leistung nicht erbringen kann. Vodafone hat dabei mitunter Schwierigkeiten zum Nachteil des Kunden.

Von Tim Gerber

Michael S. hatte in seiner Wohnung im Münchner Stadtteil Laim einen Internetanschluss über TV-Kabel des Providers Vodafone. Als im Sommer ein Umzug nach Schwabing anstand, kündigte er den Vertrag zu Mitte Juli, weil nach Auskunft des neuen Vermieters in der dortigen Wohnung kein Kabelanschluss vorhanden war. Am 26. Juni antwortete Vodafone dem Kunden per E-Mail, dass an der neuen Anschrift sein bisheriges Produkt „Red Internet & Phone 1000 Cable“ verfügbar sei und deshalb kein Sonderkündigungsrecht bestehne. Falls er an seiner Kündigung festhalten wolle, werde man den Vertrag erst zum Ende der Laufzeit beenden.

Am selben Tage antwortete Michael S., dass er auf die Aussage Vodafones vertraue, an der neuen Anschrift dieselbe Leistung zu erbringen und er seine Kündigung deshalb zurücknehme. Er werde sich sodann mit dem von Vodafone mit der Herstellung des Anschlusses an der neuen Anschrift beauftragten Techniker in Verbindung setzen und einen Termin vereinbaren.

Der Techniker kam am 3. Juli und machte auf Michael S. einen kompetenten Eindruck. Er war auch mit den notwendigen Schlüsseln für die Technikräume in der mehrere Wohnhäuser umfassenden Anlage ausgestattet. Doch an den TV-Kabeln für das Haus, in welchem die Wohnung des Kunden lag, konnte der Techniker kein brauchbares Signal messen. Das hatte Michael S. zuvor schon aufgrund der Angaben des Vermieters vermutet und durch eigene Versuche bestätigt, einen Fernseher an die Kabelbuchsen anzuschließen.

Außer Spesen ...

Nachdem der Techniker also unverrichteter Dinge wieder abziehen musste, schrieb Michael S. eine ausführliche E-Mail an

Vodafone, berichtete von dem ergebnislosen Termin, über den auch der Techniker noch einen Bericht fertigen werde. Der Bericht sollte dem Provider spätestens nach zwei bis drei Arbeitstagen zukommen.

Aufgrund der Umstände gehe er davon aus, dass die ursprüngliche Kündigung seines alten Vertrages zum 15. Juli wirksam sei, da er sie infolge eines von Vodafone hervorgerufenen Irrtums zurückgenommen hatte. Er setzte dem Provider noch eine Frist bis zum 7. Juli, in der neuen Wohnung den Internetanschluss via Kabel herzustellen. Ansonsten gehe er von einem Vertragsende wie geplant zum 15. Juli aus.

Eine Reaktion seitens Vodafone erfolgte erst mit einem auf den 14. August datierten Brief, der dem Kunden einige Tage später erreichte. Darin bestätigte man ihm die Kündigung zum selben Tag, also zum 14. August. Offenbar hatte der Provider das Schreiben des Kunden vom 3. Juli als neue Kündigung betrachtet und den Vertrag also um einen weiteren Monat verlängert. Und wenige Tage später flatterte bei Michael S. eine Rechnung Vodafones vom 21. August herein, mit welcher der Provider sogar noch eine Umzugsgebühr von 40 Euro kassieren wollte, obwohl er einen Umzug des Internetanschlusses ja gar nicht hatte leisten können. Insgesamt befiehlt sich die Rechnung auf 67 Euro, den Betrag zog Vodafone per Lastschrift vom Bankkonto des Kunden ein.

Zurückgebucht

Das wollte Michael S. freilich nicht auf sich beruhen lassen, buchte die aus seiner Sicht unberechtigte Lastschrift zurück und schrieb dem Provider am 31. August einen längeren Brief, in welchem er den Vorgang nochmals schilderte und auf seinem Standpunkt beharrte, dass der Vertrag spätestens zum 15. Juli beendet sei.

Doch statt einer Entschuldigung schickte der Telekommunikationskonzern Michael S. am 12. September eine Mahnung. Besagte 67 Euro seien auf seinem Kundenkonto noch offen. Dazu wollte Vodafone nun noch eine Mahnpauschale von einem Euro von ihm haben.

Auf die Mahnung antwortete Michael S. sofort, legte dem Unternehmen abermals den Sachverhalt dar und verwies auf sein Schreiben vom 31. August. Doch auch darauf erhielt der Kunde keine Antwort.

Dafür kam am 24. Oktober ein zweites Mahnschreiben bei ihm an, in welchem Vodafone weitere Rücklast- und Mahngebühren forderte und ihm androhte, im Falle eines weiteren Ausbleibens der Zahlung ein Inkassounternehmen zu beauftragen und die Schufa zu benachrichtigen.

Zahlungsdruck

Derart unter Druck gesetzt wandte sich Michael S. noch am selben Tage an c't. Wir wandten uns am 15. November an die Pressestelle von Vodafone und baten um Prüfung, warum der Kunde trotz offenkundiger Fehler bei seinem Umzug weiterhin mit Rechnungen und Mahnungen behelligt worden war. Noch am selben Tag antwortete uns ein Sprecher des Konzerns, der Fall sei bereits abgeschlossen, man habe den Kunden bereits mit Schreiben vom 14. August mitgeteilt, dass man seine Sonderkündigung akzeptiere. Er werde in den nächsten Tagen eine Abschlussrechnung erhalten.

Tatsächlich erhielt Michael S. am selben Tag ein Schreiben des Kundenservice. Bei der Korrektur seiner Rechnung sei die Gutschrift der Umzugspauschale vergessen worden, wofür man sich entschuldigte.

Die noch offenen Forderungen seien inzwischen jedoch an das Inkassounternehmen Riverty Service GmbH abgegeben. Der Kunde solle sich nun mit diesem auseinandersetzen.

Doch das sah Michael S. nicht ein und fragte bei uns an, ob Vodafone überhaupt berechtigt war, seine Daten an das Inkassounternehmen weiterzugeben, obwohl man ja inzwischen eingeräumt hatte, dass die Rechnung fehlerhaft gewesen ist. Wir reichten diese Frage an die Pressestelle weiter und erhielten darauf umgehend eine Antwort des Konzernsprechers: „Die Einleitung des Mahn- und Inkassoverfahrens durch Vodafone beruht bei Herrn S. auf einen menschlichen Arbeitsfehler eines Sachbearbeiters.“ Der Fehler sei inzwischen korrigiert und das Mahn- und Inkassoverfahren eingestellt worden. Damit sei auch die Löschung der Daten durch den beauftragten Inkassopartner verbunden.

Die Aussage erinnert einmal mehr an einen bekannten Ausspruch der Bundeskanzlerin a.D. Angela Merkel: „Fehler können passieren, aber sie müssen rasch korrigiert werden.“ Wie das Beispiel von Michael S. zeigt, bekommen auch Konzerne Fehlerkorrekturen nicht so recht gebacken, wenn man keinen öffentlichen Druck auf sie ausübt. (tig@ct.de) ct



RIVERTY
BACK IN FLOW

Self-Service Portal: <https://de.flow.riverty.com>

Ihr Aktenzeichen
S. 27.6



Ihre aktuelle PIN

Achtung: Bei Anforderung einer neuen PIN wird die bisherige PIN ungültig!

Trotz fehlerhafter Rechnung von Vodafone sollte der Kunde Kontakt mit einem Inkassounternehmen aufnehmen.

Voll verlötet – aufgelöst



40 Jahre c't: Die Gewinner der Smart-Home-Heizungsthermostat-Sets stehen fest

Das Jubeljahr 2023 ist Geschichte, bleibt noch, das letzte Jubiläumsrätsel aus der c't 1/2024 aufzulösen und den glücklichen Gewinnern zu gratulieren.

Von Georg Schnurer

Zum Abschluss unserer Rätselreihe wollten wir unseren Leserinnen und Lesern eigentlich kein besonders kompliziertes Rätsel präsentieren: Es galt, die Unterschiede zwischen vier Bildern zweier Platinen zu entdecken. Doch was so einfach klingt, schien dann doch komplizierter zu sein, als wir ursprünglich geplant hatten. Die zu vergleichenden Bilder waren in zwei TIFF-Dateien untergebracht. Jede Datei enthielt die sofort sichtbare Ober-

seite der Platine und, als zweiten Layer, auch die zugehörige Unterseite. Um diese zu betrachten, musste man quasi durch die Oberseite hindurchsehen. Viele Bildbearbeitungsprogramme erkennen den versteckten zweiten Layer sofort, manche zeigen aber nur den Vordergrund-Layer an. Hier half dann unser Hinweis auf einen Fehler auf der Unterseite auf die Sprünge. Auch die üppige Dateigröße war verdächtig. Hier musste also noch mehr zu finden sein, auch wenn es das verwendete Programm das nicht sofort offenbarte.

Tatsächlich scheiterten viele dann doch bereits hier und entdeckten den zweiten Layer nicht. So konnten nur die neun Fehler auf der Platinenoberseite gefunden werden. Einige addierten dann noch den im Text erwähnten Fehler auf der Platinenunterseite hinzu, doch das reichte nicht, um dieses Rätsel zu lösen.

Verdreht und gestreckt

Wer die beiden Layer in den Dateien entdeckt und isoliert hatte, war aber noch nicht am Ziel: Damit hier ein einfacher Vergleich der Dateien via Compare-Software nicht sofort zum Ziel führte, hatten wir das Bild der fehlerhaften Platine leicht verdreht und obendrein etwas gedehnt und gestreckt. Zugegeben, eine kleine Manipulation, aber Ziel war ja zum Abschluss ein Rätsel mit nicht so hohem Schwierigkeitsgrad. Dennoch monierten einige Leser, dass es unter Linux nicht möglich sei, das Rätsel zu lösen. Den Gegenbeweis trat unter anderem Siegbert W. aus Syke an: Er arbeitet mit Linux Mint und nutzte das Tool Convert aus dem ImageMagick-Paket. Damit konnte er die beiden Layer in separate Dateien verschieben und danach mit Gimp so bearbeiten (drehen und skalieren), dass eine Ebenenüberlagerung mit Modus „Unterschied“ möglich war. Das Ergebnis hielt

er mit xfig fest und zählte anschließend die Unterschiede auf der Vorder- und Rückseite zusammen. Dabei unterlief ihm allerdings ein Fehler, denn er meldete 18 statt der deutlich erkennbaren 19 Unterschiede. Dennoch verdiente er sich mit der gut dokumentierten Beschreibung des Lösungswegs den Respekt der Redaktion, was ihm zwar einen Sonderpreis, je ein Exemplar der Sci-Fi-Kurzgeschichtenbände „Ausblendung. Wege in die virtuelle Welt“ und „Massaker in Rob-City“ einbrachte, aber leider nicht zur Teilnahme an der Verlosung berechtigte.

Einen interessanten Weg verfolgte Stefan O. aus Lotte: Nachdem ihm beim ersten Öffnen der beiden TIFF-Dateien jeweils nur die Vorderseite angezeigt wurde, beauftragt er kurzerhand Bing Chat, ihm ein Script für das ImageMagick-Tool convert zu generieren, das die Bilder in jeweils 24 Kacheln teilt. Das Ergebnis waren dann aber 72 Kacheln, die sich zu drei Bildern zusammensetzen ließen: Oberseite, Unterseite und ein leeres drittes Bild. Nach dem KI-Einsatz ging es dann mit Gimp zum manuellen Vergleich der Bilder. Leider unterlief Stefan O. bei der Ermittlung der Gesamtfehlerzahl dann doch noch ein Fehler, seine Mail schaffte es deshalb nicht in den Lostopf. Für einen Sonderpreis der Redaktion konnte er sich aber qualifizieren.

Der Dateityp TIFF deutete für Joachim S. auf unkomprimierte Rohdaten hin, was ihm im Kontext der Anforderung, Details zu entdecken, sinnvoll erschien. Die Tatsache, dass die Dateien circa 70 MByte groß sind, legte nahe, dass jemand (möglicherweise ein Zauberer) zusätzliche Bilddaten eingefügt hat. Also benötigte man wohl etwas Magie, um an die verborgenen Bilddaten zu kommen, vermutete der Leser. In der Konsole von ImageMagick liefern die Befehle `magick convert originalplatine.tif originalplatine.png` und `magick convert`



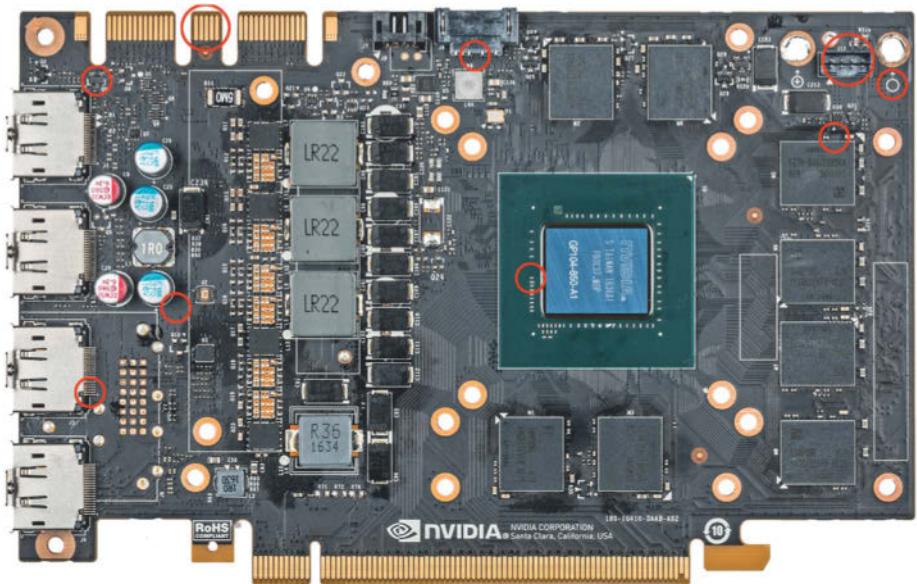
Auch in der letzten Rätselrunde verteilen wir wieder großzügig Sonderpreise in Form eines Buchpaketes mit Science-Fiction-Kurzgeschichten.

`fehlerhaftplatine.tif` fehlerhaftplatine.
png (nach erstaunlich langer Rechenzeit)
verlustfrei komprimierte PNGs, die neben
den offensichtlichen Oberseiten auch die
jeweilige Unterseite enthalten. Um die Dre-
hung und die Skalierung der beiden Plati-
nenbilder anzupassen nutzte Joachim S. die
affinen Transformationen „Translation“,
„Rotation“ und „Skalierung“. Als Bezugs-
punkte dienten dabei die vier Befestigungs-
löcher auf der Platine. Die korrigierten
Bilder präsentierte dann ein Java-Script
nacheinander in angemessener Geschwin-
digkeit – schon waren die 19 Fehler zu er-
kennen und Joachim S. staubte ob der aus-
führlichen Beschreibung des Lösungswegs
noch einen Sonderpreis der Redaktion ab.

Wege nach Rom

Nach einem anfänglichen manuellen Bild-
vergleich versuchte sich Daniel K. aus Bor-
ken an einer vollautomatischen Lösung.
Er nutzte die Software FME von Safe Soft-
ware, ein ETL-Programm, welches eigent-
lich speziell für Aufgaben aus dem Bereich
der Geoinformation verwendet wird. ETL
steht hier für Extract, Transform, Load
und ist ein Prozess, bei dem Daten aus
mehreren, gegebenenfalls unterschiedlich
strukturierten Datenquellen in einer Ziel-
datenbank vereinigt werden. In dem Paket
gibt es viele Werkzeuge für den Umgang
mit Rasterdaten. Im ersten Anlauf ver-
suchte Daniel K., die Bohrungen der Pla-
tine zu identifizieren und diese überein-
ander zu legen. Die Löcher sind jedoch
nicht sehr präzise und rund, daher war das
Ergebnis nicht optimal.

Besser funktionierte der Ansatz, aus
den beiden Fotos jeweils eine ausgerich-
tete Boundingbox der Platine zu extrahie-
ren, aus den vier Eckpunkten jeweils Vek-
toren zu bilden und damit eine affine
Transformation auszuführen. Das Ergeb-
nis war aber noch nicht präzise genug,
weshalb er noch eine weitere Korrektur
des Fehlerbilds mit einem Transformer
(RasterRegisterer) durchführte. Dieser
versuchte, über weitere affine Transfor-
mationen den Fehler zwischen den beiden
Bildern iterativ zu minimieren. Die so er-
zeugten Zwischenbilder wurden dann mit
ImageMagick Compare und einem Fuzz-
Wert von zehn Prozent miteinander ver-
glichen. Das Ergebnis sieht ganz passabel
aus, die Unterschiede stechen ganz gut
hervor – dennoch ermittelte Daniel K. zu
wenige Abweichungen. Anyway: Der
kreative Lösungsweg verdient einen Son-
derpreis.

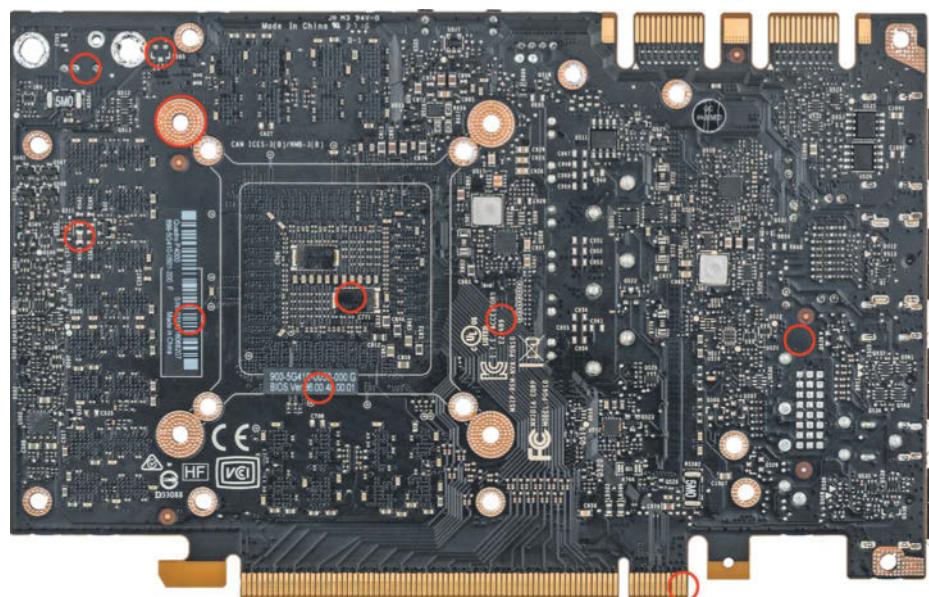


Nur wer genau hinsah, entdeckte die eingekreisten neun Fehler
auf der Platinenvorderseite.

Fies fand Walter H. aus Vilsbiburg die von uns zum Download bereitgestellten TIFF-Dateien, weil das Grafik-Tool seiner Wahl (gimp) nur das Baseline-Bild mit der Frontseite geladen hatte. Da die Dateigröße etwa doppelt so groß war, wie sie für eine unkomprimierte RGBA Bitmap sein müsste, vermutete er zunächst, dass wir die Metadaten manipuliert hätten, damit der Layer mit der Rückseite nicht geladen wird. Also versuchte er, mit dem Gimp RAW Importer (Plug-In UFRaw) die hintere Hälfte der Datei zu laden. Das Ergebnis sah aber

nicht nach Bitmap, sondern nach Random-Daten aus. Seine nächste These: „Ihr Hunde habt die Bitmap der Rückseite ver-
schlüsselt (und das Passwort dazu irgendwo
in den Metadaten versteckt)“.

Da er mit den Standard-Tools (tiff-
dump etc.) nicht weiterkam, schrieb er
kurzerhand einen TIFF Parser in C. Dabei
entdeckte er dann die Adobe-spezifischen
IFD-Einträge und es dämmerte ihm, dass
er es wohl mit einem regulären Adobe
Photoshop TIFF zu tun hatte. Photoshop
war aber nicht auf dem Rechner, aber er



Nicht alle entdeckten die Platinenrückseite, die als zweiter Layer in der TIFF-Datei
versteckt war. Dort gab es dann die zehn umringelten Fehler zu entdecken.

erinnerte sich daran, dass es vor ein paar Jahren mal eine „kostenlose“ Photoshop-CS2-Version gab. Nach kurzer Recherche konnte er die auch finden, aber leider ließ sich die Mac-Version nicht auf seinem M1-Macbook installieren und die Windows-Version ebenso wenig auf dem virtuellen Win11 (Parallels). Aufgeben war aber keine Option, also durchforstete er noch mal die Apps Order und entdeckte dort Krita. Und tatsächlich: Krita kann den Adobe-Photoshop-Part des TIFFs korrekt importieren. Der Rest, so schrieb er uns, war dann schnell erledigt: Bilder zurecht-drehen und korrekt skalieren, in zwei Layer packen und dann durch schnelles Umschalten zwischen den Ebenen die Fehler lokalisieren. So wanderte seine Mail mit der korrekten Lösung in den Los-topf und einen Sonderpreis der Redaktion gab es obendrauf.

Viel Freude bereitete uns die ausführliche Zuschrift von Christof R. aus Weißenhorn: Er beschrieb nicht nur den von ihm beschrittenen Lösungsweg, sondern macht sich auch die Mühe, jeden einzelnen Fehler zu kommentieren, fachlich einzuordnen und der zuständigen Abteilung zuzuordnen. Ein klarer Fall für einen Sonderpreis. Die Elektrotechniker in der Redaktion hatten auf jeden Fall einen Riesenspaß beim Lesen – hier ein kleiner Auszug der Kommentare zur Platinenrückseite:

Abteilung EE (Electronic Engineering)

- Q4: bestückt, sollte nicht bestückt sein.
- J3: Falsche Buchse im Design, kann aber auch der Architekt gewesen sein.
- Edge-Connector für SLI. Mittlerer Part falsch – wobei wir da erst mal den schwarzen Peter ans PCB-Team schieben würden, weil die die Footprints anlegen.
- J9: Falscher Part ausgewählt oder im Design, das war jetzt aber ganz sicher der Architekt!
- Kondensator bei M5: rausgeflogen, da war wohl jemand übermüdig und niemand hat im Review gemerkt.

Abteilung Layout

- C27: Reference Designator unnötigerweise entfernt und das hat im Review niemand bemerkt, eigentlich sind es dadurch zwei Fehler.
- Silkscreen für „Minuspol“ am Power terminal verdoppelt. Das hätte auch im Review auffallen sollen, daher irgendwie auch zwei Fehler.
- Der PCIe Edge Connector ist etwas zu lang geraten. Dieser Fehler ist in der

eingereichten Summierung rausgefallen, da vermutlich Artefakt vom Bearbeiten, ähh, Fotografieren, aber hier würde unser Qualitätser eingreifen (EE noch mal zur Spec-Lektüre schicken oder beim PCB Supplier nachfragen). Die letzten beiden Sonderpreise vergaben wir nach ganz formalen Kriterien. René L. aus Wahrenholz qualifizierte sich durch die erste – leider falsche – bei uns einge-gangene Lösung. Die erste richtige Lösung verdanken wir Christof R., doch der hat ja bereits einen Sonderpreis für die kreative Fehleranalyse abgestaubt. Die letzte vor Einsendeschluss eingetruelte richtige Lösung bescherte uns Alexander F. aus Breitenstein. Seine E-Mail erreichte uns mit Eingangsstempel 07.01.2024, 23:59:18 Uhr – wir vermuten eine Automatik im

Hintergrund. Die Gewinner unserer fünf Hauptpreise finden sich wie immer im Kasten am Ende des Artikels.

Das war es dann mit Rätseln zum Ju-biläumsjahr 2023. Wir hoffen, Sie hatten Spaß an unseren mal leicht zu lösenden und mitunter auch arg kniffligen Aufgaben. Nach „40 Jahren c't“ steht das nächs-te reguläre Jubiläum dann wohl in knapp zehn Jahren an, wenn wir uns 2033 ge-meinsam über „50 Jahre c't“ freuen dürfen. Als Nerds finden wir allerdings, dass wir zunächst einmal 2025 gemeinsam jubilieren sollten – da heißt es nämlich „42 Jahre c't“ und 42 ist schließlich die von einem Supercomputer errechnete Antwort auf die „endgültige Frage nach dem Leben, dem Universum und dem ganzen Rest“.

(gs@ct.de) **ct**

Anzeige

Die Gewinner der fünf verloren WLAN-gesteuerten Heizkörperventil-Sets

Die Glücksfee war fleißig und hat unter den insgesamt 57 richtigen Einsendun-gen fünf Gewinner der WLAN-gesteuer-ten Heizkörperthermostaten-Sets (Mo-dell TRV, WiFi 802.11 b/g/n) aus dem Hause Shelly ermittelt: Thilo E. aus Wein-stadt, Martin G. aus Neenstetten, Rainer B. aus Dollern, Thomas S. aus Stadtroda und Monika N. aus Zug in der Schweiz dürfen sich über je ein Starterset von Shelly freuen.

Zu jedem Set gehören drei Geräte, die problemlos an handelsüblichen Heiz-körpern montiert werden können. So



Unsere fünf Sets smarter Heizkörper-thermostate vom Typ Shelly TRV mit WLAN-Interface sind bereits auf dem Weg zu den glücklichen Gewinnern.

lassen sich die wichtigsten Räume in Haus oder Wohnung energiesparend warm halten. Die von Allnet zur Verfü-gung gestellten Sets lassen sich um wei-tre Komponenten aus dem Shelly-Univer-sum erweitern. Die Steuerung des Sys-tems erfolgt über eine App und ist dank Cloudanbindung von jedem Ort aus mög-lich. Alternativ lässt sich Shelly TRV aber auch völlig cloudfrei in andere Heimautomationssysteme integrieren, wenn diese die Mög-lichkeit bieten, via WLAN Kommandos abzusetzen und Statusmel-dungen zu empfangen. Ein inte-grierter Webserver mit SiLabs-CPU stellt die Verbindung zum Heimnetzwerk und zu weiteren Shelly-Komponenten her. So lassen sich auch komplexe Szenerien programmieren, wenn das System etwa um einen Anwesenheitsdetektor erweitert wird. Die Energieversorgung der Hei-zungsthermostate erfolgt über einen in-tegrierten Akku (6500 mAh), der sich via USB-C aufladen lässt.

Datenschutzrechtlich verantwortlich sowie Veranstalter des Ge-winnspiels ist die Heise Medien GmbH & Co. KG. Außer der Über-mittlung der E-Mail-Adresse zur Teilnahme am Gewinnspiel und der Über-mittlung von Namen und Postanschrift zum Zwecke des kostenfreien Gewinnversands war keine weitere Über-mittlung personenbezogener Daten erforderlich. Nach Beendigung des Ge-winnspiels wurden alle übermittelten Daten gelöscht. Rechts-grundlage für die Datenverarbeitung ist Art. 6 Abs. 1 lit. b) DSGVO. Weitere Informationen zum Thema Betroffenenrechte sowie Kon-taktmöglichkeiten unter www.heise.de/privacy.

// heise devSec()

6.-7. März 2024 • Hannover



Ab 2024 gibt es doppelte Sicherheit für Softwareentwickler: Vor der Herbstkonferenz in Köln gibt es die heise devSec zusätzlich Mitte März in Hannover – zwei Tage mit aktuellen Themen für alle, die sichere Software entwickeln.

Aus dem Programm:

- **6. März – Software Supply Chain Security:** Open-Source-Software sicher in Projekte einbinden, Schwachstellen vermeiden und frühzeitig erkennen
- **7. März – Künstliche Intelligenz in der Softwareentwicklung:** Copilot, ChatGPT und Co. verantwortungsvoll einsetzen und Methoden für sichere Integration von KI in Softwareprodukte

Jetzt auch
im
Frühjahr

www.heise-devsec.de

Veranstalter



@heise Security



betterCode()

CLEAN ARCHITECTURE 2024

Die Heise-Onlinekonferenz
für ein nachhaltiges Design von Software

19. März 2024 • online



Clean Architecture trennt die fachliche Anwendung von der grafischen und technischen Infrastruktur, strukturiert Code klarer, erzeugt weniger Kopplungen und macht das gesamte System besser wartbar. Auf der betterCode() Clean Architecture treffen sich **Profis** aus den Bereichen **Softwarearchitektur, Softwareentwicklung und IT-Projektleitung**.

Aus dem Programm:

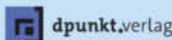
- Clean-Architecture-Grundlagen und verwandte Konzepte
- Tools, die wirklich helfen
- Legacy-Software eine saubere Architektur zurückgeben
- Taktische Architekturverbesserung per Refactoring
- Die Zukunft: Evolutionäre und nachhaltige Architektur

Jetzt
Frühbucher-
ticket
sichern!

clean-architecture.bettercode.eu

Workshop am 14. März: Prinzipien der Clean Architecture

Veranstalter



secIT

by heise

HANNOVER 2024

5. - 7. MÄRZ 2024, HANNOVER

Die Kongress- messe für Security-Profis

A1 Digital

Aagon
CLIENT MANAGEMENT PLATFORMA

ARCTIC WOLF

AirIT
SYSTEMS

Autobahn
security

Avast.

baden IT

baramundi

Bare.ID

ConSecur

(security and consulting)

CONSIST

CORDWARE
Business Information Technology

cybereason®

cyberality

CYBER SAMURAI

»CYBERSENSE

CYBERXPERTS

eye cyber security

f5

FB PRO GMBH
System Hardening & Data Protection

FORESCOUT
Cybersecurity company

FORTINET

GRTNR IT
BETTER FOR YOUR BUSINESS

HELMICH
IT-SECURITY GMBH

heylogin

HiScout

ManageEngine

michael wessel
THINK DIGITAL

mimecast

mITSM
Wir verändern durch Wissen.

NETCON

ninjaOne

noSpam proxy

OEDIV

sonatype

SONICWALL

SOPHOS

sosafe

SpaceNet

SVA

sysdig

TEAL
ALWAYS CHALLENGING IT



meet. learn. protect.



Jetzt Ticket buchen
und bis **31.01.2024**
von unseren
Frühbucherrabatten
profitieren!



Bitdefender



chrome enterprise

cidaas



DATAKOM



Delinea



exeon

Smart Cyber Security.



KEYFACTOR

LANCOM SYSTEMS

LastPass...!



Magelan



opentext[®]
Cybersecurity



proofpoint.



RAPID7



SerNet

tenfold



secit-heise.de

Eins aus einer Milliarde

Von 100 bis 2000 Euro: Die Smartphonekaufberatung



Smartphonekaufberatung Seite 56
300-Euro-Smartphones im Test Seite 64

Über eine Milliarde Smartphones werden alljährlich verkauft. Die Preisspanne ist gewaltig. Die günstigsten findet man für weniger als 100 Euro, die bestausgestatteten kosten das Zwanzigfache. Wir helfen Ihnen, das richtige zu finden.

Von Robin Brand und Steffen Herget

Smartphones sind das erfolgreichste Elektronikgerät der Welt. Mehr als eine Milliarde Exemplare verkaufen Händler und Hersteller alljährlich, Gebrauchte nicht eingerechnet. Dutzende neue Modelle erreichen jedes Jahr den Markt. Da kann man schon mal den Überblick verlieren. Wir sortieren das Angebot und ordnen ein, was Sie in der jeweiligen Preisklasse erwarten können. Konkrete Produkte der Einsteiger-, Mittel- und Premiumklasse stellen wir in den Kästen auf den folgenden Seiten vor. Für alle, die grundsätzlich zwischen den Betriebssystemen Android und iOS schwanken, haben wir Literatur unter ct.de/ybsd zusammengestellt.

Schon für weniger als 100 Euro bekommt man Smartphones mit vollwertigem Android. Dass diese Billigergeräte aus Herstellersicht wenig attraktiv sind und trotzdem wenigstens etwas Marge abwerfen, zeigt sich an der technischen Ausstattung. Hier schuften Prozessoren, die schon seit Jahren in Geräten der Einsteigerklasse stecken. Bis technische Errungenschaften in diese Niederungen herabgetropft sind, dauert es eine Weile. Immerhin verwenden die Hersteller zumeist Achtkernprozessoren, in der Regel von MediaTek oder UniSoc. Der MediaTek G85, der in einigen 2023 erschienenen Günstig-Smartphones steckt, war auch schon in Smartphones zu finden, die vor drei Jahren auch nicht mehr gekostet haben. Fürs Telefonieren, gelegentliches Browsen und Verschicken von Nachrichten über den Messenger der Wahl tun es die rüstigen Altprozessoren immer noch.

Generell tut sich wenig bei den aller-günstigsten Geräten. Hauptspeicher zwischen 2 und 4 GByte, wenig blickwinkel-stabile IPS-Bildschirme mit Diagonalen größer als sechs Zoll und Auflösungen um 250 dpi sind auch 2024 das Rezept. Des-wegen sollte man aber nicht zu ähnlich ausgestatteten Handys von anno dazumal greifen. Denn Updates erhalten die meis-ten in die Jahre gekommene Billigheimer von einst nicht mehr und auch bei aktuel- len Geräten ist das Updatethema ein heikles. Denn Hersteller verraten für die Ein-stiegsklasse selten, wie lange sie die Ge-räte mit Sicherheitsupdates versorgen wollen. Immerhin gegenüber Google kommu-nizieren einige Hersteller die Up-datepläne, Google sammelt diese auf sei-ner Enterprise-Recommended-Website. Will man unabhängig von Updateplänen der Hersteller sein, kann man auf etlichen

älteren Geräten ein Custom-ROM aufspie-len (weiterführende Links unter ct.de/ybsd).

Oberklasseniveau lassen die 5000-mAh-Akkus vieler Einsteigergeräte ver-muten, doch im Alltag verkürzen die schwachen und trotzdem stromhungri-gen SoCs die Laufzeiten. Komfortfea-tures wie Schnell- und Drahtlosladen sowie wasserdichte Gehäuse sucht man in dieser Preisklasse vergeblich. Selbst USB-C-Buchsen sind nicht selbstver-ständlich, wie das Redmi 12C zeigt, das Xiaomi 2023 mit Micro-USB-Ladeport auf den Markt gebracht hat. Immerhin sind die meisten Einsteiger-Androiden Dual-SIM-fähig, verstehen sich allerdings nicht auf eSIMs. Und an einer Stelle über-trumpfen sie fast die gesamte hochprei-sige Konkurrenz: Die meisten haben noch ein Fach für eine Speicherplatte und eine Klinkenbuchse.

Nur rudimentär ausgeprägt sind die fotografischen und filmischen Qualitäten der 100-Euro-Handys. Fotos nehmen sie in der Regel in nur einer Brennweite auf, obwohl weitgehend nutzlose zusätzliche Tiefenkameras auf der Gehäuserückseite einen anderen Eindruck vermitteln sollen. Schnappschussstauglich sind die Handys allenfalls bei Tageslicht und auch dann nur, wenn man nicht vorhat, in die Details zu zoomen oder die Fotos an großen Bild-schirmen anzuschauen. Videos filmen sie in aller Regel maximal in 1080p-Auflö-sung und mit 30 Bildern pro Sekunde. Lo-



Sonderweg: Fairphone baut ein einfach reparierbares Smartphone, das lange mit Updates beliefert wird.

gisch, denn mit größeren Datenmengen wäre das System überfordert.

Doppelt so teuer, doppelter Spaß

Investiert man etwa 100 Euro mehr, erhält man ungleich bessere Smartphones. Kein Wunder, schließlich bedeutet 100 Euro mehr nichts anderes als doppelt so teuer. Für alle, die das Smartphone nicht nur für das kurze Telefonat oder die Message zwischendurch in die Hand nehmen, sondern hin und wieder ein Video darauf schauen oder ein Foto machen wollen, lohnen sich die besser ausgestatteten Geräte.

In der Hand merkt man den Unterschied nicht sofort: Auch die 200-Euro-Smartphones sind in der Regel mit Kunststoff umhüllt und nicht besonders gegen Wasser und Staub abgedichtet. Beim Einschalten sieht man den Preisunterschied allerdings, denn in dieser Klasse finden sich Handys mit kontraststarken OLED-Bildschirmen, die Inhalte gestochen scharf mit 400 dpi darstellen. Schnelle Displays mit Bildwiederholraten von min-

destens 90, manchmal 120 Hertz sind keine Seltenheit, wenngleich die schnelleren Bildraten oftmals in Kombination mit einem IPS-Panel und nicht mit OLED-Bildschirm kommen. 90 Hz statt 60 bewirken beispielsweise beim Scrollen ein ruhigeres Bild, aber den Vorteil von noch höheren Bildraten sehen nicht mehr alle.

In den Smartphones stecken moderne Prozessoren, im Xiaomi Poco X5 zum Beispiel ein Qualcomm Snapdragon 695, der in 6-Nanometer-Strukturbreite gefertigt wird. Auch die MediaTek-SoCs der gehobenen Einstiegsklasse, meist Helio G95 oder G96, leisten spürbar mehr als ihr kleinerer Bruder, der G85. Der Speicher ist ebenfalls üppiger bemessen, 4 GByte Haupt- und 128 GByte Flashspeicher sind es mindestens in diesem Bereich, vereinzelt finden sich auch Modelle mit der Kombination 8/256 GByte.

Der weitwinkligen Hauptkamera stellen viele Hersteller eine Ultraweitwinkellinse zur Seite. Zudem protzen einige Modelle mit besonders hoch auflösenden

Sensoren: 50 und gar 100 Megapixel sind keine Seltenheit. Da die Sensoren aber deutlich kleiner sind als in der Oberklasse, empfiehlt sich die Standardausgabe von 12 Megapixeln. Wer 200 Euro in ein Smartphone steckt, darf zudem 5G und einigermaßen schnelles Laden am Kabel (mindestens 22,5 Watt) erwarten.

Um 300 Euro wiederum vereinen die Smartphones mehr der positiven Eigenschaften und es heißt zum Beispiel nicht mehr: „Entweder OLED oder dicker Speicher.“ Zudem sind gemäß IP68 wasserdichte Smartphones zu finden, extrem lange Laufzeiten und standesgemäße Updateversprechen. Was die Klasse genau leistet, lesen Sie im Prüfstand ab Seite 64.

Die goldene Mitte

Viel Glas und Metall verwenden die Hersteller für Smartphones, die man als goldene Mitte bezeichnen könnte: Geräte im Preisbereich zwischen 400 und 600 Euro. Die Handys sind in mancher Hinsicht auf Oberklassenniveau ausgestattet, sie kosten aber weniger als die Hälfte. Die wertig an-

Geräte für den günstigen Einstieg

Als Einsteigerbereich haben wir den Bereich bis 200 Euro in den Blick genommen. Den 300-Euro-Smartphones haben wir ab Seite 64 einen eigenen Test gewidmet. Wer das Smartphone nur zum Telefonieren benutzt oder ein besonders robustes Zweithandy sucht, kann mit einem einfachen Tastenhandy glücklich werden. Für die meisten dürften „echte Smartphones“ die bessere Alternative sein. Bis 100 Euro leisten sie zwar nur das Allernötigste, sind durch den großen Bildschirm und Zugang zu Apps aber deutlich vielseitiger einsetzbar als Featurephones. Bis 100 Euro balgen sich vor allem Motorola, Nokia und der Xiaomi-Billigableger Redmi um Kundschaft. Außerdem mischen hierzulande weniger bekannte Hersteller wie Blackview, Tecno, Umidigi und ZTE mit. Der hat mit dem Blade A73 für etwa 90 Euro ein verhältnismäßig gut ausgestattetes Smartphone im Angebot. Mit 4 GByte Haupt- und 128 GByte Flashspeicher, 90-Hertz-IPS-Bildschirm und einigermaßen flottem Laden mit 22,5 Watt ist es besser ausgestattet als die meisten Konkurrenten. Für 20 Euro Aufpreis gibt es das Gerät auch mit 5G-Modem.

Mehr Smartphone erhält man zwischen 150 und 200 Euro: Das Xiaomi Redmi Note 12S zum Beispiel ist mit einem schnellen und hellen OLED-Bildschirm ausgestattet. Wie beim Motorola Moto G54 fasst der interne Speicher 256 GByte. Samsungs Galaxy A14 soll ab Marktstart

vier Jahre mit Updates versorgt werden, eine Seltenheit in dieser Klasse. Auch 5G-Funk gibt es in dieser Preisklasse: Unter anderem Moto G54, Nokia G42, Samsung A14, ZTE Blade V50 und Xiaomi Poco X5 sind bereit für den aktuellen Netzstandard.



Nokia hat viele günstige Einsteigergeräte im Programm, etwa das Nokia G21.

NIX VON DER STANGE!

Wunsch-PC selber bauen oder aufrüsten



Günstige Zeiten für PC-Bastler: keine Lieferschwierigkeiten für Hardware mehr, bei den Prozessoren gibt's so viel Rechenleistung wie noch nie und die SSD- und RAM-Preise sind auf niedrigem Niveau.

Mit den Bauanleitungen und Aufrüsttipps aus diesem c't-Sonderheft bauen Sie Ihren Wunsch-PC oder schenken Ihrem geliebten alten PC-Schätzchen noch mehr Lebenszeit.

TRAUEN SIE SICH!



- Bauvorschläge für Gaming-PC/Allrounder
- Nachhaltig und günstig: Alter Rechner länger nutzen
- Praxisanleitung: Windows auf neue SSD umziehen
- Der große CPU-Wegweiser

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



shop.heise.de/ct-hardwaretipps24

Smartphones aus der goldenen Mitte

In der Mittelklasse sind die A-Modelle der Google-Pixel-Smartphones eine klare Empfehlung. Denn anders als fast alle anderen Hersteller baut Google all seinen Smartphones derselben Generation den gleichen Prozessor ein. Leistungseinbußen muss man beim Griff zu Googles Mittelklasse also nicht hinnehmen und auch hinsichtlich Updates macht der Konzern bislang keine Unterschiede. Die kommenden Pixel 8a dürften demnach wie 8 und 8 Pro ab Erscheinen sieben Jahre mit Updates versorgt werden. Für das 430 Euro teure 7a greift noch der Fünfjahresplan (bis Juni 2028). Die Kamera erreicht Oberklassenniveau – nur ein Tele gibts nicht. Will man so was, muss man nach im Preis gefallenen älteren High-End-Geräten Ausschau halten. Das Samsung Galaxy S22 passt ins Budget, Updates gibts noch bis Februar 2027.

Mit Speicher satt warten Honor 90 und Nothing Phone (2) auf, bis zu 12/512

GByte sind im Datenblatt notiert. Das Nothing-Smartphone überzeugte auf dem c't-Prüfstand mit Durchhaltevermögen im Laufzeitparcours und schlankem Android. Deutlich günstiger, aber ebenfalls mit üppigem Speicher ausgestattet sind HTC U23 Pro und Motorola Moto Edge 40 Neo, das bereits ab 300 Euro zu haben ist. Das HTC kostet 400 Euro. Mit rasanter Geschwindigkeit hält Xiaomi mit dem Poco F5 Pro dagegen. Der einstige High-End-Chip Snapdragon 8 Plus Gen1 dürfte noch in Jahren allen Apps gewachsen sein. Apple verkauft in diesem Segment das etwas altbackene iPhone SE mit arg kleinem Display. Komfortabler ausgestattet ist das drei Jahre alte iPhone 12 mit größerem Bildschirm und zusätzlicher Ultraweitwinkelkamera auf der Rückseite. Das neuere iPhone 13 mit A15-Chip war bei Redaktionsschluss ab etwa 650 Euro zu bekommen.

mutenden Gehäuse sind mitunter gemäß IP68 gegen Wasser und Staub abgedichtet. Die OLED-Bildschirme stellen Bildraten bis 144 Hertz dar; zudem erreichen sie Spitzenhelligkeiten um 1000 cd/m², was sie im Freien besser ablesbar macht.

Wie nah die goldene Mitte leistungsmäßig an die Premiumklasse heranrückt, zeigt sich bei den Prozessoren. Dazu ein Blick auf den Qualcomm Snapdragon 7+ Gen2, der in vielen Handys in diesem Segment brummt: Er erreicht sowohl im Single-Core- als auch im Mehrkernbetrieb etwa die doppelte Geschwindigkeit des Snapdragon 695, bleibt seinerseits aber nur rund 20 Prozent hinter den Benchmark-Ergebnissen des Snapdragon 8 Gen2 zurück, der in vielen aktuellen High-End-Androiden sitzt. Erste Modelle mit dem 8 Gen3 erwarten wir erst in Kürze. Noch deutlicher ist das Gefälle bei der Grafikleistung. 3DMark attestiert der GPU des Snapdragon 7+ Gen2 die fünffache Leistung des 695, aber nur die halbe Kraft der Grafikeinheit des 8 Gen2. Im Alltag wird man den Unterschied zum High End in den wenigsten Szenarien spüren. Zu diesen zählt zum Beispiel das Filmen von hochaufgelösten Videos mit hohen Bildraten. Mindestens 8, manchmal auch 12 oder gar 16 GByte Hauptspeicher und massig Flashspeicher – das Honor 90 ist mit 512 GByte Speicher bestückt – gehören ab 400 Euro zum guten Ton. Nur ausnahmsweise wie beim Samsung Galaxy A54 lässt sich dieser erweitern.

Manche Kameras sind jenen der High-End-Modelle fast ebenbürtig, allen voran die des Google Pixel 7 und des 7a. Nur auf zusätzliche Telekameras, wie sie die Premiummodelle in der Regel spazieren tragen, hofft man meist vergebens. An der Steckdose laden vor allem die Mittelklassemodelle der chinesischen Hersteller rasend schnell. Google und Samsung gehen es gemächlicher an. Drahtlosladen ist auch in der Mittelklasse keine Selbstverständlichkeit. Immerhin: Ab dieser Preisklasse verraten die meisten Hersteller von Android-Smartphones, wie lange sie Updates nachschieben. Meist zwischen vier und fünf Jahren wollen sie Sicherheitspatches liefern, mehr gibt es in der Oberklasse auch nicht.

Ein Sonderfall der Preisklasse ist Apples iPhone SE, das in der kleinsten 64-GByte-Speicher-Variante für rund 500 Euro über die Ladentheke geht und damit das günstigste Neugerät für den Einstieg in die iOS-Welt ist. Sowohl der kleine Bildschirm, als auch die dicken Ränder drum-

**Motorola Edge 40 Neo
(links) und HTC U23 Pro
bieten brauchbare
Technik ab 300 Euro.**



**Wer ein iPhone zu
Mittelklassepreis-
sen kaufen will,
muss zu älteren
Modellen greifen:
Das iPhone 12 ist
ab 600 Euro er-
hältlich, hat aber
auch schon drei
Jahre auf dem
Buckel.**

herum, die einzelne rückseitige Kamera und die schwache Akkulaufzeit bleiben weit hinter dem zurück, was ähnlich teure Androiden leisten. Hingegen gibt sich Apple in Sachen Prozessorleistung und Softwareupdates auch beim Einsteigermodell keine Blöße. Dennoch dürfte für die Mehrheit ein etwas teureres Schwestermodell oder ein gebrauchtes iPhone attraktiver sein, wenn es ein iOS-Gerät sein soll.

Den Übergang zum High End bilden Geräte um 700 Euro. Hier tummeln sich die meist etwas kleineren und um ein, zwei Ausstattungsmerkmale abgespeckten Geschwister der jeweiligen Luxusmodelle der Hersteller. Apple, Google, Samsung

und Xiaomi streichen in der Regel ein wenig Kamerapower. Der Rotstift trifft besonders gern die Telekamera, aber nicht viel mehr. Wer die schnellsten Chips und hellsten Displays, Drahtlosladen, wasserdichte Gehäuse und modernste Kommunikationstechnik wie eSIM, Wi-Fi 7 und Bluetooth 5.3 sucht, wird hier fündig.

Geräte für die Luxusliga

Tief in die Tasche greifen muss man für die Luxusklasse. Knapp unter der Tausend-Euro-Grenze geht es los, etwa mit Samsungs Galaxy-S-Reihe, die gerade als S24 neu aufgelegt wurde. Das Galaxy S24 ist das handlichere Modell, das S24 Plus etwas größer. Die Schritte zum jeweiligen Vorgänger sind überschaubar, Sparfüchse greifen daher zum einige Hunderter günstigeren S23, das noch vier Jahre lang Updates bekommt. Die vierstellige Schallmauer überspringt das Top-Modell S24 Ultra mit den meisten Kameras, dem größten Speicher und dem S Pen oben drauf.

Die erste Samsung-Alternative mit Android kommt von Google selbst, das Pixel 8 und 8 Pro haben starke Kameras und eine Extraption KI an Bord. Google verspricht zudem erstmals sieben Jahre lang Updates. Die Preise liegen zwischen 800 und 1300 Euro. Weitere High-End-Androiden schicken beispielsweise Xiaomi mit dem 14 Pro und Sony mit dem Xperia 1 V auf die Reise, sie kosten ebenfalls um 1000 Euro.

Titangehäuse und Telekamera: Das iPhone 15 Pro Max ist das am besten ausgestattete Smartphone im Apple-Kosmos.



Auch Apple bleibt mit seinen aktuellen iPhones mit den günstigsten Modellen noch knapp dreistellig, das iPhone 15 in der kleinsten Speichergröße mit 128 GByte belastet das Budget mit 950 Euro.

Alle anderen Modelle sind vierstellig teuer, das iPhone 15 Pro Max mit 1 TByte Speicher kostet fast 2000 Euro. Neben edlem Titan am Rahmen hat das teuerste iPhone aber auch die beste Kamera im Apple-Kosmos zu bieten. Ähnlich wie bei Samsung und Google sollte man jedoch die Vorjahresmodelle im Blick haben, das iPhone 14 gibt es ab 850 Euro und wird noch jahrelang mit Updates versorgt werden.

Eine kleine, aber feste Nische haben sich die Foldables erobert. Bei den Falttelefonen unterscheidet man zwischen den großen Modellen, die aufgeklappt Tablet-Maße erreichen, und den kompakten Flip-Phones, die geschlossen in fast jede kleine Tasche passen. Samsung bedient beide Spielarten mit dem Galaxy Z Fold5 und Flip5, sie sind die meistverkauften Foldables in Deutschland. Das Google Pixel Fold und das Honor Magic V2 stehen als weitere bereit, das Motorola Razr 40 Ultra kommt als Flip-Alternative infrage.



Luxusfalter: Samsung verkauft mit Galaxy Fold (links) und Flip zwei Foldables in der fünften Generation.

Mobile Prozessorkunde

Die Vielfalt der Prozessoren in Smartphones ist in den vergangenen Jahren gewachsen. Neben den klassischen Chips von Qualcomm, die es in unterschiedlichen Leistungsklassen gibt, benutzen einige Hersteller zunehmend Prozessoren von MediaTek oder eigene Entwicklungen. Apple entwirft seine SoCs ebenso selbst wie Google seit dem Pixel 6. Samsungs Exynos-Prozessoren stecken in einigen Galaxy-Smartphones.

Qualcomms derzeit stärkster Snapdragon trägt die Modellnummer 8, gefolgt von einer Ziffer für die jeweilige Generation. Die nächste Generation High-End-Android wird mit dem 8 Gen 3 ausgestattet sein. Ein Regal tiefer liegt der Snapdragon 7 Gen 3, der vor allem Smartphones der gehobenen Mittelklasse antreibt. Für die untere Mittelklasse ist der Snapdragon 685 gedacht.

Mit MediaTek drängt ein weiterer Chiphersteller nach Europa und in die Oberklasse. Speerspitze ist der Dimensity 9300, der mit gleich vier Hochleistungskernen vom Typ Cortex-X4 eine Menge Rechenleistung ins Feld führt. Nach unten hin rundet MediaTek mit den Serien 8000, 7000 und 6000 sein Angebot ab, zudem gibt es noch die günstigeren und schwächeren Helio-Prozes-

soren, die bereits seit vielen Jahren in Einsteigersmartphones stecken.

Was die Leistung angeht, kommt die stärkste Konkurrenz für Snapdragon und Dimensity von Apple: Der A17 Pro hängt selbst den stärksten Snapdragon in so manchen Leistungsmessungen ab. Er ist der erste Smartphoneprozessor, der in 3-Nanometer-Bauweise gefertigt wird, der Rest bleibt bei mindestens 4 nm Strukturbreite. Samsungs Exynos-Prozessoren, in der eigenen Chipfabrik hergestellt, bleiben vor allem in der Grafikleistung ein Stück hinter den Topchips von Qualcomm und Apple zurück, zudem verbrauchen sie etwas mehr Strom. Wohl auch deshalb baut Samsung in die teuren Foldables und S-Ultra-Modelle den aktuellen Snapdragon ein, in die etwas günstigeren Smartphones dagegen die eigenen Exynos.

Googles Tensor-Chip ging mit dem Pixel 8 in die dritte Generation, und ähnlich wie der Exynos hinkt der Tensor G3 der Spitze ein wenig hinterher. Google hat bisher nur diese Prozessorlinie im Sortiment, Tensors mit schwächerer Ausstattung gibt es derzeit nicht. Ähnlich wie Apple und Samsung baut auch Google seine Chips ausschließlich in die eigenen Smartphones ein, andere Hersteller haben keinen Zugriff darauf.

Einen anderen Ansatz verfolgt Fairphone, dessen Smartphone in der fünften Generation ebenfalls 700 Euro kostet. Statt roher Rechenkraft und spektakulären Kameras gibt es alltagstaugliche Technik in einem Gehäuse, das sich für Reparaturen leicht öffnen lässt. Außerdem sichert Fairphone mindestens acht Jahre Updates zu. Da hält nur Google beim Pixel 8 mit und will die aktuelle Generation sieben Jahre versorgen.

Weder auf dem Papier noch in der täglichen Verwendung ist es ein großer Unterschied zwischen den Vorgenannten und dem puren Luxus, der folgt. Dennoch verlangen die Hersteller manchmal das Doppelte für ihre bestausgestatteten Geräte, das iPhone 15 Pro Max zum Beispiel kostet mit 1 TByte Speicher 1949 Euro. Vor allem aufwendige Telekameras mit großen Brennweiten oder ausgeklügelte optische Zooms, bei denen Sony mit dem Xperia 1

V Vorreiter ist, unterscheiden die Luxus- von der Oberklasse. Hinzu kommen mehr (der Stift des Samsung Galaxy S23 Ultra) und weniger (das Titangehäuse der iPhone 15 Pro) nützliche Ausstattungsfeatures.

Das letzte Prozent und Faltware

Eine Spezialklasse sind faltbare Smartphones. Sie sind schon aufgrund ihrer komplexen Bauweise teuer und ausnahmslos der Oberklasse zuzuschlagen. In ein derart teures Gehäuse hat noch kein Hersteller Billighardware eingepflanzt. Während speziell in China viele Hersteller wie OnePlus, Oppo, Vivo oder Xiaomi regelmäßig neue Foldables auf den Markt bringen, sind in Deutschland vor allem Motorola, Samsung und neuerdings Google aktiv. Huawei verkauft seine Mate-X-Modelle zwar ebenfalls hierzulande, spielt wegen der fehlenden Google-Dienste aber kaum eine Rolle. Honor startet mit dem V2, dem aktuell flächigsten Foldable, derzeit seinen ersten ernsthaften Versuch in Deutschland (Test siehe S. 76 in diesem Heft).

Foldables sind im Vergleich zu den besten Smartphones herkömmlicher Machart üblicherweise mit etwas schwächeren Kameras bestückt. In den flachen Gehäusehälften ist nicht so viel Platz für große Optiken. Den Einstieg bildet das Motorola Razr 40, dessen Preisempfehlung unter 1000 Euro liegt. Um das zu erreichen, verwendet Motorola einen Snapdragon der 7er- anstelle der 8er-Serie. Außerdem setzt die Lenovo-Tochter kein ausgewachsenes Frontdisplay in den kleinen Falter. High-End-Hardware und potente Kamera stecken im ungleich größeren Galaxy Fold5, das sich Samsung aber auch teuer bezahlen lässt: 2259 Euro in der größten Speicherausstattung.

Fazit

Wie viel Geld also ausgeben für ein Smartphone? Will man wirklich nur telefonieren und hin und wieder eine Nachricht verschicken

Benchmarks und Akkulaufzeiten: Einstieg vs. Mittelklasse vs. High End

Modell	Geekbench 5 Single-Core [Punkte]	Geekbench 5 Multi-Core [Punkte]	3DMark Wildlife Extreme	Akkulaufzeit YouTube-Stream ¹ [h]	Akkulaufzeit Video 720p ¹ [h]	Akkulaufzeit Video 4k/120 fps ¹ [h]	Akkulaufzeit 3D-Spiel ¹ [h]	Laden 50 % / 100 % [min]
	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	◀ besser
Nokia G21 ²	313	1195	112	14,1	17	läuft nicht	10,8	45/149
Motorola Moto G54	673	1826	360	21,5	19,5	5,3	16,3	28/77
Nothing Phone (2)	966	3559	1639	27,6	23,5	16,8	12,1	18/57
Samsung Galaxy S23 Ultra	1570	4999	3709	24,5	22	11,4	14,3	19/65
Apple iPhone 15 Pro Max	2137	5994	3386	22,4	28,1	Messung fehlt	11	25/110

¹ gemessen bei 200 cd/m² und maximaler Auflösung

² Nachfolger Nokia G22 ist mit dem gleichen SoC bestückt

cken, kann es schon ein 100-Euro-Smartphone tun. Wesentlich mehr Hardware fürs Geld erhält man schon, wenn man das Budget verdoppelt: Hellere Displays und Kameras und schneller 5G-Funk lauten die Vorteile. Ab 300 Euro finden sich kontraststarke OLED-Bildschirme, lange Laufzeiten und Smartphones mit längeren Updateversprechen (siehe Test ab S. 64). Näher am High End als an der Einsteigerklasse bewegen sich 500-Euro-Smartphones: Wer tolle Kameras, Drahtlosladen und wasserdichte Gehäuse sucht, muss nicht mehr ausgeben. Die schnellsten Chips und hellsten Displays sowie modernste Technik wie eSIM, Wi-Fi 7 und Bluetooth 5.3 stecken in Geräten ab 700 Euro. Die Smartphones der Luxusklasse ab 1000 Euro grenzen sich nur marginal davon ab, durch Telekameras, Eingabestifte oder teurere Gehäusematerialien zum Beispiel oder dadurch, dass sie faltbar sind.

(rbr@ct.de) 

Tests der erwähnten Geräte, Tipps zum Gebrauchtkauf und Custom-ROMs unter: ct.de/ybsd

Herstellerunabhängig mit Custom-ROM

Wer billig kauft, kauft zweimal: Das gilt auch für viele günstige Smartphones, wenn man Wert auf einen aktuellen Sicherheitspatch legt. Und das ist sinnvoll, schließlich kommunizieren wir über die Geräte, erledigen damit Bankgeschäfte oder gehen mit ihnen online auf Einkaufstour. Viele Hersteller allerdings pflegen ihre Einsteigergeräte nur kurzzeitig mit Updates. Anders alternative Custom-ROMs. Diese Custom-ROMs entwickeln die freie Android-Variante AOSP oder ein anderes Custom-ROM, beispielsweise das beliebte Lineage, so weiter, dass sie auf bestimmten Smartphones bootet; die in der Regel freiwillig tätigen Maintainer ergänzen Treiber, setzen eigene Konzepte um und packen ausgesuchte Apps dazu. Mit einem Custom-ROM lässt man sich auf eine oftmals rege Community ohne offiziellen Support ein, kann so aber mitunter jahrealte Geräte weiterbetreiben.

Selbst für das zehn Jahre alte Samsung Galaxy Note3 gibt es halbwegs aktuelle Lineage-Builds, für etliche aus dem Support gefallene ehemalige High-End-Smartphones wie das Samsung Galaxy S10 oder ältere Google Pixel ebenfalls. Diese einstigen Flaggschiffe bekommt man oftmals für weniger als 200 Euro, die Hardware ist aktuellen 200-Euro-Smartphones aber weiterhin überlegen. Wenn ein Smartphone mit bereits installiertem Custom-ROM auf der Wunschliste steht, wird man ebenfalls fündig: Der französische Entwickler iodé verkauft generalüberholte Geräte ab 200 Euro. Beim Konkurrenten Murena, das hinter dem alternativen und wie iodé weitgehend entgoogelten Betriebssystem /e/ steht, gehts ab 300 Euro los. Mehr zu Custom-ROMs, wie man gut reparierbare Geräte findet und Tipps zum Gebrauchskauf lesen Sie unter ct.de/ybsd.

Verbotene Früchte

So groß die Auswahl auf dem Smartphonemarkt auch ist: Es gibt noch viel mehr da draußen, das den Kunden hierzulande verwehrt bleibt. Vor allem die Marken der chinesischen BBK-Gruppe fehlen in den Regalen der Shops: Smartphones von Oppo, Vivo und OnePlus sind derzeit nicht auf offiziellem Wege in Deutschland zu kaufen. Grund dafür ist ein seit anderthalb Jahren juristisch ausgetragener Patentstreit mit Nokia und ein deswegen ausgesprochenes Verkaufsverbot. In Österreich gilt das Verkaufsverbot nicht, dort verkaufen die BBK-Marken ihre Smartphones weiterhin.

Vor allem Oppo und OnePlus haben mit Foldables wie dem Oppo Find N3 oder dem OnePlus Open, aber auch mit klassischen Smartphones wie dem OnePlus 12 oder der Find-X-Serie von Oppo spannende High-End-Handys im Sortiment. Für kleinere Geldbeutel böten die Reno-Modelle von Oppo interessante Optionen. Auch Schwestermarke Vivo, die vor allem mit sehr guten Zeiss-Kameras in ihren Smartphones überzeugt, muss mit seinen neuen Modellen IQOO 12 Pro und X100 Pro draußen bleiben.



OnePlus hat mit dem Open auch ein Foldable im Sortiment, kaufen kann man es hierzulande nur über Umwege.

Die BBK-Marke Realme verkauft zwar noch in Deutschland, allerdings ausschließlich die günstigen Einsteigermodelle der C-Serie. Die Topmodelle wie das jüngst für den chinesischen Markt angekündigte GT 5 Pro kommen momentan nicht nach Deutschland.

All diese aus den hiesigen Shops verbotenen Smartphones kann man durchaus bekommen, manche aus EU-Nachbarländern, andere nur über Importeure wie Tra-

dingshenzen oder Gearbest. Man sollte bei solchen Geschäften jedoch die Risiken bedenken: Die Smartphones haben unter Umständen keine für den deutschen Markt zugeschnittene Software, zudem kann es Probleme mit Garantie, Gewährleistung und dem hier verbrieften 14-tägigen Rückgaberecht geben. Immerhin: Die hier zugewiesenen Frequenzbänder unterstützen solche Import-Smartphones in aller Regel, das war vor einigen Jahren noch anders.



Vierfach vernünftig

Vier Smartphones um 300 Euro im Vergleich

Smartphones müssen keine tausend Euro kosten, schon für 300 Euro bekommt man alles Wichtige. Aber nicht das Gleiche: Motorola, Samsung, Sony und Xiaomi setzen unterschiedliche Schwerpunkte.

Von Steffen Herget

Rund 600 Euro geben Deutsche aktuell für ein neues Smartphone aus, wie das Marktforschungsunternehmen gfu errechnet hat. Doch ein gut brauchbares gibts auch für die Hälfte. Schon Modelle um 300 Euro haben ansehnliche Dis-

plays, funken im 5G-Netz, rechnen mit acht Kernen und erkennen die Besitzer am Fingerabdruck. Grund genug, sich diese Preiskategorie genauer anzuschauen.

Wir haben vier Modelle aus der Preisklasse rund um 300 Euro zum Test herangezogen. Von Samsung kommt das Galaxy A34 5G, dessen Straßenpreis zwischen 250 und 280 Euro schwankt. Motorolas G84 5G ist mit rund 240 Euro noch ein paar Euro günstiger. Das Redmi Note 12 Pro 5G von Xiaomi kostet in der großen Speichervariante mit 256 GByte rund 280 Euro, wer mit dem halben Speicher und weniger RAM leben kann, spart etwa 50 Euro. Zum regulären Preis etwas teurer ist das Sony Xperia 10 V, das jedoch zum Black Friday und erneut in der Vorweihnachtszeit bereits auf unseren Zielpreis gefallen ist. Der Preis ging seitdem zwar wieder ein wenig nach oben, dürfte sich aber bald dauerhaft nach unten orientieren.

Die Ausstattungslisten der vier Android-Smartphones lesen sich erfreulich komplett. Alle vier haben Displays mit über sechs Zoll Diagonale, haben 128 oder 256 GByte Speicher, zwei oder drei Kameras auf dem Rücken und einen USB-C-Anschluss. Die Ports arbeiten allerdings alle nur nach dem USB-2.0-Standard, bei 480 Mbit/s ist bei der Datenübertragung demnach Schluss. Motorola, Sony und Xiaomi besitzen 3,5-Millimeter-Audiobuchsen, einzig Samsung-Kunden müssen darauf verzichten. Xiaomi wiederum muss beim Platz für die Speicherplatine passen. 5-GHz-WLAN (Wi-Fi 5) haben alle, 6 GHz (Wi-Fi 6E) keiner der Kandidaten.

Das Sony-Smartphone ist das einzige des Viererpacks, das neben einer Plastik-SIM- auch eSIM-Unterstützung aufweist. Samsung und Sony versprechen mit IP67 und IP68 den besten Schutz gegen Wasser und Staub; Motorola und Xiaomi belassen es bei IP54 und IP53, das reicht für Spritz-

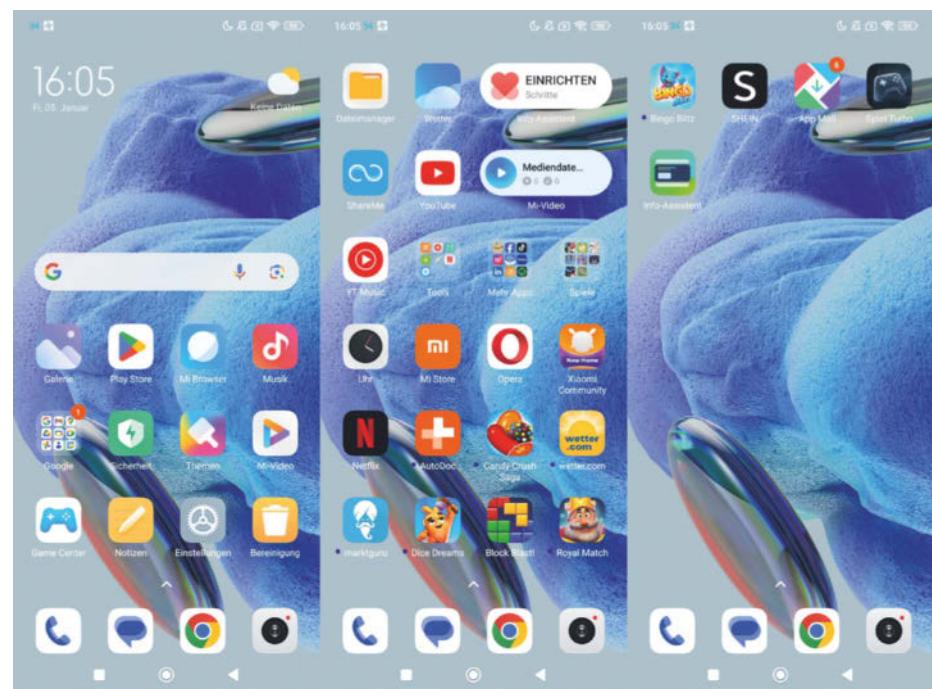
wasser, aber nicht für Untertauchen. Sony und Xiaomi erkennen Fingerabdrücke über den Einschalter, Motorola und Samsung über optische Sensoren im Display. Ihre Technik kleiden die vier in weitgehend aus Kunststoff bestehende Gehäuse. Drahtlos per Qi lädt keiner der vier.

Helle OLEDs statt trübe LCDs

OLED-Displays in der unteren Mittelklasse? Das war lange Zeit die absolute Ausnahme. Der Aufpreis gegenüber günstigeren LCD-Panels hätte die Kalkulation gesprengt. In diesem Testfeld ist es die Norm, alle vier Smartphones besitzen einen Bildschirm mit organischen Leuchtdioden. Die Vorteile gegenüber einem LCD, nämlich sattere Kontraste, tieferes Schwarz und gesteigerte Blickwinkelstabilität, sind durch die Bank zu beobachten, wenn auch mit geringen Unterschieden. Samsung und Xiaomi stellen ihre Displays ein wenig knalliger ein als die anderen beiden Hersteller, vor allem Sonys Bildschirm erscheint daneben ein wenig blässer. Dessen Farben sind für sich genommen jedoch naturgetreuer, das Motorola liegt in diesem Punkt in der Mitte. In den Systemeinstellungen gibt es bei allen die Möglichkeit, die Darstellung an Vorlieben anzupassen.

Im Galaxy A34 5G steckt das hellste Display, es erreicht über 1000 cd/m², ein Wert, den es lange Jahre selbst in der High-End-Klasse selten zu sehen gab. Aber auch die drei anderen, die nicht ganz so hohe Helligkeiten schaffen, leuchten in nahezu allen Lagen genug. Die Displays von Samsung und Sony sind zudem außerordentlich gleichmäßig ausgeleuchtet.

Sony sorgt mit dem gestreckten 21:9-Format für entspannte Daumen, das schlanke Xperia 10 V ist dadurch besser mit einer Hand zu bedienen als die anderen. Dass sein Screen nur 60 Hertz Bildwiederholrate schafft und keine 120 Hertz wie der Rest, ist sichtbar: Animationen stottern und man scrollt mit leichtem Ruckeln durch Menüs und Webseiten. Be-



So penetrant wie Xiaomi pflastert kaum ein Hersteller seine Smartphones mit Bloatware zu, vor allem bei den günstigen Modellen. Ganze 34 solche Apps verstopfen das Redmi Note 12 Pro.

sonders deutlich ist der Vergleich mit dem Motorola G84, das sich trotz gleichem Prozessor und vergleichbaren Benchmark-Resultaten schneller anfühlt.

Qualcomm übertrumpft Mediatek

Motorola und Sony nutzen einen Qualcomm Snapdragon 695, Samsung und Xiaomi einen Dimensity 1080 von MediaTek. Beides sind Acht-Kern-Prozessoren mit zwei starken und sechs schwächeren Recheneinheiten. Der MediaTek-SoC taktet mit 2,2 GHz jedoch langsamer als der bis zu 2,6 GHz schnelle Snapdragon, und das merkt man auch. In den Benchmarks hängen das Galaxy A34 und das Redmi Note 12 Pro die beiden anderen Modelle ab, die Ergebnisse liegen zwischen rund 15 und 30 Prozent höher. Das Redmi erreicht dabei keine höheren Werte als das

Galaxy, trotz des größeren Arbeitsspeichers. Dessen Effekt bemerkt man jedoch beim Multitasking mit vielen Apps parallel, hierbei tut sich das Xiaomi-Smartphone merklich leichter.

Das Xperia 10 V ist in der Praxis das langsamste der vier Smartphones, nicht nur wegen seines Bildschirms. Apps starten häufig erst mit kurzer Verzögerung, der Wechsel zwischen den Anwendungen dauert länger als bei den anderen. Den Unterschied zum G84, dessen Arbeitsspeicher doppelt so groß ist, bemerkt man nach wenigen Minuten. Auch die Animationen hat Motorola besser im Griff.

Anders als bei den hochgezüchteten High-End-Handys, deren Prozessoren viel leisten, aber dabei auch kräftig aufheizen und dann die Leistung drosseln müssen, ist die Abwärme in dieser Leistungsklasse kein großes Thema, auch nicht bei länge-

Benchmarks und Akkulaufzeiten

Modell	Geekbench 5 Single-Core [Punkte]	Geekbench 5 Multi-Core [Punkte]	GFXBench Manhattan 3.0 off-screen [fps]	Akkulaufzeit YouTube-Stream ¹ [h]	Akkulaufzeit Video 720p ¹ [h]	Akkulaufzeit Video 4k/120 fps ¹ [h]	Akkulaufzeit 3D-Spiele ¹ [h]	Laden 50 % / 100 % [min]
	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	◀ besser
Motorola G84 5G	673	1826	34	21,5	19,5	5,3	16,3	28/77
Samsung Galaxy A34 5G	791	2354	44	23,3	20	—	14,9	30/83
Sony Xperia 10 V	672	1943	35	27,2	28,2	7,5	20,6	38/109
Xiaomi Redmi Note 12 Pro 5G	767	2238	43	17,8	14,9	12,4	12,8	27/63

¹ gemessen bei 200 cd/m² und maximaler Auflösung

rer Belastung. Mit bis zu fünf Prozent Leistungsverlust zeigt das Redmi noch am meisten Einbußen bei andauernder Belastung in den Benchmarks.

Die große Stunde des Xperia 10 V schlägt bei den Ausdauertests. Obwohl die Akkus der vier die gleiche Kapazität – großzügige 5000 mAh – besitzen, hängt das Sony-Smartphone in drei von vier Szenarien die Konkurrenz locker ab, nur im 4K-Videotest läuft das Redmi länger. So wohl beim YouTube-Streaming als auch beim lokalen Videoplayback in 720p hält das Sony länger als einen ganzen Tag durch, das ist herausragend. Dass es etwa eine halbe Stunde länger zum Laden braucht als der Rest, lässt sich verschmerzen. Am anderen Ende der Skala liegt das Redmi, das zwar im 4K-Test am längsten lief, überall sonst aber die rote Laterne ins Ziel schlepppt. Das Galaxy A34 spielte unser 4K-Testvideo nicht ab, obwohl es der Prozessor eigentlich schaffen müsste, wie das Redmi zeigt.

Kameras mit Licht und Schatten

Bei gutem Licht liefern drei der vier Hauptkameras ordentliche bis gute Ergebnisse ab. Dem Motorola G84 fehlt es den Randbereichen an Schärfe, zudem zaubert es in die Farbtafel unseres Kameralabors Strukturen hinein, die gar nicht da sind. Der Gesamteindruck passt aber noch, solange man die Fotos nicht allzu sehr vergrößert. Das Galaxy A34 spuckt scharfe und passend beleuchtete Fotos mit satten Farben aus, denen man erst beim Heranzoomen die automatische Nachbearbeitung ansieht. Die Bilder aus dem Redmi sehen sehr ähnlich aus, doch auch diese Kamera macht Fotos an den Rändern leicht unscharf, wenngleich weniger als Motorola.

Sony schafft es beim Xperia 10 V nicht, die Qualitäten des eigenen Sensors auf die digitale Leinwand zu bannen. Es fehlt den Aufnahmen an Bildodynamik und Schärfe, sie wirken wie durch einen leichten Schleier fotografiert, trotz einwandfrei sauberer Linse. Die Farben fängt Sony ein wenig kühl und blass ein.

Unschöne Einigkeit herrscht hinsichtlich der zweiten Kamera. Die Ultraweitwinkel aller vier Smartphones halten nicht mit den Hauptkameras mit: Die Fotos zeigen blasse, oft verfälschte Farben und verwischene Details.

Einzig das Xperia hat ein Teleobjektiv, wenn auch nur mit Zweifach-Zoom. Diese Brennweite bietet sich für Porträts an, die gelingen mit der Hauptkamera aber eben-

falls kaum schlechter. Schade bei Sony: Das Xperia hat keinen Modus, in dem die volle Auflösung der Hauptkamera genutzt werden kann, Fotos werden stets mit Pixelbinning, also die Bündelung der Informationen aus mehreren Pixeln zu einem, von 48 auf 12 Megapixel reduziert. Das ist beim Rest zwar auch so, dort gibt es aber die Möglichkeit, mit der vollen Auflösung zu speichern. Vor allem das Galaxy A43 liefert mit den vollen 48 Megapixeln detailreichere Fotos ab als mit der reduzierten Auflösung.

Mit Dämmerlicht und noch schlechteren Bedingungen haben alle vier große Schwierigkeiten, egal ob mit oder ohne Nachtmodus. Das G84 und das Redmi Note 12 Pro bügeln feine Strukturen komplett weg und hinterlassen Pixelmatsch ohne Details. Der Sony-Kamera fehlt es bei Nachtbildern ebenso an Schärfe wie tagsüber. Samsung hinterlässt sichtbare Artefakte über das komplette Foto, liefert in diesem Vergleich aber noch die ansehnlichsten Nachtfotos.

Dass sich alle vier Smartphones bei schlechtem Licht schwertun, hat neben den im Vergleich zu den besten Kamerahandys kleineren Sensoren auch mit den Prozessoren zu tun. Die heute übliche Computational Photography, die gerade bei schlechtem Licht Informationen aus zahlreichen Frames unbemerkt schnell hintereinander geschossener Aufnahmen kombiniert, braucht leistungsstarke Bildsignalprozessoren (Image Signal Processor, kurz ISP). Diese ISPs sind Bestandteil moderner Prozessoren und in den High-End-Chips wie Qualcomms Snapdragon 8 oder Mediateks Dimensity-9000-Reihe wesentlich stärker und mit mehr Funktionen ausgerüstet.

Auffällig im Vergleich mit teureren Smartphones: Auf den günstigen Geräten findet sich meist mehr Bloatware, also vorinstallierte Apps von Fremdanbietern. Die mit Abstand meisten davon gibt im Testfeld Xiaomi seinem Redmi Note 12 Pro als Ballast mit auf die Reise, ganze 34 Spiele, Shopping- und Social-Media-Apps verstopfen den internen Speicher des Smartphones. Nimmt man noch die vielen Xiaomi-eigenen Apps und die Anwendungen von Google mit hinzu, kommen genau hundert Apps zusammen, plus einige Verknüpfungen zur Ein-Klick-Installation. Das Sony Xperia 10 V kommt gerade einmal auf 41. Beim Rest ist es zwar nur eine Handvoll Apps, die die Hersteller der Kundschaft aufzwingen. Samsung gewährt bei der Ersteinrichtung die Option,



Motorola G84 5G

Flacher Rahmen, schlanke Silhouette, ähnliches Kameramodul: Das Motorola G84 5G ähnelt dem Xiaomi Redmi Note 12 Pro stark, zumindest optisch. Seine matte Rückseite ist allerdings weniger anfällig für Fingerabdrücke. Trotz der flachen Silhouette war Platz für einen Kopfhöreranschluss und einen 5000 mAh starken Akku. Das Ladegerät samt Kabel legt Motorola wie Xiaomi mit in den Karton, eine Hülle gehört beim günstigsten Modell in diesem Test zum Lieferumfang.

Die Leistung des MediaTek-Chips reicht für den Alltag, aber nicht für große Sprünge. Mit 12 GByte RAM und 256 GByte Speicher hat das G84 dafür Speicher satt, wer noch mehr Massenspeicher braucht, kann ihn per MicroSD nachrüsten. Mit der Software sammelt Motorola weitere Pluspunkte: Eine noch erträgliche Zahl an Fremdanbieter-Apps steht einer ganzen Reihe sinnvoller Erweiterungen gegenüber. Vor allem Ready For kann enorm praktisch sein, selbst wenn es auf so einem leistungsschwachen Smartphone nur ruckelig läuft. Wer sein Smartphone regelmäßig Kindern für ein kurzes Spielchen in die Hand drückt, kann mit Family Spaces den Rest des Smartphones vor ihrem Zugriff sperren.

sinnvolle Softwarefeatures

viel Speicher

langsamer Prozessor

Preis: 240 Euro

Anwendungen an- oder abzuwählen, installiert aber Facebook, Marktguru, Snapchat und Tiktok sowie einige weitere trotzdem immer. Besonders clean kommt das Xperia 10 V, hier sind es nur Facebook und LinkedIn, die sich allerdings nur deaktivieren.



Samsung Galaxy A34 5G

Das Galaxy A34 unterscheidet sich auf den ersten Blick optisch kaum von seinen teureren Schwesternmodellen, beim genauerer Hinsehen aber doch: Dicke Displayränder, Kunststoff statt Glas und Metall, da hat Samsung den Rotstift angesetzt. Die Verarbeitung passt aber, und gegen Wasser und Staub geschützt ist das A34 ebenfalls. Die beiden großen Stärken des Smartphones sind sein besonders helles OLED-Display mit 120 Hertz und die Updateversorgung. Samsung will das A34 bis Android 17 hochziehen und ihm noch vier Jahre lang Sicherheitspatches spendieren. Da kommt in diesem Vergleich niemand ran. Die vielen App-Dopplungen durch Samsungs eigene Anwendungen als Alternative zu Googles Diensten müssten jedoch nicht sein, zumal man sie meist nicht entfernen kann.

Blickt man fünf Jahre in die Zukunft, kommen jedoch Zweifel auf, ob die 6 GByte Arbeitsspeicher ausreichen werden, mehr wäre schön gewesen. Der Snapdragon-Prozessor, der auch im Redmi steckt, hat mehr Leistungsreserven als sein Pendant von MediaTek in den Geräten von Motorola und Sony. Die Samsung-Kamera zeigt die gewohnt kräftigen Farben, der Nachtmodus hellt die Bilder stärker auf als bei der Konkurrenz.

- ⬆️ sehr gutes Display
- ⬆️ lange Updateversorgung
- ⬇️ wenig RAM

Preis: 280 Euro



Sony Xperia 10 V

Schlank und leicht statt groß und breit. Das Xperia 10 V fällt aus dem Rahmen. Das Display ist im 21:9-Format gehalten und damit länglicher als der Rest. Das erspart dem Daumen lange Wege und macht das Smartphone schön handlich. Sony hat zudem keine Angst vor dickeren Rändern oben und unten, dadurch stört kein Loch für die Frontkamera im Display die Optik. Schade bloß, dass der Bildschirm nur 60 Hertz Bildwiederholrate unterstützt. Zusammen mit dem schwächeren Prozessor und dem kleinen Arbeitsspeicher wirkt das Xperia im Vergleich langsam und ruckelig.

Doch auch wenn es eher gemächlich arbeitet, macht das Sony-Smartphone dem alten VW-Käfer-Motto alle Ehre: Läuft und läuft und läuft. Sein Akku machte im Test weit nach den anderen Teilnehmern schlapp, zwei Tage ohne Aufladen sind locker drin, solange man keine 4K-Videos schaut. Die fordern den Prozessor zu stark und saugen den Akku schneller leer. Das cleane Android ohne Bloatware gefällt, doch etwas mehr als bloß drei Jahre Updates dürften es für das zum Testzeitpunkt teuerste Smartphone im Vergleich schon sein. Immerhin: Zum Ende des Tests hatte das Xperia 10 V das neueste Patchlevel des Viererpacks.

- ⬆️ leicht und handlich
- ⬆️ eSIM-Unterstützung
- ⬇️ nur 60-Hz-Display

Preis: 320 Euro



Xiaomi Redmi Note 12 Pro

Das Redmi Note 12 Pro hat viel zu bieten. In dem durchaus eleganten Gehäuse stecken ein ansehnliches Display und viel Speicher. Der Qualcomm-Prozessor treibt das Redmi schneller an als die Konkurrenz von Motorola und Sony mit den MediaTek-Chips. Die Kamera liefert bei guten Lichtbedingungen schöne Bilder ab, der Nachtmodus enttäuscht schon ab Dämmerlicht mit verwaschenen Strukturen und unscharfen Konturen. Der Akku verschafft dem Note 12 Pro zwar nicht so gute Laufzeiten, wie sie die drei Konkurrenten zeigen, für einen Tag ohne Ladegerät reicht es aber auch.

Bauchschmerzen bereitet die Software. Die Masse an Fremdanbieter-Apps, die Xiaomi dem Redmi Note 12 Pro vorinstalliert, ist unzumutbar, schwerer noch wiegt das fehlende Updateversprechen. Derzeit kommen Patches zwar einigermaßen regelmäßig, doch selbst auf Nachfrage verweigert Xiaomi eine Aussage, wie lange das der Fall sein wird. Ob nach dem Update von Android 12 auf 13 noch mehr kommt, ist ebenfalls alles andere als sicher. Das ist selbst in der unteren Mittelklasse kein übliches Serviceverständnis. Anders als etwa Motorola fehlen Xiaomi Softwarefeatures, die den Nutzwert zu erhöhen.

- ⬆️ gute Performance
- ⬆️ großes Display
- ⬇️ Bloatware und Updates

Preis: 280 Euro

vieren und nicht entfernen lassen. Auch nicht ideal.

Android kann mehr

Sinnvolle Zugaben gibt es vor allem bei Motorola. Das G84 verfügt über die App

Ready For und lässt sich so unkompliziert mit einem PC oder großen Bildschirmen oder Fernsehern koppeln. Das Betriebssystem schaltet dafür in den jeweils entsprechenden Modus um. Auch als Webcam kann das Smartphone dann dienen,

ebenso als Hotspot fungieren, Dateien austauschen oder Apps auf den PC streamen. Für die kabellose Kopplung müssen PC und Smartphone im selben WLAN sein, für das G84 ist die Verbindung über USB-Kabel angebrachter. Damit läuft

Ready For flüssiger, wenn auch immer noch nicht so flüssig wie bei einem leistungsstärkeren Smartphone.

Neben Ready For stattet Motorola das G84, wie alle seine Smartphones, mit Benutzergesten aus. Praktisch ist auch der sogenannte Family Space. Damit lassen sich temporäre Homescreens auf dem Smartphone anlegen, in denen beispielsweise Kinder ausgewählte Apps verwenden können, ohne auf andere Apps oder die Systemeinstellungen zugreifen zu können. Mit vorgegebenen Zeiträumen ist sichergestellt, dass die lieben Kleinen auch nicht zu lange am Handy daddeln.

Samsung und Xiaomi packen für nahezu alle Google-Apps eigene Alternativen auf ihre Geräte. Eigene Fotogalerien, Browser, Notizen-App, Dateimanager, App Store und mehr – doppelt gemoppelt stört oder verwirrt aber eher. Die meisten Hersteller-Apps lassen sich zudem nicht deinstallieren.

Einige, aber durchaus praktische Zugebe bei Sony ist der Fenstermanager. Er regelt die Aufteilung auf dem Bildschirm,

unterteilt das längliche Format horizontal für zwei Apps im Parallelbetrieb oder startet Anwendungen als schwebendes Fenster über anderen.

Einzig das Galaxy A34 läuft bereits mit Android 14 und Samsungs aktueller Bedienoberfläche OneUI 6.0. Samsung verspricht drei weitere große Android-Updates und Sicherheitspatches bis Anfang 2028. Damit sind die Koreaner dem Rest voraus: Motorola sichert lediglich ein Update auf Android 14 zu, Sony will immerhin bis Android 15 durchhalten. Beide sichern zudem drei Jahre lang Sicherheitspatches zu. Das ist nicht besonders großzügig, aber besser als nichts und mehr als bei Xiaomi. Der Hersteller bleibt jegliche Updategarantie schuldig. Immerhin: Während das Note 12 Pro noch mit dem damals bereits betagten Android 12 ausgeliefert wurde, hat Xiaomi es wenigstens per Update auf Android 13 hochgezogen.

Fazit

Für Preise zwischen 240 und gut 300 Euro macht dieses Quartett viele Stiche.

Sony schwächtelt zwar bei der Kamera, kitzelt aus seinem leichten und schlanken Smartphone aber eine beeindruckende Ausdauer heraus. Motorola gibt dem G84, dem günstigsten Modell in diesem Vergleich, Softwarefeatures mit, die sonst der Oberklasse vorbehalten bleiben. Zudem besitzt das G84 jede Menge RAM und Speicherplatz. Den hat auch das Redmi Note 12 Pro, außerdem läuft es schneller als das Xperia und das Moto und es hat das größte Display. Xiaomi nervt jedoch mit viel zu viel Bloatware und tört mit fehlenden Angaben zu den Updates ab. Samsungs Galaxy A34 5G hat das beste Display im Vergleich zu bieten, außerdem bekommt es am längsten Updates und sammelt bei der Kamera fleißig Punkte. Unter dem Strich decken alle vier die wichtigsten Fähigkeiten eines modernen Smartphones ab und gehen teils darüber hinaus, und das zu einem Bruchteil des Preises eines Luxus-Handys. Wer ein zweckmäßiges Smartphone sucht, wird in dieser Preisklasse fündig.

(sht@ct.de) ct

Android-Smartphones

Modell	Motorola G84 5G	Samsung Galaxy A34 5G	Sony Xperia 10 V	Xiaomi Redmi Note 12 Pro 5G
Hersteller, URL	Motorola, motorola.de	Samsung, samsung.com	Sony, sony.de	Xiaomi, mi.com
Betriebssystem / Patchlevel	Android 13 / Oktober 2023	Android 14 / November 2023	Android 14 / Dezember 2023	Android 13 / Oktober 2023
Funktionsupdates / Sicherheitspatches laut Hersteller bis min.	Android 14 / September 2026	Android 17 / März 2028	Android 15 / Juli 2026	k. A.
Ausstattung				
Prozessor / Kerne × Takt / Grafik	Qualcomm Snapdragon 695 / 2 × 2,2 GHz, 6 × 1,7 GHz / Adreno 619	Mediatek Dimensity 1080 / 2 × 2,6 GHz, 6 × 2 GHz / Mali-G68 MC4	Qualcomm Snapdragon 695 / 2 × 2,2 GHz, 6 × 1,7 GHz / Adreno 619	Mediatek Dimensity 1080 / 2 × 2,6 GHz, 6 × 2 GHz / Mali-G68 MC4
Arbeitsspeicher / Flash-Speicher (frei) / Wechselspeicher (Format)	12 GByte / 256 GByte (231 GByte) / ✓ (MicroSD)	6 GByte / 128 GByte (97 GByte) / ✓ (MicroSD)	6 GByte / 128 GByte (106 GByte) / ✓ (MicroSD)	8 GByte / 256 GByte (222 GByte) / –
5G / LTE / SIMs	✓ / ✓ / 2 × nanoSIM / –	✓ / ✓ / 2 × nanoSIM / –	✓ / ✓ / 1 × nanoSIM, 1 × eSIM	✓ / ✓ / 2 × nanoSIM
WLAN (Antennen) / Bluetooth / NFC / Kompass / Standort	Wi-Fi 5 (2) / 5,1 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 5 (2) / 5,3 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 5 (2) / 5,1 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 6 (2) / 5,2 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo
USB-Anschluss / Kopfhöreranschluss / Fingerabdrucksensor / Benachrichtigungs-LED	USB-C 2.0, OTG, DP / ✓ / ✓ (Display) / –	USB-C 2.0, OTG, DP / – / ✓ (Display) / –	USB-C 2.0, OTG, DP / ✓ / ✓ (Einschalter) / –	USB-C 2.0, OTG, DP / ✓ / ✓ (Einschalter) / –
Akku / drahtlos ladbar / wechselbar	5000 mAh / – / –			
Maße (H × B × T) / Gewicht / Schutzaart	16 × 7,44 × 0,76 cm / 167 g / ✓ (IP54)	16,1 × 7,8 × 0,82 cm / 199 g / ✓ (IP67)	15,5 × 6,8 × 0,83 cm / 159 g / ✓ (IP68)	16,3 × 7,6 × 0,8 cm / 187 g / ✓ (IP53)
Display				
Diagonale / Technik / Auflösung / Punktdeckung	6,5 Zoll / OLED / 2400 × 1080 Pixel / 401 dpi	6,6 Zoll / OLED / 2340 × 1080 Pixel / 391 dpi	6,1 Zoll / OLED / 2520 × 1080 Pixel / 451 dpi	6,7 Zoll / OLED / 2400 × 1080 Pixel / 396 dpi
Helligkeitsregelbereich / Ausleuchtung / max. Bildrate	2,77 ... 781 cd/m² / 94% / 120 Hz	1,74 ... 1092 cd/m² / 98% / 120 Hz	2,17 ... 905 cd/m² / 97% / 60 Hz	2,05 cd ... 885 cd/m² / 93% / 120 Hz
Kameras				
Hauptkamera Auflösung / Blende / OIS	50 MP / f/1,8 / ✓	48 MP / f/1,8 / ✓	48 MP / f/1,8 / ✓	50 MP / f/1,9 / ✓
Telekamera Auflösung / Blende / Vergrößerung / OIS	–	–	8 MP / f/2,2 / 2x / –	–
Ultraweitwinkel Auflösung / Blende / OIS	8 MP / f/2,2 / –			
weitere Kameras	–	5 MP Makro	–	2 MP Makro
Frontkamera Auflösung / Blende / OIS	16 MP / f/2,4 / –	13 MP / f/2,2 / –	8 MP / f/2 / –	16 MP / f/2,5 / –
Bewertungen				
Performance / Akku	○ / +	+ / ○	○ / ++	+ / ○
Display / Kamera	⊕ / ○	⊕⊕ / ⊕	○ / ⊖	⊕ / ⊕
Software ¹ / Ausstattung	⊕ / ⊕	⊕ / ○	○ / ○	⊖ / ⊕
UVP / Straßenpreis	300 € / 240 €	390 € / 280 €	330 € / 320 €	430 € / 280 €

¹ bewertet werden Updates, Features, Bloatware etc. ✓ vorhanden – nicht vorhanden ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht

c't-Abo-
nenten
lesen bis zu
75%
günstiger



Das digitale Abo für IT und Technik.

**Exklusives Angebot für c't-Abo-
nenten:**
Sonderrabatt für Magazinabonnenten

- ✓ Zugriff auf alle Artikel von heise+
- ✓ Alle Heise-Magazine online lesen:
c't, iX, MIT Technology Review,
Mac & i, Make und c't Fotografie
- ✓ Jeden Freitag exklusiver Newsletter
der Chefredaktion
- ✓ 1. Monat gratis lesen – danach jederzeit kündbar

Sie möchten dieses Exklusiv-Angebot nutzen? Jetzt bestellen unter:

heise.de/plus-testen

✉ leserservice@heise.de ☎ 0541 80009 120

Flinker Unterbau

SSD-Adapter für den Raspberry Pi 5

Die Adapterplatine HatDrive!
Bottom BM1L koppelt eine M.2-SSD an den Raspberry Pi 5. Das ermöglicht mehr und schnellere Flash-Speicher, aber mit Nebenwirkungen.

Von Christof Windeck

Der Raspberry Pi 5 kann von verschiedenen Datenträgern booten, von einer MicroSD-Karte auch von USB-Speicher sowie von einer NVMe-SSD. Eine gute M.2-SSD ist wesentlich schneller als eine MicroSD-Karte und fasst bis zu 8 Terabyte (TByte). MicroSD-Karten speichern höchstens 1,5 TByte, eine mit 2 TByte wurde kürzlich von Kioxia angekündigt.

Zwar hat der Raspi 5 einen PCIe-x1-Anschluss, doch daran lässt sich eine M.2-SSD nicht direkt anschließen, sondern nur über eine Adapterplatine. Eine solche haben die Raspi-Entwickler bislang nur versprochen, die polnische Firma Pineberry Pi war deshalb schneller. Sie hat bereits kleine Stückzahlen ihrer Adapter HatDrive! Bottom BM1L und HatDrive! Top TM1S ausgeliefert, die 26 respektive 20 Euro kosten.

Wir haben nur die Version BM1L getestet, die unten am Raspi 5 montiert wird. Die Variante TM1S sitzt hingegen über dem Prozessorchip und würde dort mit den meisten Kühlern kollidieren. Außerdem

nimmt die TM1S nur M.2-SSDs der Bauformen 2230 und 2242 auf, die BM1L auch die gängigere Bauform 2280.

Nebenwirkungen

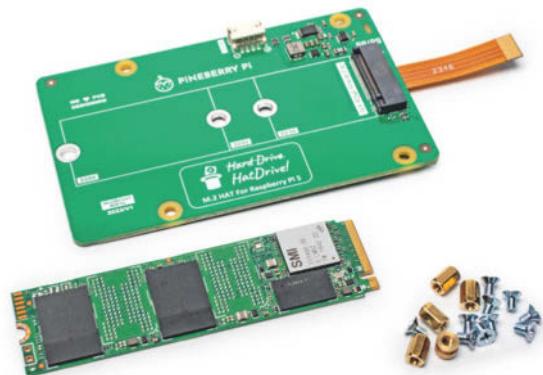
Doch das HatDrive! BM1L hat auch Nachteile: Die Leiterplatte ist größer als die des Raspi 5 und das Zwei-Platinen-Sandwich passt in die meisten Raspi-5-Gehäuse nicht hinein. Außerdem ist die Montage mit vier Gewindebolzen und acht Schraubchen ziemlich fummelig, ebenso der Anschluss des hauchdünnen Folienkabels.

Man muss die SSD auf der Platine befestigen, bevor man letztere an den Raspi schraubt, weil man danach nicht mehr an die SSD-Schraube herankommt. Und wenn der Adapter montiert ist, verhindert das Folienkabel das Entfernen der MicroSD-Karte. Will man von letzterer Daten auf die SSD kopieren und sie später entfernen, sollte man den angeschlossenen Adapter zunächst nicht befestigen.

Um das am Adapter bereits angeschlossene Folienkabel in die Klemmfasung des Raspi zu stecken, muss man sehr genau hinschauen, dann die graue Verriegelung hochziehen, das Kabel ganz einschieben und schließlich die Verriegelung wieder herunterdrücken. Der seitliche Anschluss am HatDrive! BM1L zur Speisung mit 5 Volt Gleichstrom kann frei bleiben, denn das Folienkabel liefert auch Spannung.

Der Raspi 5 erkennt die SSD erst, nachdem man der Datei /boot/config.txt die Zeile dtparam=nvme hinzugefügt hat, beispielsweise mit dem Editor nano. Danach ist ein Neustart nötig (sudo reboot). Im Test funktionierte eine ältere Intel-SSD 660p reibungslos. Pineberry Pi pflegt eine kurze SSD-Kompatibilitätsliste. Demnach gibt es mit einigen WD-SSDs Probleme. M.2-SSDs mit SATA-Controller funktionieren generell nicht.

Der in Raspi OS installierte SD Card Copier übertrug den Inhalt der MicroSD-Karte auf die SSD. Soll der Raspi von der SSD booten, muss man die EEPROM-Konfigurationsdatei anpassen, und zwar mit



```
sudo rpi-eeprom-config --edit. Man ändert den Eintrag für „BOOT_ORDER“ in BOOT_ORDER=0xf416 und fügt die Zeile PCIE_PROBE=1 hinzu.
```

Das Booten von SSD dauert ähnlich lange wie von einer schnellen MicroSD-Karte, weil der Raspi einige Sekunden mit der SSD-Erkennung vertrödelt. Aber im Betrieb öffnet sich beispielsweise der Browser merklich schneller.

Standardmäßig betreibt der Raspi den PCIe-Port mit den Geschwindigkeitsstufen PCIe 1.0 oder 2.0. Die zusätzliche Zeile dtparam=pciex1_gen=3 in config.txt schaltet PCIe 3.0 frei. Damit lieferte unsere Test-SSD im Benchmark fio Transferraten von rund 730 MByte/s. Bei der Nutzung des Raspi 5 spürt man aber nicht, ob die SSD mit PCIe 2.0 oder 3.0 arbeitet.

Die SSD braucht 0,2 bis 1,5 Watt mehr Strom als die MicroSD-Karte. Nach dem Herunterfahren fraß der Raspi 5 mit SSD sogar 2,4 statt 1,8 Watt. Dieser unnötige Verbrauch lässt sich mit dem Parameter POWER_OFF_ON_HALT=1 in der erwähnten EEPROM-Konfiguration auf 0,6 Watt drosseln; der Einschalttaster funktioniert trotzdem noch.

Fazit

Die Montage des HatDrive! BM1L fordert Konzentration und in die meisten Raspi-5-Gehäuse passt es nicht. Doch der SSD-Adapter von Pineberry Pi funktioniert gut und der Raspi 5 arbeitet mit SSD statt MicroSD-Karte spritzziger. (ciw@ct.de) **ct**



Die Platine des HatDrive! Bottom ist etwas größer als die des Raspberry Pi 5 und passt in die meisten Raspi-Gehäuse nicht hinein.

Pineberry Pi HatDrive! BM1L

M.2-SSD-Adapter für den Raspberry Pi 5	
Anbieter, URL	Pineberry Pi, pineberrypi.com
Anschlüsse	M.2-Fassung, 5-Volt-Eingang (normalerweise unnötig)
passende SSD-Bauformen	NVMe-Controller (kein AHCI oder SATA), M-Key, 2280, 2242, 2230
Abmessungen	9,0 cm × 5,7 cm
Zubehör	10 Schrauben, 5 Gewindebolzen, (1 Bolzen für die SSD)
Preis	26 €

Knipse mit Stil

Systemkamera im Retrolook: Nikon Z f



Passend zum anhaltenden Retrotrend stellt Nikon die Z f vor. Gegenüber ihrer kleineren APS-C-Schwester punktet sie mit einem Vollformatsensor, kostet aber auch stolze 2500 Euro. Wir haben sie hinsichtlich Handhabung und Bildqualität getestet.

Von Thomas Hoffmann

Nikon orientiert sich beim Design der Zf an den kompakten, analogen Klassikern. Das Gehäuse besteht größtenteils aus einer Magnesiumlegierung, die Einstellräder sind aus Messing gefräst und leisten spürbar Widerstand beim Überwinden der Raststufen. Dichtungen verhindern das Eindringen von Staub und Spritzwasser.

Der Auslöser reagiert im Gegensatz zu den Einstellrädern äußerst empfindlich, sodass man beim Aufwecken aus dem Standby häufig auslöst. Als Gimmick hat er ein Schraubgewinde für einen Drahtauslöser. Dem schicken Gehäusedesign fiel die Handlichkeit zum Opfer, lediglich eine leichte Erhebung bietet vorne etwas Grip. Abhilfe schafft ein Griff von Smallrig, der im Moment kostenlos im Bundle, aber auch für 45 Euro separat erhältlich ist.

Die Nikon Z f bringt einen Slot für SD- und einen für MicroSD-Karten mit. Beide sind auf der Unterseite im Akkufach untergebracht. Mit angeschraubtem Griff ist es beinahe nicht möglich, die Karte zu entnehmen, bei der MicroSD-Karte muss sogar erst der Akku herausgenommen werden. Ein winziges Display auf der Oberseite informiert über die gewählte Blende.

Handhabung

Der 24-Megapixel-Sensor aus der Z 6 ist auf fünf Achsen stabilisiert. Der Bildprozessor Expeed 7 steckt auch in den Topmodellen Z 8 und Z 9. Von seiner hohen

Leistung profitieren Autofokus und Bildqualität. Beim Fokussieren findet die automatische Motiverkennung in der Regel schnell und sicher Menschen, Tiere, Fahrzeuge und Flugzeuge. Über anpassbare Messfelder kann man etwa den schmalen und breiten Bereich einfliegender Wasservögel wählen. Die 299 Phasensensoren decken 96 Prozent des Bildfeldes in der Breite und 89 Prozent in der Höhe ab.

Das Display ist erstmals dreh- und schwenkbar, sodass es sich etwa für Vlogs nach vorn klappen lässt. Einige Funktionen sind nur über den Touchscreen erreichbar, da der Kamera-Body nicht genügend Platz für viele Tasten bietet.

Bewegtbilder nimmt die Z f mit maximal 4K auf, für 8K fehlt dem Sensor die Auflösung. Bei 30 Bildern pro Sekunde nutzt die Kamera die volle Sensorbreite, bei 60 Bildern pro Sekunde den DX-Modus mit 1,5-fachem Crop-Faktor, also etwas geringerem Bildausschnitt als im Vollformat. Ambitionierte Nutzer freuen sich über das Nikon-Format N-Log mit 10 Bit Farbtiefe oder die Möglichkeit, HDR-Videos im HLG-Format aufzunehmen. Die Länge der Videos darf bis zu 125 Minuten betragen.

Messwerte und Bildkritik

Die Auflösung haben wir mit dem Nikkor 135 f/1.8 S Plena gemessen. Bei ISO 100 reizt es die volle Auflösung der Nikon Z f aus. Bis ISO 800 sinkt sie nur leicht auf 98 Prozent. Bei ISO 1600 sind es 92 Prozent, bei ISO 6400 82 Prozent. Damit ist die sinnvolle Grenze für brauchbare Aufnahmen erreicht.

Die Kamera liefert einen Dynamikumfang von 10,2 Blendenstufen, der erst ab ISO 12.800 unter 10 Blenden fällt. Der Visual Noise – ein Wert, der das sichtbare Rauschen widerspiegelt – liegt bei ISO 100 bei 0,9. Dabei bedeuten Werte bis 0,8 weitgehende Rauschfreiheit, Werte bis 2 ein geringes Rauschen, Werte bis 3 mäßiges Rauschen und Werte darüber einen deutlich störenden Rauscheindruck. Die Z f liefert auch bei höheren ISO-Stufen

eine gute Leistung und liegt bei ISO 6400 bei einem Wert von 1,3.

Bis ISO 800 fängt die Nikon Z f ein kontrast- und detailreiches Bild ein. In der Vergrößerung fällt auf, dass die Mikrokontraste ab ISO 1600 leicht abnehmen. Bei ISO 3200 liegt die Grenze für großformatige Abbildungen. Bei ISO 6400 liefert die Kamera gerade noch brauchbare Bilder.

Fazit

Die Nikon Z f stellt ein deutliches Upgrade zu ihrer kleinen Schwester mit APS-C-Sensor dar. In der Praxis überzeugte die Kamera mit schneller Reaktion, präzisem Autofokus und gut belichteten Bildern. Der empfindliche Auslöser und der schmale Bereich am vorderen Einstellrad stören etwas. Insgesamt empfiehlt sich die Z f als unauffällige Begleiterin für die Streetfotografie. (akr@ct.de) ct

Einen ausführlichen Test dieser Kamera lesen Sie in c't Fotografie 1/2024.

Nikon Z f

Spiegellose Systemkamera	
Hersteller, URL	Nikon, nikon.de
Sensor	BSI-CMOS (35,9 mm × 23,9 mm)
Sensorauflösung	24,5 Megapixel (6048 × 4032)
Lichtempfindlichkeit	ISO 100 – ISO 64.000
interne Bildstabilisierung	5 Achsen (sensorseitig)
Autofokusmessfelder	299 (Phase)
kürzeste / längste Verschlusszeit	1/8000 s / 900 s
Serienbildrate	7,8 B/s
Videoformate	MOV (H.265), MP4 (H.264)
Videokomprimierung	3840 × 2160 Pixel (60 fps) (4K)
Sucher / Vergrößerung	OLED (ca. 3,69 Mio. Bp.) / 0,8x
Display / beweglich / Touch	LCD, 8 cm (2,1 Mio. Bp.) / ✓ / ✓
Speicherkartentypen	SD (UHS-II), MicroSD
Akku (Kapazität) / Aufnahmen	Li-Ion (2280 mAh) / 380 (Display), 360 (Sucher)
Gehäsematerial / wasserfest	Magnesiumleg., Kunststoff / ✓
Bajonetts / Cropfaktor	Nikon Z-Mount / 1
Abmessungen / Gewicht	144 mm × 103 mm × 49 mm / 710 g
Anschlüsse	USB-C 3.2, HDMI (Typ D), Mikrofon, Kopfhörer, Zubehör
Laden über USB	✓
Wireless	WLAN, Bluetooth
Preis (Body)	2500 €



Smarter Pixelmeister

5K-Monitor Samsung S27C900P im Labortest

Am ViewFinity S9 mit einer Punktdichte von 218 dpi sehen auch Adleraugen keine Pixelstruktur mehr. Samsung positioniert ihn als Alternative zu Apples teurerem Studio Display.

Von Ulrike Kuhlmann

Der 27-zöllige ViewFinity S27C900P bringt mit seinen 5120×2880 Pixeln sehr fein gezeichnete Bilder auf den Schirm. Seine Bildwiederholfrequenz ist wegen der hohen Auflösung auf 60 Hertz begrenzt. Samsung hat seinen Monitor mit Signaleingängen ausgestattet, die man eher in einem Notebook mit wenig Platz für Anschlüsse erwarten würde: Zwischen Thunderbolt 4 und MiniDisplayPort finden sich drei USB-C-Downstreams. Der Thunderbolt-Anschluss verrät die Zielgruppe des Geräts: Samsung möchte den

S27C900P als Alternative zum 5K-Monitor von Apple schmackhaft machen. Da man am Thunderbolt auch USB-C anschließen kann, eignet sich der ViewFinity-Monitor aber auch für Windows-Nutzer. Angeschlossene Notebooks lädt er an Thunderbolt respektive USB-C mit bis zu 90 Watt.

Das IPS-Display ist – anders als Apples Studio Display – von Haus aus mattiert. Es gefällt mit satten Farben und einer blickwinkelstabilen Darstellung. Im Preset sRGB deckt es den sRGB-Farbraum sauber ab, im DCI-P3 ist das Rot etwas zu kräftig, Grün fehlt nur wenig Sättigung zum kompletten P3-Farbraum. Für das satte Rot sorgt eine Beschichtung aus KSF-Phosphor an den Backlight-LEDs. Damit ist der Schirm aber etwas ungleichmäßig ausgeleuchtet und am oberen Rand wolkig. Die maximale Leuchtdichte liegt bei 615 cd/m^2 , was im Büro mehr ist als nötig, denn dort stellt man üblicherweise nicht mehr als 150 cd/m^2 ein. Da der smarte Monitor auch HDR-Videos wiedergeben kann, braucht er die Reserve für Spitzlichter.

Die höhere Leuchtdichte erreicht er nur, wenn man in den Energiespareinstellungen die „Bewegungsgesteuerte Beleuchtung“ (BewBel) deaktiviert und die Helligkeitsbegrenzung auf Aus stellt. Mit dem eingebauten Umgebungslichtsensor passt der Monitor die Schirmhelligkeit automatisch ans Licht im Raum an. Das ist im Büro gerade in der dunklen Jahreszeit sehr nützlich. Bei knapp 120 cd/m^2 benötigt der Monitor heftige 56 Watt, was seiner hohen Auflösung geschuldet ist: Durch die kleinen Pixel und die vielen lichtschluckenden Leitungen zu den Pixeltransistoren dringt nur wenig Licht des Backlight an die Schirmoberfläche. Im Standby reduziert sich die Leistungsaufnahme auf 0,1 Watt.

Gut ausgestattet

Fürs Büro hält der ViewFinity eine Webcam bereit, die magnetisch oben am Displayrücken haftet. Die kleine Linsenkappe sorgt für Privatsphäre, geht mangels Strippe aber schnell verloren. Die Kamera zeigt laut Samsung 4K-Auflösung, doch im Vergleich zu anderen 4K-Webcams wie Logitechs Brio wirkte das Bild zu dunkel und nicht besonders fein aufgelöst mit überschärften Konturen. Bei Bedarf hält die Webcam den Nutzer im Verfolgermodus immer in der Bildmitte und nimmt dabei einen kleineren Ausschnitt aus dem Gesamtbild. Allerdings reagierte sie im Test verzögert auf Bewegungen vor dem Schirm, was ziemlich irritiert.

Das Display steht sicher auf seiner abgewinkelten Fußplatte, man kann es in der Höhe verstehen und zu beiden Seiten ins Hochformat drehen. Das Menü ruft man mit einem längeren Druck auf die Home-Taste der mitgelieferten Fernbedienung auf. Hat man zusätzlich das Zahnrädchen für die Einstellungen in der Menüleiste



Die 4K-Webcam liefert Samsung zum ViewFinity-Monitor dazu.



Samsungs 5K-Monitor kann man per Thunderbolt und USB-C und MiniDisplayPort anschließen.

ganz nach links geschoben, gelangt man ohne Umweg über den Tizen-Startbildschirm ins Monitormenü. Wer zusätzlich das Icon für die Bildparameter in der Leiste nach links schiebt, erreicht auch die Helligkeitseinstellungen mit zwei Klicks. Falls die Fernbedienung verloren geht, bleibt der Joystick im Displayrücken oder die SmartThings-Fernbedienung-App am Smartphone.

Auf der Tizen-Oberfläche des smarten Monitors findet sich schnell zurecht, wer schon mal ein Samsung-TV hatte; alle anderen müssen sich zunächst damit beschäftigen. Dort gibt es unter anderem Samsungs werbefinanziertes TV Plus und die Streaming-Apps von Netflix & Co., über die man nach getaner Arbeit unkompliziert Videos schauen kann. Wer den Monitor nur als Desktoparbeitsfläche nutzen möchte, kann die smarten Funktionen einfach ignorieren und den Monitor so konfigurieren, dass er nach dem Einschalten mit der zuletzt genutzten Quelle startet.

Mit Mobilgeräten verbindet sich der ViewFinity über die SmartThings-App, vor allem mit Samsung- und iOS-Geräten. Mit einem Pixel-Smartphone konnten wir den Monitor nur fernbedienen, aber nicht den Bildinhalt spiegeln.

Fazit

Mit dem 27-zölligen ViewFinity S27C900P bietet Samsung eine Alternative zu den hochauflösenden 5K-Displays von Apple, LG und demnächst auch Dell an. Seine smarten Funktionen sind ein Zusatz, wer ausschließlich einen Monitor wünscht, kann sie übergehen. Die mattierte Schirmoberfläche ist im Preis von aktuell 1360 Euro enthalten, bei Apples teurerem Studio Display muss man dafür noch einmal 500 Euro extra zahlen. (uk@ct.de) **ct**

ViewFinity S27C900P

Smarter 5K-Monitor

Hersteller, URL	Samsung, samsung.de
Displaydiagonale / Auflösung (Pixeldichte)	27" / 5120 × 2880 (218 dpi)
Paneltyp / Seitenverh. / max. Bildwiederholfrequenz	IPS mattiert / 16:9 / 60 Hz
Anschlüsse / Ausstattung	Thunderbolt 4, Mini-DisplayPort, 3 × USB-C (für Peripherie)
Leuchtdichteregelbereich	30 bis 615 cd/m ²
Maße / Gewicht	61 cm × 41–53 cm × 13,5 cm / 7,4 kg
Lieferumfang	Thunderbolt-4-Kabel, Netzteil, Webcam
Kontrast, mittlere Abweichung min. / erw. Sichtfeld	935:1, 17 % / 590:1, 55 %
Das runde Diagramm gibt die Winkelabhängigkeit des Kontrasts wieder. Blaue Farbanteile stehen für niedrige, rottliche für hohe Kontraste. Kreise markieren die Blickwinkel in 20-Grad-Schritten, im Idealfall wäre das gesamte Bild pink.	
winkelabhängiger Kontrast: Kreise im 20°-Abstand	
Preis / Garantie	1360 € / 2 Jahre

Es gibt 10 Arten
von Menschen.

iX-Leser
und die anderen.

3x testen

Jetzt Mini-Abo testen:

3 digitale Ausgaben + Bluetooth-Tastatur nur **19,35 €**

www.iX.de/digital-testen



www.iX.de/testen

leserservice@heise.de

49 (0)541 800 09 120

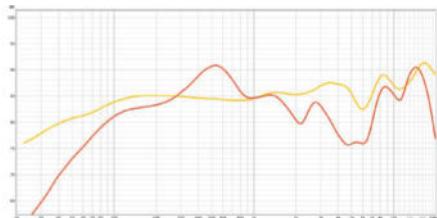


Günstiges Bluetooth-Headset

Nur wenige Headsets kombinieren Bluetooth und Mikrofonarm mit der komfortablen ohrumschließenden Bauweise, die meisten davon sind zudem teure Gaming-Modelle. Mit dem Kensington H3000 soll man sich eher bei Videokonferenzen im Büro wohlfühlen.

Die Muscheln mit 4,5 Zentimeter Innen-durchmesser sitzen bequem und umschließen auch größere Ohren; noch wuchtigere Over-Ears mit Bluetooth gibt es kaum. Der H3000 ist symmetrisch aufgebaut, sodass man die Muschel mit dem Mikrofonarm rechts oder links tragen kann. Sitzt sie rechts, sieht man in Videokonferenzen allerdings die Status-LED permanent blinken. Unser Testexemplar roch auch nach Wochen noch stark chemisch. Polster und sogar der Akku lassen sich tauschen.

Der H3000 verbindet sich zuverlässig per Bluetooth mit zwei Geräten gleichzeitig. Ein USB-Dongle fehlt, somit stehen keine erweiterten Funktionen in Video-



Im Bass bleibt der H3000 (rot) sogar hinter dem offenen Sennheiser HD600 (gelb) zurück. Sprache um 5 kHz ist abgeschwächt, der dumpfe Bereich um 500 Hz verstärkt.

konferenzen zur Verfügung. In Teams kann man beispielsweise Anrufe nicht am Headset annehmen oder beenden, und das Hochklappen des Arms schaltet das Mikrofon stumm, aber Teams signalisiert das nicht den Konferenzteilnehmern. Unter macOS blieb der Kopfhörer nach Videokonferenzen manchmal im Headset-Modus mit Mono-Audio.

Das Mikrofon nimmt Sprache verständlich auf. Für ein Bügelmikrofon landet viel Raumhall in der Aufnahme, aber deutlich weniger als per Ansteckmikrofon oder gar Notebook oder Webcam. Störgeräusche werden wirksam herausgefiltert, die Stimme dabei wenig digital verzerrt. Die eigene Stimme wird als Sidetone nur schwach eingeblendet. Aufgrund der mäßigen Außendämpfung hört man sich trotzdem einigermaßen gut selbst, was für längere Konferenzen so gerade ausreicht. In Anrufen geht das Busylight an, was in Videokonferenzen sichtbar ist. Diese Automatik lässt sich nicht deaktivieren, man kann das Busylight lediglich mit einem langen Druck auf Start/Stopp aus- und einschalten oder mit einem Doppelklick blinken lassen – beides auch außerhalb von Anrufen.

Bei Musik enttäuscht der H3000 mit dumpfem, undifferenziertem Bass, wenig Höhen und wenig Präzision. Die Sprachverständlichkeit geht noch in Ordnung. ANC und Transparenzmodus für Umgebungsgeräusche sind nicht an Bord. Eine App bietet Kensington nicht an, man kann also weder den Klang noch die Konfiguration anpassen. Per USB-C lädt der H3000 nur, ein Analoganschluss fehlt.

Der H3000 sitzt komfortabel, das Mikrofon arbeitet gut, der Akku ist wechselbar. Aber der Chemiegeruch und der mäßige Audioklang stören. Im Test in c't 29/2023 überzeugte eher der ungefähr gleich teure und als Over-Ear ähnlich gut sitzende Logitech Zone Vibe Wireless mit besserem Klang, niedrigerem Gewicht und mit USB-Dongle funktionsreicher Teams-Anbindung. ANC haben allerdings beide nicht.

(jow@ct.de)

H3000

Over-Ear-Headset mit Bluetooth

Hersteller, URL	Kensington, kensington.de
Verbindung	Bluetooth 5.2 (Multilink, SBC, AAC), USB-C (nur Laden)
Gewicht	314 g
Lieferumfang	USB-C-Kabel (120 cm), Adapter auf USB-A, Transportcase
Preis	115 €



App-gebrüht

Der Filterkaffee-Brühautomat mit WLAN Silvercrest SKMS 900 A1 von Lidl lässt sich per App fernsteuern.

Die WLAN-Funktion der smarten Kaffeemaschine ist nicht mehr als eine App-Fernsteuerung, was im Alltag dennoch nützlich sein kann: Sie sitzen im Arbeitszimmer im Homeoffice, das Meeting geht merklich zu Ende – eine gute Gelegenheit, den Filterkaffee schon mal aufzubrühen zu lassen.

Um die Maschine mit der Lidl-Home-App zu verbinden, müssen Sie Ihr Mobiltelefon in ein WLAN mit 2,4 GHz bringen, 5 GHz beherrscht der verbaute WLAN-Chip nicht. Das WLAN des Handys überträgt die App per Bluetooth an die Kaffeemaschine, was bei uns reibungslos funktionierte. Die App führt verständlich durch den Prozess und spricht korrektes Deutsch. Nach wenigen Minuten kann man auf dem Handy von einem anderen Raum oder von unterwegs aus den Brühvorgang starten – Wasser und Kaffeepulver an den dafür vorgesehenen Stellen vorausgesetzt. Auf Segmentanzeigen zeigt die Kaffeemaschine auch die Zeit und stellt die Uhr automatisch, sobald sie mit der App verbunden ist.

Im Laden war sie für rund 36 Euro ausgesprochen günstig, für 55 Euro ist sie kein Schnäppchen mehr, aber immerhin smart.

(pmk@ct.de)

Silvercrest SKMS 900 A1

Kaffeemaschine mit App von Lidl

Hersteller, URL	Silvercrest, lidl.de
Standby-Verbrauch	0,7 W
Leistung	880 W
WLAN	nur 2,4 GHz
steuerbare Funktionen	sofort oder zeitgesteuert brühen, Kaffeestärke
Preis	54,99 €

Werbung direkt auf die Ohren

Erreichen Sie Ihre Zielgruppe auf Spotify!

Wir produzieren Ihnen einen Spot mit individuellem Sprechertext und Hintergrundmusik, ergänzt durch einen klickbaren Werbebanner.

Die Vorteile auf einen Blick

Große Reichweite – Spotify hat allein in Deutschland 26 Mio. aktive Hörer, davon nutzen 60 % das kostenfreie Angebot mit Werbe-einblendungen.

Hohe Aufmerksamkeit – Audiospots auf Spotify werden in der Regel während einer Musik-Wiedergabe zwischen den Titeln abgespielt und erhalten die volle Aufmerksamkeit.

Genaue Zielgruppenansprache – Streuverluste werden durch das spezifische Targeting vermieden.

Spotify ist cool – Präsentieren Sie sich als kreatives Unternehmen am Puls der Zeit.



LISTEN ON  Spotify

Erfolgreiches Marketing vor Ort.



2023 Microsoft Advertising
Select Partner

 heise regioconcept

Telefon 0511 80 90 89 43
www.heise-regioconcept.de



Millimeter-entscheidung

Foldable Honor Magic V2

Zusammengefaltet flacher als ein Zentimeter: Dieses Versprechen löst Honor mit unserem Testgerät nicht ein. Außergewöhnlich flach für ein Foldable ist das Gerät dennoch. Mithilfe der guten Ausstattung macht es auch dem besten Falter von Samsung Konkurrenz.

Von Robin Brand

Das flachste Foldable der Welt: Vollmundig hat Honor mit dem Magic V2 die Millimeterära der Foldables angekündigt. Soll das Gerät flacher als ein Zenti-

meter sein, wie vom Hersteller beworben, braucht es aber einen Blick ins Kleingedruckte. Der verrät, dass nur die kunstlederne Variante zusammengefaltet 9,9 Millimeter schlank ist (ohne Kamerahuckel), die von uns getestete mit gläsernem Rücken misst laut Datenblatt 10,1 Millimeter. Wir haben Abweichungen im Submillimeterbereich gemessen: 10,5 Millimeter. Dennoch baut Honor mit dem Magic V2 ein faltbares Smartphone, das so dünn ist wie manch anderes herkömmliches Handy.

Dass sich das zusammengeklappte Gerät kaum von einem nicht faltbaren unterscheidet, dafür sorgt auch das Frontdisplay. Dieses hält Honor im Seitenverhältnis von 20:9, das Hersteller auch gerne für nicht faltbare Smartphones verwenden. Bei anderen Faltern wie dem Samsung Galaxy Fold5 mit 23:9-Frontdisplay

ist etwas mehr Umgewöhnung nötig. Die Bildschirmdiagonale des OLED-Displays misst 16,3 Zentimeter (6,43 Zoll), und es strahlt maximal 1348 cd/m² hell – hell genug bei praller Sonne.

Das 7,92 Zoll (20,12 Zentimeter) große Innendisplay leuchtet nicht ganz so hell, Spitzenhelligkeiten um 1000 cd/m² reichen aber völlig aus, um es auch in hellen Umgebungen unangestrengt ablesen zu können. Auf der Bildschirmfläche verteilen sich 2344 × 2156 Bildpunkte. Der nahezu quadratische Bildschirm eignet sich hervorragend, um zwei oder auch drei Apps gleichzeitig geöffnet zu halten. Auch für Social-Media-Anwendungen wie Instagram macht sich die größere Fläche bezahlt. Filme dagegen gewinnen wenig, weil dicke schwarze Balken sie umranden. Den Falz in der Mitte spürt man beim Darauffahren, bei eingeschaltetem Display ist er aber kaum sichtbar.

Sowohl Innen- als auch Außendisplay erreichen Punktdichten von mehr als 400 dpi und stellen Inhalte knackig scharf und Bewegtbildinhalte mit einer maximalen Bildrate von 120 Hertz flüssig dar. Obwohl die Displays mit einem Digitizer ausgestattet sind, verkauft Honor das Foldable in Deutschland ohne Stift. Auch einzeln verkauft Honor den Stift nicht, obwohl er in China je nach Speichervariante dem Gerät beiliegt. Man sei „in Deutschland unzufrieden mit der Benutzererfahrung mit dem Stift“, hieß es auf unsere Nachfrage.

Im V2 stecken zwei Akkus mit einer Gesamtkapazität von 5000 mAh. Um diese in den dünnen Gehäusehälften unterzubringen, greift Honor auf einen speziellen Lithium-Ionen-Akku zurück. Dieser erreicht laut Hersteller durch Silizium und Kohlenstoff für die Anode anstelle von Grafit allein eine höhere Energiedichte. Das erlaube es, die Batterien besonders flach zu bauen. Platz für eine Spule zum Drahtlosladen blieb aber nicht, das Magic V2 lädt nur am Kabel, mit maximal 67 Watt. Unserem Testgerät lag kein Ladeteil bei. Deshalb haben wir die Ladezeit mit einem USB-PD-Netzteil aufgetankt, das maximal mit 120 Watt lädt. Damit dauerte eine volle Befüllung 56 Minuten, zur Hälfte war es binnen 20 Minuten geladen.

Im Akkudauerlauf hält das V2 sehr lange durch; mitunter doppelt so lange wie das Google Pixel Fold und je nach Szenario mal länger, mal kürzer als das Fold5 von Samsung. Nutzt man vornehmlich das Außendisplay, sind zwei Tage ohne Nachladen möglich. Spielt man dagegen viel auf



Wie dünn das Honor Magic V2 gebaut ist, zeigt der Vergleich mit einem herkömmlichen Smartphone, rechts das Google Pixel 8 Pro.

dem Hauptbildschirm, macht das Gerät nach einem Tag schlapp.

Kamera

Insgesamt fünf Kameras beherbergt das Honor V2. Zwei davon (jeweils 16 MP, f/2,2) sitzen in kleinen Löchlein in je einem der Displays. So kann man Selfies aufnehmen und Videotelefonate führen, egal, ob das Handy auf- oder zugeklappt ist. Im dicken Kamerahuckel auf der Rückseite hat Honor drei weitere Kameras untergebracht. Die Ausstattung aus weitwinkliger Hauptkamera und zusätzlichem Ultraweitwinkel und Telekamera ist das bewährte Rezept im High End.

Die Hauptkamera schießt knallige Fotos mit verstärkten Kontrasten und gesättigten Farben. Dabei wahrt das Honor V2 im Tageslicht viele Details. Bei abnehmendem Licht rechnet es das Bild auf Kosten der Details glatt. So ist zwar kaum Bildrauschen zu entdecken, andere Smartphones wie das Sony Xperia 1V wahren aber mehr Bildinformation. Insgesamt ordnet sich die Hauptkamera auf hohem, aber nicht höchstem Niveau ein. Speziell Google ist in der Nachtfotografie voraus, Apples aktuelle iPhones berechnen die künstliche Unschärfe bei Porträts treffsicherer. Ultraweitwinkel- und Telekamera des V2 produzieren weichere Fotos als die Hauptkamera. Bei schummrigem Licht verwendet das Honor-Smartphone die Telekamera oftmals überhaupt nicht mehr, sondern wechselt auf die Hauptkamera im Digitalzoom.

Im Unterschied zu anderen High-End-Smartphones baut Honor dem V2 ein recht kurzes Tele ein, das etwa dem Bildwinkel eines 60-Millimeter-Vollformatobjektivs entspricht. Für eine längere Brennweite war wohl nicht genug Platz im dünnen Gehäuse. Die Vermutung liegt nahe, dass Honor auch an anderer Stelle mit dem V2 keine Rekorde knackt, denn über die Sensorgrößen der Kameras schweigt sich der Hersteller aus.

Im Innern sitzt ein Qualcomm Snapdragon 8 Gen2 samt 16 GByte Hauptspeicher. Bis zum offiziellen Marktstart nach

Redaktionsschluss hatte Honor Benchmark-Apps auf dem Gerät gesperrt, weshalb wir Leistungsmessungen nur mit unserem Benchmark-Tool Coremark, das das Magic nicht als solches erkannte, vornehmen konnten. Dort unterschied es sich nicht von anderen Smartphones mit Snapdragon 8 Gen2, wenn wir unter „Einstellungen > Akku > Leistungsmodus“ die maximale Leistung anforderten. Andernfalls bremste die Software den Chip um rund 20 Prozent ein, um Energie zu sparen.

Bei den meisten Anwendungen fällt das aber nicht auf, da kaum eine App den Chip an seine Grenzen bringt. Kein Wunder. Bis der bereits vorgestellte Nachfolger 8 Gen3 in den ersten Geräten sitzt, ist der 8 Gen2 der schnellste Android-Chip mit massig Leistungsreserve. Der 512 GByte fassende interne Datenspeicher des V2 lässt sich nicht erweitern.

Die restliche Ausstattung entspricht High-End-Standard: Das V2 beherrscht Wi-Fi 7, Bluetooth 5.3 und ist mit einem Infrarotsensor ausgestattet. Der kapazitive Fingerabdrucksensor im Einschalter entsperrt freudig, auch wenn man einen schwitzigen Finger auflegt. Das Gerät ist Dual-SIM- und eSIM-fähig. Per USB-C an einen Monitor angeschlossen, gibt das V2 einen Desktopmodus aus, auf dem man arbeiten kann. Im Unterschied zur faltbaren Konkurrenz von Samsung und Google ist das V2 nicht gegen Wasser geschützt.

Die Android-Bedienoberfläche des V2 ähnelt der von Huawei-Smartphones nach wie vor stark. Hier und da erweitert Honor das Standard-Android um sinnvolle Funktionen wie große App-Ordner auf dem Homescreen, aus denen heraus man Apps per Tipp direkt starten kann, ohne erst den Ordner öffnen zu müssen. Auf der anderen Seite installiert der Hersteller wie gehabt etliche Apps vor, von denen sich nicht alle deinstallieren lassen. Honor verspricht, das Gerät vier Jahre lang mit neuen Androidversionen und fünf Jahre mit monatlichen Sicherheitspatches zu pflegen. Konkurrenten wie Google oder Fairphone sind

da weiter, die sieben respektive acht Jahre Updates zusichern.

Fazit

Dünnes Smartphone, dicke Hose: Mit dem Magic V2 will Honor Foldables massentauglich machen. Größtes Hindernis daran dürfte der Preis sein. 2000 Euro verlangt der Hersteller für das Handy, das damit etwas teurer ist als das im Preis gefallene Samsung Galaxy Z Fold5. Hinsichtlich Laufzeit, Displays, Kameras und Updateversprechen geben sich die beiden wenig. Allerdings hat das Fold5 dem Honor-Foldable das wasserfeste Gehäuse und in Deutschland die Stiftfähigkeit voraus. Das V2 wiederum ist spürbar flacher und bedient sich zusammengeklappt fast wie ein ganz normales, nicht faltbares Smartphone.

(rbr@ct.de) ct

Android Foldable

Modell	Honor Magic V2
Betriebssystem / Security Level / Updates bis	Android 13 / November 23 / Android 17 / Januar 2029
Display	
Frontdisplay	6,6 Zoll OLED 2378 × 1060 Pixel (405 dpi), 1,89 ... 1364 cd/m², 94,6% Ausleucht.
Innendisplay	7,9 Zoll OLED, 2344 × 2156 Pixel (402 dpi), 2,15 ... 938 cd/m², 97% Ausleuchtung
Kamera	
Hauptkamera Auflösung / Blende / OIS / Brennweite	50,3 MP / f/1,9 / ✓ / 25 mm
Ultraweitwinkel Auflösung / Blende / OIS / Brennweite	50,3 MP / f/2 / - / 13 mm
Telekamera Auflösung / Blende / OIS / Brennweite	19,7 MP / f/2,4 / ✓ / 62 mm
Frontkameras Auflösung (Fotoausgabe / Blende / OIS / Brennweite)	15,9 MP (4608 × 3456 / f/2,2 / - / 21 mm
Ausstattung	
Prozessor / GPU	Qualcomm Snapdragon 8 Gen2 / Adreno 740
RAM / Flash-Speicher	16 GByte / 512 GByte
5G / LTE / SIMs / eSIMs	✓ / ✓ / 2 × nanoSIM / 1 × eSIM
WLAN (Antennen) / Bluetooth / NFC / Kompass / Standort	Wi-Fi 7 (2) / 5.3 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo
USB-Anschluss / Kopfhöreranschluss / Fingerabdruckscanner	USB-C 3.1, OTG, DP / - / ✓ (Einschalter)
Akku / Drahtlosladen	5000 mAh / -
Maße / Gewicht / Schutzklasse	geschlossen: 158 × 74 × 10,5 ... 14,1 mm, geöffnet: 158 × 145 × 5,4 ... 9 mm / 238 g / -
Laufzeiten, Benchmarks	
Laufzeiten bei 200 cd/m² Helligkeit großer Bildschirm	13,4 h lokales HD-Video / 8,8 h lokales 4K-Video / 15,7 h 3D-Spiel / 16,7 h Videostream
Laufzeiten bei 200 cd/m² Helligkeit kleiner Bildschirm	21,7 h lokales HD-Video / 12,4 h lokales 4K-Video / 17,8 h 3D-Spiel / 26,5 h Videostream
Coremark Single / Multi	29873 / 127775
Preis	2000 €
✓ vorhanden	- nicht vorhanden



Arbeitsgroßgerät

Huawei MateBook D 16 (2024) mit mattem 16:10-Bildschirm

Bei der Neuauflage des MateBook D 16 folgt Huawei der Erfolgsformel: schickes Metallgehäuse und matter 16-Zoll-Bildschirm im 16:10-Format. Das Notebook zeigt aber auch, was Mittelklassegeräte anno 2024 von der Oberklasse unterscheidet.

Von Florian Müssig

Die Notebookmittelklasse ist ein hart umkämpfter Markt: Im Preisbereich um 1000 Euro haben Kunden deswegen große Auswahl und Hersteller müssen viel Technik für wenig Geld in die Geräte reinbuttern. Schon 50 Euro Unterschied im Straßenpreis können für Hersteller wie Kunden entscheidend sein – in der Regel geht über die Ladentheke, was die meisten

Features bietet oder die geringsten Abstriche erfordert. Dass bloßes Mitschwimmen wenig zielführend ist, musste zuletzt LG lernen: Die erst 2022 in diesem Bereich gestartete Baureihe UltraPC [1] wurde schon wieder eingestampft.

Die chinesische Firma Huawei hat sich in der Notebookmittelklasse hingegen einen Namen gemacht, obwohl die Smartphonesparte von US-Sanktionen betroffen ist. Doch diese beziehen sich auf Mobilfunktechnik, die sich in Huaweis MateBooks nicht findet. Daher kann Huawei wie alle anderen PC-Hersteller von US-Firmen Hardware (Intel: Prozessor, WLAN-Modul) wie Software (Microsoft: Windows 11) zukaufen.

Das Konzept des MateBook D 16 bleibt stimmig: Es gibt einen großen 16-Zoll-Bildschirm, der Nutzern sowohl mit matter Oberfläche als auch 16:10-Format das Arbeiten erleichtert. Die Tastatur taugt mit ihrer Beleuchtung zum Tippen in schummeriger Umgebung, Excel-Dompteure freuen sich über einen zusätzlichen Ziffern-

block. Er ist bei Notebooks nicht selbstverständlich und hat beim Testgerät erfreulicherweise ein vierspaltiges Layout. Seine Tasten fallen aber etwas schmäler aus als die des Hauptfelds.

Die Enter-Taste ist zweizeilig ausgeführt, der Cursorblock hingegen in eine Zeile gequetscht. Wer häufig F-Tasten nutzt, braucht ebenfalls Training: Huawei-typisch sind F6 und F7 keine direkten Nachbarn, sondern von einer WLAN-Sondertaste getrennt. Alles ab F7 ist also um eine Taste nach rechts verschoben. Das ist ein Relikt aus vergangenen Zeiten, als Huawei die Webcam in die Tastatur integriert hatte. Mittlerweile residiert die Kamera im Deckelrahmen.

n-1 Prozessor

Der Namenszusatz 2024 des neuen MateBook D 16 gilt für das Erscheinungsjahr des Notebooks, aber der darin eingegebene Prozessor ist älter: Es ist ein Core i9-13900H aus der 13. Core-i-Generation von Anfang 2023 und kein Chip der frisch gestarteten 2024er-Baureihe Core Ultra 100.

Für Office, Web und Video taugt er locker; für schicke 3D-Spielwelten ist die integrierte Grafikeinheit Iris Xe wie üblich zu lahm. Das gilt aber auch für die renovierte Arc-Einheit im Core Ultra. Der größte Unterschied ist, dass sie eine eigene KI-Einheit an Bord hat. Sie übernimmt derzeit aber nur wenige Aufgaben wie das effiziente Hintergrundweichzeichnen für Videokonferenzen. Dass die CPU dafür beim MateBook D 16 mehr Energie für die stärker belasteten CPU-Kernen verbraucht muss, merkt man nicht: Die Lüfter rauschen selbst bei stark und langanhaltend geforderten CPU-Kernen nur mit erträglichen 0,8 sone. Wir haben alles im Huawei-Energieprofil „Ausgeglichen“ gemessen; die Zusatzsoftware PC Manager hält auch „Höchstleistung“ bereit.

Selbst mittelfristig wird man am Core i9 noch Freude haben: Der Gedanke, dass alle Nutzer 2024 neue Notebooks mit KI-Prozessoren kaufen, ist Wunschdenken von CPU- und Notebookherstellern. Und Einsteigernotebooks werden aktuell noch reihenweise mit Core-i-Prozessoren der 12. Generation verkauft.

USB-C-Rückschritt

Beim 2023er-Modell des MateBook D 16 hatte Huawei die Schnittstellen verändert: Auch beim 2024er-Gerät gibt es eine eckige USB-A-Buchse mehr und statt zwei nur noch eine USB-C-Buchse. Steckt man das

mitgelieferte Netzteil dort ein, kann man also keine weitere moderne Peripherie mehr ohne Adapter oder Dockingstation anschließen – ein verwunderlicher Rückschritt, wo USB-C doch immer öfter gebraucht wird. Das Netzteil ist anders als beim Vorgänger übrigens kein besonders kompaktes Steckernetzteil mit abnehmbarem USB-C-Kabel mehr, sondern ein klobigeres Modell mit fest angebrachter Notebookzuleitung.

Grundsätzlich taugt die USB-C-Buchse für USB-C-Docks oder -Monitore, da sie auch Videosignale ausgibt und USB-Daten übermittelt. Kurios: Wir konnten einen USB-3.0-Stick sofort in Betrieb nehmen, aber eine USB4-SSD wurde erst erkannt, nachdem wir mehrere USB-C-Kabel verschiedener Geschwindigkeitsklassen durchprobieren hatten. Danach funktionierte die SSD dann auch mit dem ihr beigelegten und 40-Gbit/s-tauglichen Originalkabel, das zu Beginn gar nicht wollte.

Huawei verkauft das MateBook D 16 (2024) in zwei Konfigurationen. Das getestete Topmodell mit Core i9-13900H, 16 GByte aufgelötetem LPDDR4-Speicher und 1-TByte-SSD kostet 1400 Euro. Für 1000 Euro bekommt man das Notebook mit identischem Speicherausbau, aber etwas langsamerem Prozessor (Core i5-13420H, 4 statt 6 P-Kerne) und geringerer Akkukapazität (56 statt 70 Wh). Das merkt man an 20 Prozent kürzeren Laufzeiten, die beim Testgerät mit dickerem Akku bis zu 16 Stunden beträgt. Ungereimtheiten bei der Anzeige für den Akkuladestand verschwanden mit der kurz vor Redaktionschluss veröffentlichten BIOS-Version 1.05.

Gegenüber dem direkten Vorgänger ist das neue Modell spürbar teurer. Dessen zwei ähnliche Ausstattungsvarianten sind 2022 für 800 und 1100 Euro an den Start gegangen [1]. Damit kratzt das als Mittel-

klassegerät konzipierte MateBook D 16 (2024) preislich an der Oberklasse, ohne wie dort üblich die allerneueste CPU-Generation, rasantes USB4 beziehungsweise Thunderbolt per USB-C, hohe Bildschirmauflösungen oder Wi-Fi 6E inklusive 6-GHz-Funk zu bieten [2]. Huawei lockt noch bis Ende Februar mit der Gratisbeigabe seiner Drahtlos-Ohrstöpsel FreeBuds 5.

Fazit

Das MateBook D 16 ist auch in der 2024er-Auflage ein No-Frills-Notebook im schicken Metallgehäuse. Nur die einzige USB-C-Buchse, die obendrein trotz eines Gerä-

tepreises von 1400 Euro kein USB4 beziehungsweise Thunderbolt spricht, mag Nutzer in ein paar Jahren noch mehr einschränken als schon heute. Der matte Bildschirm wird einem hingegen auch dann noch gefallen, denn sein modernes 16:10-Format liefert wie die Tastenbeleuchtung und der Fingerabdruckleser spürbaren Komfort. (mue@ct.de) ct

Literatur

- [1] Florian Müssig, Großraumbüros, 16-Zoll-Notebooks zum Arbeiten um 1000 Euro, c't 3/2023, S. 82
- [2] Florian Müssig, Edle Arbeitstiere, Hochwertige Notebooks mit großen Bildschirmen und USB4, c't 17/2023, S. 100

Huawei MateBook D 16 (2024): Daten und Testergebnisse

getestete Konfiguration		MCLG-W9611					
Lieferumfang		Windows 11 Home, Netzteil					
Schnittstellen (V = vorne, H = hinten, L = links, R = rechts, U = unten)							
HDMI / DisplayPort / Kamera (Hello)	L / - / ✓ (-)						
USB / LAN / Klinke	2 × L (1 × Typ C), 1 × R / - / L						
Kartenleser / Strom / Docking-Anschluss	- / - / -						
USB-C: 40 Gbit/s / 10 Gbit/s / DisplayPort / Laden	- / - / ✓ / ✓						
Ausstattung							
Display	16 " (40,7 cm), 1920 × 1200, 16:10, 141 dpi, 60 Hz, 2 ... 317 cd/m², matt, IPS						
Prozessor	Intel Core i9-13900H (6 P-Kerne + 8 E-Kerne)						
Hauptspeicher / SSD	16 GByte LPDDR4 / YMA (1024 GByte)						
KI-Einheit	–						
Grafikchip (Speicher)	Intel Iris Xe (vom Hauptspeicher)						
Sound	Audio Device						
Mobilfunk / LAN / WLAN + Bluetooth	– / – / Intel AX201 (Wi-Fi 6, 2 Streams)						
Touchpad (Gesten) / Fingerabdruckleser	HID (max. 4 Finger) / Goodix						
Gewicht, Maße, Stromversorgung							
Gewicht / Größe / Dicke mit Füßen	1,72 kg / 35,6 cm × 24,8 cm / 1,8 ... 2,2 cm						
Tastaturhöhe / Tastenraster / Beleuchtung	1,2 cm / 18,5 mm × 18,5 mm / ✓						
Akku (Ladestopp < 100 % einstellbar)	70 Wh Lithium-Ionen (✓)						
Netzteil (Notebookzuleitung abnehmbar)	65 W, 203 g (–)						
bei USB-PD: 5 / 9 / 12 / 15 / 20 Volt mit ...	2 / 2 / 2 / 3 / 3,25 Ampere						
Leistungsaufnahme							
Suspend / ausgeschaltet	1 W / 0,3 W						
ohne Last: Display aus / 100 cd/m² / max.	2,9 W / 5,6 W / 8,6 W						
CPU-Last / Video / 3D-Spiele (max. Helligkeit)	66 W / 13,9 W / 48 W						
max. Leistungsaufnahme / Netzteil-Powerfactor	66 W / 0,61						
Laufzeit, Geräusch, Benchmarks							
Laufzeit Idle (100 cd/m²) / Video (200 cd/m²) / 3D (max.)	16,2 h / 8,6 h / 2,1 h						
Ladestand nach 1h Laden	67 %						
Geräusch ohne / mit Rechenlast	<0,1 sone / 0,8 sone						
Massenspeicher lesen / schreiben	6522 / 3704 MByte/s						
WLAN 6 GHz / 5 GHz / 2,4 GHz (20m)	– / 1014-1270 / 233-300 Mbit/s						
Qualität Audioausgang / Dynamikumfang	⊕⊕ / 102,5 dB						
CineBench 2024 (GPU / 1T / nT)	– / 113 / 723 Punkte						
GeekBench 6.2 (Single / Multi)	2732 / 12826 Punkte						
3DMark: Fire Strike / Time Spy / Solar Bay	5621 / 2029 / – Punkte						
Preis und Garantie							
Straßenpreis Testkonfiguration	1400 €						
Garantie	2 Jahre						
⊕⊕ sehr gut	⊕ gut	○ zufriedenstellend	⊖ schlecht	⊖⊖ sehr schlecht	✓ vorhanden	– nicht vorhanden	k. A. keine Angabe



Die beleuchtete Tastatur bietet einen vierspaltigen Ziffernblock; die F-Tasten sind ab F7 um eine Taste nach rechts versetzt.

Ihr Partner für IT-Weiterbildung

Videokurse für IT-Professionals



Python für Deskriptive Statistik

Lernen Sie die wichtigsten Werkzeuge der deskriptiven Statistik anwendungsorientiert mit Hilfe der Programmiersprache Python kennen.



Ubuntu System Administration: Grundlegende Befehle

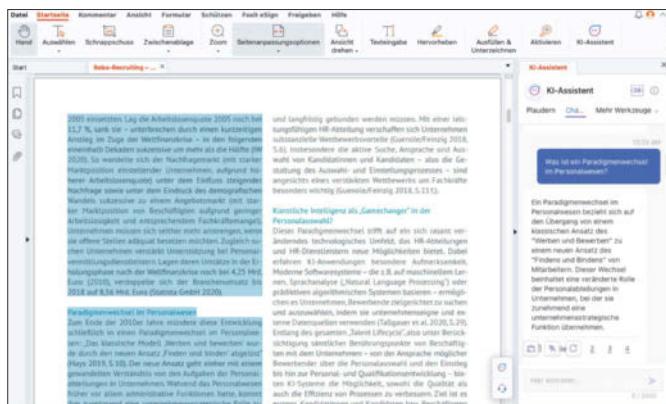
Unser Experte Tom Wechsler macht Sie in diesem Videokurs mit den Grundlagen der Linux-Kommandozeile und der Serveradministration vertraut.



Informationssicherheit im Unternehmen

Der umfassende Kurs für Datensicherheit im Unternehmen – IT-Expertin Corinna Göring zeigt Strategien und Maßnahmen zum Schutz vor Datenverlust.

**Jetzt alle Videokurse
30 Tage kostenlos testen:
heise-academy.de**



Foxit fragt ChatGPT

Foxit hat seinen Reader und Editor mit ChatGPT verbandelt. Der KI-Assistent hilft, den Inhalt von Dokumenten zu verstehen, und referenziert die Quellen im Text. Bisweilen kommt er allerdings ins Stolpern.

Eine Sprach-KI ist die natürliche Verbündete des PDF-Betrachters: Sie kann helfen, anspruchsvolle oder sehr umfangreiche Abhandlungen zu verstehen und intuitiver mit Dokumenten zu arbeiten. Der KI-Assistent des kostenlosen Foxit Reader will genau damit dienen. Er fasst Dokumente zusammen, beantwortet detaillierte Fragen zum Inhalt, übersetzt markierte Bereiche in andere Sprachen, korrigiert Grammatik- und Rechtschreibfehler oder formuliert Kompliziertes in einfacherer Sprache. Die Technik dahinter stammt nicht von Foxit selbst, sondern von OpenAI: Der Reader leitet die Anfragen an den Azure OpenAI Service weiter, genauer an ChatGPT 3.5.

Das Angebot beschränkt sich auf 100 zusammengefasste Seiten pro Monat und 50 Anfragen pro Tag, wobei jede Anweisung maximal 2000 Zeichen haben kann; erweitern lässt sich das Kontingent derzeit nicht. Der Chat findet rechts in einer Seitenleiste neben dem Dokumentfenster statt, wobei die Funktion „Plaudern“ nur allgemeines ChatGPT-Wissen liefert und die konkrete Dokumentanalyse via „Fassen Sie das Dokument zusammen“ sowie „Mehr Werkzeuge“ startet. Im Test fertigte das Gespann eine ordentliche, inhaltlich korrekte Zusammenfassung eines elfseitigen wissenschaftlichen Aufsatzes zum Einsatz von KI im Recruiting an. Bei Aufruf von „Chat über Dokument“ schlägt der Bot weitere Fragen zur Vertiefung vor, anhand derer sich der Nutzer durch den Text hangeln kann. Tiefergehende Fragen beantwortete der KI-Assistent überwiegend richtig, aber oft zu oberflächlich. Einige Antworten gerieten so oberflächlich und allgemeingültig, dass unklar war, ob sie der Assistent tatsächlich aus dem Inhalt des vorliegenden Dokuments gewonnen hatte.

Als wir allgemein um eine Übersicht von im Artikel genannten Recruiting-Tools baten, musste Foxits Assistent passen und behauptete, dass es darüber im Text keine Informationen gebe. Gefragt nach einem konkreten Produkt (Precire) fasste er die entsprechende Passage indes bereitwillig zusammen. Detailliertere Antworten lieferte diesbezüglich der mittlerweile nativ in OpenAIs ChatGPT eingebaute PDF-Interpreter, der sich auf das aktuelle GPT 4.0 stützt. Diesem fehlt allerdings die komfortable Oberfläche und somit eine visuelle Anzeige des Dokuments.

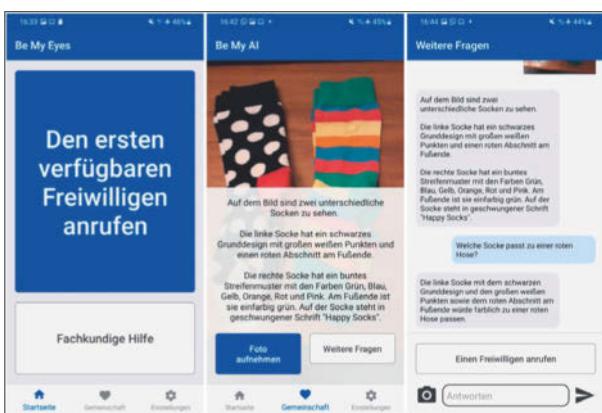
Hier wiederum nutzt Foxit seinen Heimvorteil als etablierter PDF-Hersteller. Der KI-Assistent referenziert und verlinkt die für seine Antwort relevanten Textpassagen, sodass man diese rasch verifizieren kann. Außerdem kann man Antworten in die Zwischenablage oder in Kommentare kopieren; mit weiteren Programmoptionen interagiert der Chatbot allerdings nicht.

Fazit

Foxit verknüpft seine PDF-Engine mit ChatGPT und gehört damit zu den Vorreitern unter den etablierten PDF-Softwareherstellern. Anders als einfache PDF-Chatbot-Schnittstellen wie AskYourPDF verlinkt und markiert der eingebaute KI-Assistent die Quellen im Dokument, was eine absolute Voraussetzung ist, um längere Texte rasch zu erfassen und produktiv damit zu arbeiten. Einige Antworten gerieten im Test allerdings zu oberflächlich oder blieben ganz aus; möglicherweise fielen sie dem Compliance-Filter von OpenAI zum Opfer. Das monatliche Limit von 100 Seiten ist für ernsthaftes Arbeiten zu knapp bemessen. (atr@ct.de)

Foxit Reader

PDF-Betrachter und -Editor	
Hersteller, URL	Foxit Software, www.foxit.com/de
Systemanf.	Windows, Mac, Linux
Preis	Kostenlos



Mit fremden Augen

Die App Be My Eyes hilft Menschen mit Sehbehinderung im Alltag. Die Anwendung verbindet sie mit sehenden Freiwilligen, die Fragen zum Live-Video des Nutzers beantworten. Neu ist die KI-Funktion „Be My AI“.

Ist die Milch abgelaufen? Passen die Socken zusammen? Hat die Zimmerpflanze Blattläuse? Für sehende Menschen sind die Antworten offensichtlich, für Menschen mit Sehbehinderung nicht. Die kostenlose App Be My Eyes will ihnen helfen. Ein Netzwerk von sehenden Freiwilligen und seit Kurzem auch der Algorithmus „Be My AI“ sollen Alltagsfragen beantworten.

Die Bedienoberfläche der App ist aufgeräumt, man findet sich auch mit Bedienungshilfen wie Google TalkBack darauf zurecht. Alle Funktionen stecken im vierteiligen Menüband unten: die Startseite (Haus-Symbol), „Be My AI“ (Kamera), „Gemeinschaft“ (Herz; etwa Blogeinträge zum Thema) und die Einstellungen (Zahnrad). Leider hakte die Leiste immer wieder, mal verschwand der KI-Menüpunkt, mal zeigte die App statt der Startseite die Einstellungen an. Kurz geschlossen und neu geöffnet, funktionierte die App wieder normal.

Auf der Startseite kann man über eine große, blaue Schaltfläche „Den ersten verfügbaren Freiwilligen anrufen“ oder über eine kleine, weiße „Fachkundige Hilfe“ holen. Dort bieten Firmen an, ihren Kundendienst über die App zu kontaktieren. Einige unterstützen sogar deutschsprachige Anrufe, etwa Sony und Clearblue (Schwangerschaftstests). Alle Anrufe laufen über den Kommunikationsdienst Twilio. Die Gesprächspartner hören einander und der Angerufene sieht ein Live-Video von der Rückkamera des Anrufers.

Wir wollten mithilfe der App herausfinden, wie zwei Sockenpaare aussehen. Unseren Anruf nahm nach wenigen Sekunden eine freundliche, Deutsch sprechende Frau an, die anscheinend gerade mit der Bahn unterwegs war. Wir zeigten ihr die Socken und fragten nach den Farben und Mustern – sie antwortete ohne Schnörkel, wir dankten und verabschiedeten uns. Auch die KI beschrieb zunächst das Bild und erkannte die Sockenfarben und -muster fast korrekt. Über den Button „Weitere Fragen“ öffnet sich ein Chat; auf die Frage „Welche Socken passen zu einer roten Hose?“ riet die KI zu den schlichter gefärbten.

Be My Eyes ist fix startklar, doch die Nutzungsbedingungen und die Datenschutzerklärung sind nicht barrierefrei: Nur drei Punkte daraus sind auf Deutsch, mehr muss man auf Englisch im Web nachlesen. Dort steht unter anderem, dass man die App nicht als Mobilitätshilfe und für medizinische Fragen nutzen und mit der KI-Funktion keine Menschen ohne deren Zustimmung fotografieren darf.

Auch die Datenschutzerklärung hat es in sich: Die aufgenommenen Bilddaten speichere Be My Eyes nicht nur, sondern teile sie auch mit Dritten, etwa zu Forschungszwecken. „Be My AI“-Entwickler Open AI dürfe die Bilddaten sogar zum KI-Training nutzen. Darum solle man in der App keine persönlichen Daten preisgeben.

Wir waren überrascht, wie schnell und unkompliziert die App bei unserem Sockenproblem half. Die hakende Menüleiste kann aber besonders für Menschen mit Sehbehinderung nervig sein. (gref@ct.de)

Be My Eyes

Sehhilfen-App

Hersteller, URL	Accessibley Inc., bemyeyes.com
Systemanf.	Android ab 5.0, iOS ab 13.6
Preis	kostenlos

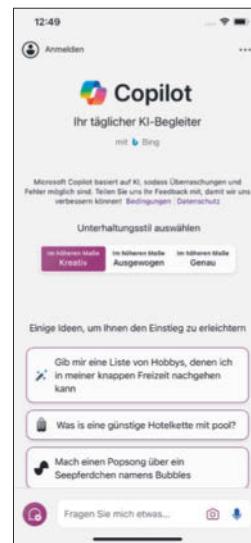
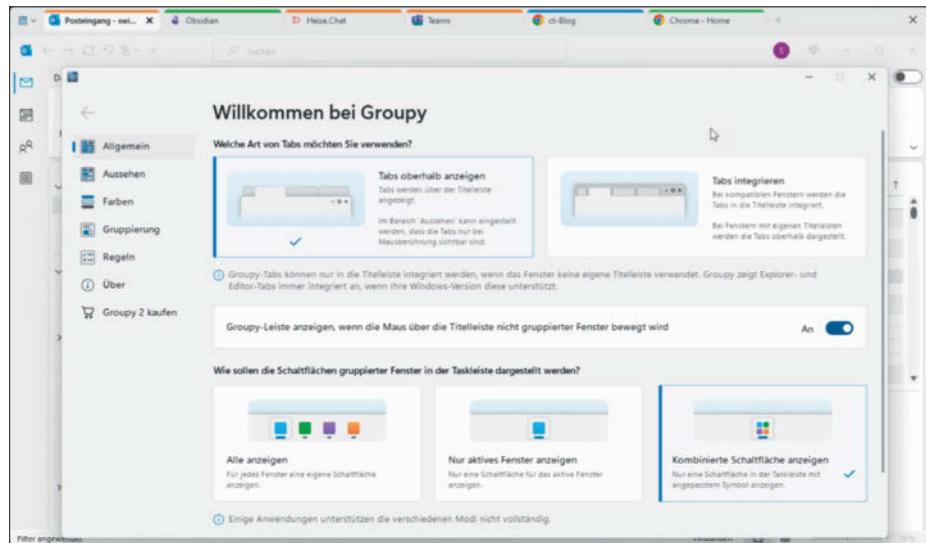
E-Books im heise Shop

Jetzt viele Titel als **ePub, mobi und PDF** erhältlich.

Sofort im Zugriff, dauerhaft in Ihrem Account gespeichert.

shop.heise.de/e-books

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. E-Books können einem DRM-Schutz unterliegen.



Ein-Fenster- Windows

Das Tool Groupy 2 organisiert Windows-Anwendungsfenster in Tabs, ähnlich wie im Webbrowser.

Es gibt mehrere Ansätze, unter Windows das Fensterdurcheinander vieler geöffneter Anwendungen zu bändigen – etwa über virtuelle Desktops oder vorgegebene Positions- und Größenraster wie mit dem in Windows 11 integrierten Fenstermanager oder dem Tool „FancyZones“ aus den Windows-PowerToys.

Groupy 2 von Stardock Software geht einen anderen Weg: Es stattet Windows-Fenster mit einer zusätzlichen Tableiste aus. In den einzelnen Tabs stecken beliebige Windows-Anwendungen, die man per Kontextmenü oder Drag & Drop hinzufügt. Beim Tabwechsel wird der aktuelle Fensterinhalt ausgetauscht. So wechselt man zwischen Textverarbeitung, Tabellenkalkulation, Browserfenstern und Mailprogramm, indem man den zugehörigen Tab anklickt, statt zu einem anderen Fenster zu schalten. Man muss sich allerdings damit anfreunden, dass prinzipiell alle Anwendungen in die vorgegebene Fenstergroße eingepasst werden – so wie auch im Webbrowser alle Tabinhalte innerhalb des selben Fensters gleich groß sind.

Das Tool lässt sich vielseitig anpassen. So kann man bestimmen, ob die Tableiste in das Fenster integriert oder oben angeklebt ist, ob sie dauerhaft oder nur bei Überfahren mit dem Mauszeiger sichtbar ist, und wie sich die in einem Fenster kombinierten Anwendungen in der Windows-Taskleiste zeigen. Windows 11-Nutzer legen fest, ob

die Groupy-Tabs mit denen von Explorer und Editor kombiniert werden. Außerdem bestimmt man Form und Farben der Tabs. Letztere lassen sich auch individuell über das jeweilige Kontextmenü zuweisen.

Besonders praktisch erscheinen die Möglichkeiten, Tabs zu gruppieren und so ganze Sätze von Anwendungen auf einmal zu starten und die Organisation mit definierbaren Regeln zu automatisieren. Leider fehlt hierzu eine brauchbare Dokumentation, sodass man sich diese Funktionen mühsam erarbeiten muss.

Vermisst haben wir Tastenkürzel, mit denen man bestimmte Tabs direkt aktiviert. In den Windows-Übersichten (Alt+Tab und Windows+Tab) erscheinen alle aktiven Anwendungen nach wie vor einzeln – egal, ob sie in Tabs oder separaten Fenstern liegen.

Groupy 2 verfolgt einen alternativen, aber auch sehr gewöhnungsbedürftigen Ansatz für das Fensterhandling in Windows und trifft sicher nicht jedermanns Geschmack. Ob man sich auf die stark veränderte Arbeitsweise einstellen kann, darf man glücklicherweise 30 Tage lang mit einer Testversion ausprobieren. Danach werden knapp 12 Euro fällig, wobei man Groupy 2 auf bis zu fünf Rechnern gleichzeitig nutzen kann. Das Programm ist auch Bestandteil des rund 40 Euro teuren Stardock-Pakets „Object Desktop“, in dem ein Dutzend Tools zum Pimpen des Windows-Desktops stecken.

(swi@ct.de)

Groupy 2

Windows-Fenstermanagement-Tool	
Hersteller, URL	Stardock, stardock.com/products/groupy/
Systemanf.	Windows 10/11
Preis	11,99 €

Hosentaschen-KI

Microsofts mobile Copilot-App bringt ChatGPT und Dall-E auf Smartphones und Tablet.

Copilot für iOS- und Android-Geräte verpackt den vom Webbrowser bekannten Bing-Chat in eine App. Die Oberfläche ist übersichtlich, die Bedienung einfach.

Die Unterhaltungen mit ChatGPT funktionieren auch ohne Konto und Anmeldung, sind dann aber auf fünf Fragen und Antworten pro Thema (Thread) und Tag beschränkt. Mit einem kostenlosen Microsoft-Konto erweitert sich das Limit auf 30. Chatverläufe werden derzeit nicht gespeichert, einzelne Antworten lassen sich in die Zwischenablage kopieren.

Als Sprachmodell lässt sich neben dem voreingestellten GPT-3.5 per prominent auf der Oberfläche angebrachtem Schieberegler auch GPT-4 wählen. Diese Einstellung wird allerdings nicht gespeichert; man muss sie bei jedem Neustart der App erneut vornehmen. Außer Textchats erlaubt die App auch die Bilderzeugung mit Dall-E, allerdings ausschließlich mit einem Microsoft-Konto. Auch die Eingabe per Sprache ist möglich; die Antworten werden dann immer auch vorgelesen.

Die Copilot-App erspart dem Nutzer den Umweg über Webbrowser und Bing-Seite, bietet aber ansonsten keinen Mehrwert.

(swi@ct.de)

Microsoft Copilot

KI-Chat-App	
Hersteller, URL	Microsoft, microsoft.com/copilot
Systemanf.	iOS ab 15.0, iPadOS ab 15.0, Android ab 11
Preis	kostenlos

Neues Signal auf dem

#Hype-Radar!



c't 3003 Newsletter



Alle Tech-Trends auf dem Schirm mit dem
Newsletter von c't 3003.

Jetzt **KOSTENLOS** abonnieren:
ct.de/hype



NAS, Raspi oder Eigenbau?

Kaufberatung: Passende Hardware
für Heimserver



Kaufberatung Seite 86
Bauvorschlag Seite 92

Welche Hardware ein Heimserver benötigt, hängt von höchst individuellen Wünschen ab und reicht vom Raspberry Pi über ein NAS bis hin zur großen PC-Blechkiste. Wir stellen die aktuelle Technik vor.

Von Christof Windeck

Für Heimserver gibt es keine Allzweckhardware. Vielmehr sind ganz verschiedene Konfigurationen sinnvoll, weil die persönlichen Wünsche an einen Server sich stark unterscheiden. Viele Privatkunden wollen gar keine Serverhardware mehr betreiben, ihnen reichen Cloud-Dienste. Andere installieren eigene Software auf einer virtuellen Instanz oder einem Root-Server beim Hoster. Soll der Server hingegen in den eigenen vier Wänden laufen, kaufen die meisten einen fertigen Netzwerkspeicher (NAS), auf dem sich viele Dienste recht einfach als Plug-ins einrichten lassen.

Doch ein NAS erfüllt nicht jeden Wunsch. Manche hätten es gerne billiger, sparsamer oder leiser und begnügen sich dafür mit einem Raspberry Pi. Andere nehmen lieber einen Mini-PC, weil x86-Technik die größte Auswahl an (Open Source-)Software eröffnet. Und einige wünschen sich viele CPU-Kerne und massenhaft RAM für virtuelle Maschinen sowie Platz für mehrere Festplatten.

Ein gemeinsamer Nenner ist jedenfalls Linux als Open-Source-Betriebssystem für Heimserver. Denn es kostet meistens nichts, verspricht aber hohe Sicherheit und viele Jahre Updates. Falls die ursprünglich installierte Linux-Distribution eines Tages keine Updates mehr bekommt, steigt man auf den Nachfolger um. Für reine Netzwerkgeräte wie Firewalls gibt es spezialisierte Betriebssysteme wie OpenWRT, pfSense oder OPNsense. Die kann man auch als Container oder virtuelle Maschine (VM) auf einem schlanken Hypervisor-System wie Proxmox einrichten.

Rechenleistung

Für einfache Serverdienste genügt Hardware, die nach heutigen Maßstäben sehr leistungsschwach ist. Die aktuell günstigs-

ten NAS mit Einbauschächten für zwei Festplatten (2-Bay-NAS) kosten ab etwa 190 Euro und haben Systems-on-Chips (SoCs) von Realtek mit vier älteren ARM-Kernen. Deren Rechenleistung reicht aus, um Daten mit voller Geschwindigkeit von 1-Gbit/s-Ethernet zu liefern, also mit knapp mehr als 100 MByte/s – zumindest ohne Verschlüsselung. Auch Nextcloud oder ein Medienserver wie Plex laufen bereits auf solchen Maschinchen.

Ein Raspberry Pi 4 mit seinen vier ARM-Kernen vom Typ Cortex-A72 ist bereits deutlich stärker als die erwähnten NAS-Chips und stemmt mit 4 oder 8 GByte RAM mehrere Docker-Container gleichzeitig. Raspi und ARM-NAS haben jedoch zwei gemeinsame Nachteile: Ihr Arbeitsspeicher (RAM) lässt sich nachträglich nicht erweitern und auf ARM-SoCs läuft kein x86-Code – also auch keine x86-Container und x86-VMs.

Aufrüstbaren Speicher in Form von mindestens einem wechselbaren (SO-)DIMM findet man erst bei NAS mit x86-Prozessoren zu Preisen ab rund 400 Euro. In solchen NAS-Boxen steckt oft ein Celeron wie der ältere J4105 oder die jüngeren N5095/N5105 [1]. Darauf laufen auch Webserver und kleine Datenbanken flott. Falls die RAM-Kapazität die Leistung begrenzt, lässt es sich auf 16 oder 32 GByte RAM aufrüsten – das reicht für die meisten Dienste, die ein privater Haushalt oder ein kleines Büro benötigt.

Container und VMs auf typischen Heimservern müssen nur wenig leisten. Daher können sich mehrere davon einen CPU-Kern teilen. Das kann ein physischer oder logischer Kern sein, letztere gibt es bei Prozessoren mit Simultaneous Multithreading (SMT).

Sollen jedoch mehrere Container oder VMs wirklich gleichzeitig arbeiten und nicht bloß im Leerlauf vor sich hindämmern, braucht der Server ausreichend viele (logische) CPU-Kerne. Die Preise für NAS mit mehr als vier CPU-Kernen begin-

nen jedoch erst jenseits von 1000 Euro. Denn das sind eigentlich kleine Server im NAS-Gewand. In dieser Preisklasse liegen auch Einstiegskonfigurationen von einschlägigen Servermarken wie Dell, HPE und Lenovo. Geräte wie der HPE ProLiant MicroServer Gen10 Plus, mittlerweile leicht aktualisiert als Gen10 Plus v2 erhältlich, sind allerdings in der Basiskonfiguration mager bestückt. Rüstet man solche Geräte mit Originalteilen auf, für die dann auch Garantie und Support gelten, wird es rasch sehr teuer.

Viele Server dieser Bauart haben einen Fernwartungschip (Baseboard Management Controller/BMC), oft mit separatem Netzwerkanschluss. Diese Funktion und auch die Auslegung der Geräte steigern die Leistungsaufnahme im Leerlauf. Nur wenige Server kommen mit weniger als 20 Watt aus. Das führt bei Dauerbetrieb, der auch bei Heimservern typisch ist, zu hohen Stromkosten, siehe Textkasten auf Seite 88. Es ist daher ratsam, genau auf die Leistungsaufnahme zu achten. Und deshalb wiederum kann die Weiternutzung gebrauchter Profi-Server sehr teuer werden, denn manche davon schlucken schon im Leerlauf um die 100 Watt.

Weil die meisten Heimserverdienste für sich genommen nicht viel Rechenleistung benötigen, kommt es nicht auf die Performance der einzelnen CPU-Kerne an. Besondere Stromsparprozessoren braucht man aber auch nicht: Bei den meisten aktuellen PC-Prozessoren lässt sich die Thermal Design Power (TDP) begrenzen, statt auf 65 beispielsweise auf 45 oder 35 Watt. Dazu braucht man nur ein Mainboard mit der zugehörigen Einstellungsmöglichkeit im BIOS-Setup.

Auch die Datentransferrate des RAM ist bei Heimservern fast nie relevant; Hauptsache, die Kapazität langt. Man

ct kompakt

- Unter einem „Heimserver“ versteht jeder etwas anderes, weshalb es keine Allzweckhardware dafür gibt.
- NAS sind als Heimserver beliebt, haben aber auch Nachteile, etwa begrenzte Supportfristen.
- Um teuren Strom zu sparen, sollte man genau auf die Konfiguration achten.



Ein Raspberry Pi plus USB-SSD genügt schon für viele typische Heimserver-Dienste.

kommt also auch mit einkanaligem Hauptspeicher aus und mit niedrig taktenden Speicherchips. Übertakten sollte man unbedingt vermeiden, weil dadurch die Wahrscheinlichkeit von Speicherfehlern steigt.

Im Zweifel: NAS!

Kompakte NAS sind wohl die meistverkauften Heimserver. Im Vergleich zu einem selbst gebauten Server bieten NAS etablierter Marken erhebliche Vorteile. Vor allem laufen sie mit hoher Wahrscheinlichkeit zuverlässiger, denn die jeweiligen Hersteller fertigen sie in größeren Stückzahlen mit identischer Hardware

und entwickeln ihre Betriebssysteme (bei NAS auch Firmware genannt) schon seit Jahren weiter. Beides mindert das Risiko von Inkompatibilitäten im Vergleich zu einer individuellen Kombination aus PC-Komponenten und Betriebssystem. Obendrein stellen die meisten NAS-Anbieter Kompatibilitätslisten für Festplatten und SSDs bereit und verkaufen passendes Zubehör, Synology sogar Festplatten.

Die Konfiguration eines fertig gekauften NAS ist deutlich einfacher, als Linux selbst zu installieren sowie passend und sicher einzurichten. Temperaturgeregelte Lüfter halten die Festplatten kühl und bleiben meistens trotzdem leise – das bekommt man beim PC-Selbstbau selten besser hin. Und bei Problemen findet man typischerweise eher Hilfe: Hersteller und Händler bieten Gewährleistung und Garantie, oft finden sich Hinweise schon in Onlineforen. Bei einem Fertig-NAS lassen sich auch Energiebedarf und Betriebsgeräusch anhand von Testberichten besser einschätzen als bei einem Eigenbau.

Die proprietäre Firmware der NAS ist gleichzeitig ein Nachteil. Denn diese Spezialbetriebssysteme basieren zwar meistens auf Linux, lassen sich aber nicht gegen eine andere Linux-Distribution tauschen. Das schränkt einerseits die Software-Auswahl ein, andererseits begrenzt es die sichere Nutzungsdauer des NAS. Sobald der NAS-Hersteller keine Updates mehr lie-

fert, bleiben neue Sicherheitslücken offen. Dann kann man Funktionen zum Fernzugriff aufs NAS nicht mehr sicher nutzen; manche Verschlüsselungstrojaner greifen sogar gezielt NAS-Sicherheitslücken an.

Keine Regel ohne Ausnahme. Auf vielen NAS-Boxen des chinesischen Herstellers TerraMaster lässt sich ein beliebiges Linux installieren. Ansonsten kann man bei vielen x86-NAS einen Hypervisor oder eine Containerverwaltung per Plug-in nachrüsten, um darin dann eigene Software zu betreiben. Doch auch hier gilt: Bekommt der Firmware-Unterbau keine Updates mehr, wird es unsicher.

Wer nur NAS-Basisfunktionen benötigt, hat diese vielleicht schon daheim, ohne es zu wissen. Denn viele WLAN-Routen wie beispielsweise Fritzboxen haben USB-Buchsen, an die man eine USB-SSD oder eine USB-Festplatte anschließen kann. Die Router-Firmware bietet dann Funktionen, um zentralen Speicher im Netz zu verwalten. Sie genügen zum Bereitstellen von ein paar Familienfotos oder für ein gelegentliches (Zusatz-)Backup des Notebooks.

Einplatinencomputer

Einplatinencomputer wie der Raspberry Pi 4 kosten weniger als 100 Euro und kommen mit 2,5 bis 4 Watt Leistung im Leerlauf aus, sofern man keine stromfressende USB-Platte anschließt. Ein solches Rech-

Stromverbrauch im Zaum halten

Strom ist teuer: Der mittlere Preis betrug in Deutschland zuletzt rund 44 Cent pro Kilowattstunde (kWh), glücklicherweise mit sinkender Tendenz. Selbst wenn man mit „nur“ 38 Cent/kWh rechnet, geht ein Heimserver ins Geld: Bei 20 Watt Leistungsaufnahme kostet Rund-um-die-Uhr-Betrieb über eine angenommene Lebensdauer von fünf Jahren satte 333 Euro.

Die meiste Zeit verbringt ein Heimserver mit Nichtstun. Selbst wenn man täglich 20 Gigabyte an Daten liest oder schreibt, dauert das bei einer Transferrate von 100 MByte/s bloß drei Minuten. Nimmt man großzügig eine Stunde Volllast an, so dämmt der Server 96 Prozent des Tages vor sich hin. Deshalb kommt es auf die Leistungsaufnahme im Leerlauf an.

Eine einzige Magnetfestplatte hoher Kapazität schluckt 5 bis 8 Watt, wenn sich

ihr Plattenstapel dreht. Die automatische Abschaltung des Spindelmotors (spin-down) nach beispielsweise einer Stunde ohne Zugriffe senkt den Bedarf auf 1 bis 2 Watt. SSDs sind wesentlich sparsamer und kommen ohne Zugriffe mit 0,1 bis 1,5

Watt aus. Daher sollte man das Betriebssystem eines Servers auf eine SSD packen. USB-Sticks sind ebenfalls deutlich sparsamer als Magnetfestplatten, brauchen im Leerlauf aber oft etwas mehr Strom als eine USB-SSD.

Leistungsaufnahme und Stromkosten

Leistungsaufnahme [Watt]	Stromkosten pro Jahr / pro 5 Jahre (bei 0,38 €/kWh)	
	Betrieb werktags 10 Stunden	Dauerbetrieb
2	12/8 €	7/33 €
5	14/21 €	17/83 €
10	18/42 €	33/166 €
15	13/64 €	50/250 €
20	17/85 €	67/333 €
40	34/169 €	133/666 €
100	85/424 €	333/1664 €

223 Werkstage mit je 10 Stunden: 2230 Stunden pro Jahr, Dauerbetrieb: 8760 Stunden pro Jahr

nerlein eignet sich gut für Serverdienste, bei denen es nicht um die NAS-Kernfunktion geht, also zentralen Massenspeicher im Netz. Denn letzteres können NAS zuverlässiger. Ein Raspi kann aber eine gute Ergänzung zu einem NAS sein, etwa als Pi-hole-Werbeblocker, als Plex-Medienserver oder als Smart-Home-Zentralstelle.

Der Raspi 3 für 40 Euro genügt schon für vieles, hat allerdings nur 1 GByte RAM, USB 2.0 und einen per USB angebundenen Netzwerkchip. Der begrenzt die Ethernet-Datenrate auf höchstens etwa 320 Mbit/s. Viel mehr Performance bietet der Raspi 4, weil er bis zu 8 GByte RAM hat, Gigabit/s-Ethernet mit voller Geschwindigkeit und USB 3.0. Der neue Raspi 5 ist noch erheblich schneller, insbesondere bei AES-Verschlüsselung, und lässt sich mit einem „bald“ lieferbaren M.2-Adapter endlich auch mit schnellen SSDs bestücken. Aber unter hoher Last braucht der Raspi 5 einen Lüfter. Und inklusive Netzteil, Gehäuse, M.2-Adapter und SSD landet man rasch bei 150 Euro.

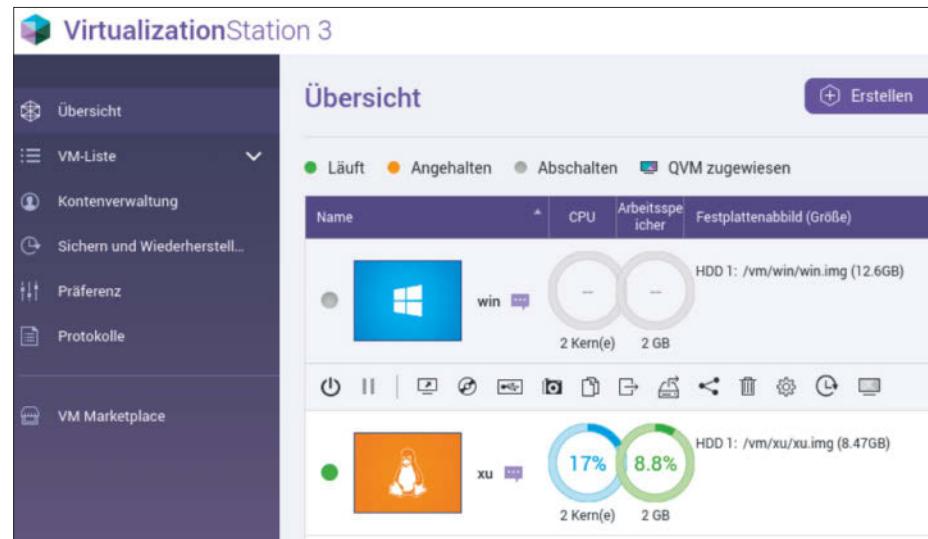
Im Prinzip kann man ein Raspberry Pi Compute Module CM4 per PCIe erweitern, braucht dazu aber ein sogenanntes I/O-Board. Das geht ins Geld, auch die Stromversorgung ist nicht trivial. Es gibt auch NAS-Boards für ein CM4, die allerdings dann ähnlich viel kosten wie ein billiges NAS. Derlei Raspi-Basteleien sind daher nur für ganz spezielle Projekte attraktiv.

Auf einem Raspi kann man außer dem optimal angepassten Raspberry Pi OS auch andere Linux-Distributionen installieren wie die Raspi-Version von Ubuntu. Doch Raspis haben eben ARM- statt x86-Rechenkerne, was die Software-Auswahl einschränkt.

Mancher andere ARM-Einplatinencomputer lockt mit Vorteilen im Vergleich zum Raspi: billiger oder mehr Rechenleistung oder schnellere PCIe-Anschlüsse. Doch nach unseren Erfahrungen sticht der Raspi durch die besonders gute Pflege der Software aus der Masse heraus. Daher sollte man nur dann eine Raspi-Alternative kaufen, wenn man ausreichend (Linux-)Vorwissen hat.

x86-Serverlein

Die billigsten x86-Minicomputer kosten als Barebone ab 100 Euro; inklusive SSD und 8-GByte-Speicherriegel für je 20 Euro zahlt man folglich mindestens rund 150 Euro. Wenn man direkt bei chinesischen Onlinehändlern kauft, kommt man billiger weg, geht aber Risiken in Bezug auf



Die Firmware vieler NAS kann man leicht per Plug-in um Funktionen erweitern. In QNAPs VirtualizationStation lassen sich leicht virtuelle Maschinen einrichten, die weitere Betriebssysteme parallel ausführen.

Gewährleistung und Firmware-Sicherheit ein. Teurer wird es, wenn man lüfterlose Kühlung wünscht: Solche Barebones kosten ab etwa 140 Euro.

In derartigen Rechnerlein stecken oft Intel-Prozessoren der 10-Watt-Klasse für billige Notebooks, von denen die aktuelle Baureihe Alder Lake-N (N97, N100, N200, Core i3-N305) die stärksten sind. Schon länger im Rennen sind die schwächeren Celeron N, Celeron J und Pentium Silver mit zwei oder vier Kernen. Intel beschneidet die Rechenleistung und Erweiterungsmöglichkeiten dieser hoch integrierten System-on-Chip-(SoC-)Prozessoren ganz bewusst, teils um Strom zu sparen, teils um Abstand zu teureren Chips zu halten. Die CPU-Kerne dieser SoC-Prozessoren sind pro Taktzyklus deutlich schwächer als die

aktueller Core-i-Typen. Der RAM-Ausbau ist auf höchstens zwei Speicherriegel und je nach Generation 16, 32 oder 64 GByte limitiert. Die SoC-CPUs haben zudem höchstens zwei SATA-6G-Ports, relativ wenige PCIe-Lanes der Generation 2 oder 3 sowie USB 3.x mit höchstens 10 Gbit/s.

Weil diese Ausstattung für einfache Serverdienste ausreicht, sind viele NAS mit Celeron N/J bestückt. Für Heimerverbasteleien eignen sich Mainboards mit Celeron N/J oder N100 aber weniger. Denn PCIe-SATA-Karten zum Nachrüsten sind vergleichsweise teuer, manche auch unzeitgemäß stromdurstig. Und wegen der geringen Anzahl an PCIe-Lanes sind M.2-Fassungen auf diesen Boards oft nur mit wenigen und langsamen Lanes angebunden.

Vergleich: Hardware für kleine Server

Gerätetyp	Vorteile	Nachteile
ARM-Einplatinencomputer (Raspberry Pi)	winzig, sparsam, inklusive Netzteil, Gehäuse und MicroSD-Karte ab 60 €	wenig RAM, kaum erweiterbar (kein SATA), keine x86-Software
ARM-NAS	ab 190 €, sparsam, als Fileserver sehr gutes Preis/Leistungsverhältnis, leichte Konfiguration, Plug-ins, Schnellwechselrahmen, geregelter Lüfter für Platten, Serienfertigung, Support, Kompatibilitätslisten	geringe Rechenleistung, wenig RAM (und nicht erweiterbar), keine x86-Software, kein freies Betriebssystem, Support-Zeitraum begrenzt
Mini-PC mit x86-CPU	ab 150 €, freie Software-Auswahl, sparsam, kompakt, bis zu 8 P-Kerne und 96 GByte RAM, manche lüfterlos	kein Platz für Magnetfestplatten und PCIe-Karten, beschränkte Rechenleistung
x86-NAS mit erweiterbarem RAM	ab 400 €, leichte Konfiguration, Plug-ins, Schnellwechselrahmen, geregelter Lüfter für Platten, manche per PCIe erweiterbar, Serienfertigung, Support, Kompatibilitätslisten	kein freies Betriebssystem, Support-Zeitraum begrenzt
Desktop-PC	freie Software-Auswahl, bis zu 16 Kerne und 192 GByte RAM, flexibel erweiterbar	individuelle Konfiguration weniger zuverlässig als Serienprodukte, Schnellwechselrahmen teuer, leiser Betrieb von Platten schwierig, ECC-RAM vorwiegend bei teuren und stromdurstigen (Server-)Boards
Komplettserver	freie Software-Auswahl, bis zu 128 Kerne und 4 TByte ECC-RAM, flexibel erweiterbar, Serienfertigung, Zertifizierungen, Support	teuer oder mager ausgestattet, große Konfigurationen laut und stromdurstig, für vollen Support eingeschränkte Komponentenwahl, Support-Zeitraum begrenzt

Zwischen Mini und Mini gibt es erhebliche Unterschiede in der Baugröße. Anders als der NUC (links) nimmt der DeskMini einen wechselbaren Desktop-PC-Prozessor auf sowie vier Datenträger.



In die meisten Mini-PCs passt mindestens eine M.2-SSD im gängigsten Format 2280; eine 4-TByte-SSD in dieser Bauform bekommt man ab 180 Euro, für 8 TByte muss man mindestens 800 Euro hinblättern. Einige Mini-PCs haben zusätzlich einen Einbauplatz für eine 2,5-Zoll-SATA-SSD, die man mit 8 TByte ab 400 Euro bekommt.

Eine stärkere Leistungsklasse bilden Mini-PCs mit Notebookprozessoren, bei denen rund zehn Jahre lang Intels „NUC“ mit quadratischer Grundfläche von 12 Zentimetern Kantenlänge den Stil prägte. Mittlerweile hat Intel die NUC-Sparte an Asus verkauft. NUCs und NUC-ähnliche

Rechnerlein gibt es unter anderem auch von Asrock, Gigabyte, MSI, Shuttle und Zotac, teilweise auch lüfterlos. Als Barebone beginnen die Preise für ein Gerät mit Core i3 bei rund 320 Euro. Fast alle haben zwei SO-DIMM-Fassungen, bei DDR4-RAM sind damit 64 GByte RAM möglich, bei DDR5 bei manchen Geräten bis zu 96 GByte (die allerdings 350 Euro kosten). Der Platz für Massenspeicher ist begrenzt, oft passt außer einer M.2-2280-SSD noch eine zweite hinein, manchmal nur M.2 2242, manchmal eine 2,5-Zoll-SSD.

Viele Mini-PCs haben mittlerweile Netzwerkchips mit 2,5 Gbit/s, einige sogar zwei davon. Mancher baut sich damit eine

Open-Source-Firewall oder trennt mehrere Netze voneinander. Einige Firmen verkaufen lüfterlose Minirechner mit sogar vier oder sechs Netzwerkbuchsen als Hardwarebasis für frei konfigurierbare Router. Solche Geräte sind allerdings relativ teuer und speziell. In kleinen Netzen kommt man möglicherweise billiger zum Ziel, wenn man einen Managed Switch einsetzt, der virtuelle LANs (VLANs) voneinander trennen kann. Solche Gigabit-Ethernet-Switches gibt es ab 40 Euro.

PC-Server

In Mini-PCs passen keine 3,5-Zoll-Festplatten und selten mehr als zwei Speicherriegel. Mehr als vier CPU-Kerne bekommt man bei Desktop-Prozessoren billiger als bei Mobilprozessoren. Im Gegenzug braucht Desktop-PC-Technik mehr Platz und mehr Strom.

Eine Sonderbauform ist der Bastelcomputer Odroid-H3: Das ist ein Einplatinencomputer mit Celeron N5105 und zwei 2,5-Gbit/s-LAN-Buchsen, für den es einfache Steckgehäuse gibt, die zwei 3,5-Zoll-Platten aufnehmen. Daraus lässt sich ein ziemlich flexibel konfigurierbarer Miniserver aufbauen [2]. Ähnlich kompakt und auch günstig sind Barebones der Baureihe Asrock DeskMini, die wir schon für einige Büro-PC-Bauvorschläge verwendet haben [3]. Man kann sie auch mit Sechs-kernprozessoren bestücken, im Leerlauf ist die leise Lüfterkühlung kein Problem. In die DeskMinis passen jedoch keine 3,5-Zoll-Platten, sondern nur je zwei M.2-SSDs und zwei 2,5-Zoll-Datenträger.

Das nächstgrößere Standard-PC-Format ist Mini-ITX. Doch im Vergleich zu Micro-ATX-Bauformen sind viele Mainboards und Gehäuse deutlich teurer. Die meisten Mini-ITX-Boards haben nur zwei DIMM-Slots und einen einzigen PCIe-Steckplatz. Der Zusammenbau ist wegen der Enge schwieriger, oft passen keine größeren und tendenziell leiseren CPU-Kühler hinein. Kurzum: Mit Micro-ATX-Technik kommt man billiger weg und gewinnt Flexibilität. Das beweist auch unser Heimserver-Bauvorschlag auf Seite 92.

Bei diesem Bauvorschlag verzichten wir auf Hauptspeicher, der per Error Correction Code (ECC) vor den häufigsten Bitfehlern geschützt ist. Dazu braucht man einerseits spezielle Speichermodule – eben ECC-RAM – sowie andererseits einen Prozessor und ein Mainboard, die ebenfalls ECC können. Und dabei wird es kompliziert. Denn Intel schaltet die ECC-Funktion nur bei Xeons frei

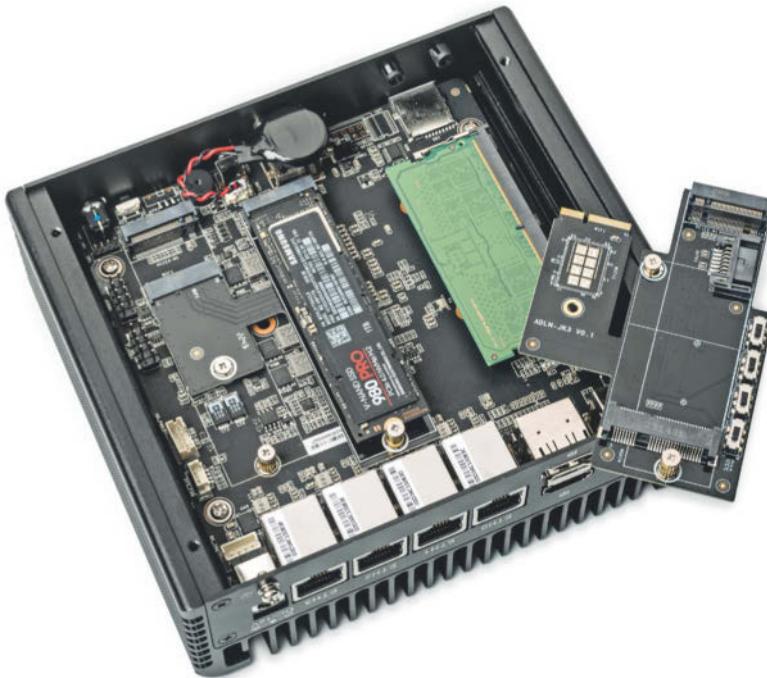
Plattenkunde

Magnetfestplatten bieten die höchste Massenspeicherkapazität pro Euro, ein 12-Terabyte-Laufwerk bekommt man zurzeit ab 190 Euro, eines mit 22 TByte ab 420 Euro. Doch der Markt hat sich stark gewandelt. Denn Festplatten im 2,5-Zoll-Format sterben aus, hier ist bei 5 TByte Schluss – und das sind bereits dickere Laufwerke mit 15 Millimetern Bauhöhe, die nicht in alle Einbauplätze passen, auch nicht in den erwähnten DeskMini. Außerdem nutzen sie durchweg Shingled Magnetic Recording (SMR), das beim RAID-Rebuild zu Problemen führen kann. Ratsam für Heimserver und NAS sind Platten mit Conventional Magnetic Recording (CMR).

Desktop-PC-Festplatten sind nicht für Dauerbetrieb ausgelegt. Nach unseren Messungen und Erfahrungen muss es aber auch keine spezielle NAS-Festplatte mehr sein, eine für Server genügt [7, 8]. Bis vor einigen Jahren hätten wir für Heimserver und private NAS noch die leiseren

und sparsameren Plattentypen empfohlen, die langsamer rotieren. Doch sie fassen höchstens 8 TByte und sind unverhältnismäßig teuer. Jenseits von 10 TByte gibt es nur 7200-Touren-Laufwerke. Viele arbeiten immerhin im Leerlauf relativ leise, aber bei Zugriffen sind sie laut. Von der Montage in elastischen Rahmen zur Entkopplung von Vibrationen raten die Plattenhersteller mittlerweile ab.

Wer viel günstigen Massenspeicher wünscht, muss Festplattengeräusche hinnehmen. Um Strom zu sparen, sollte man möglichst wenige Laufwerke betreiben. Überlegen Sie, ob ein redundanter Festplattenverbund (RAID) wirklich nötig ist oder ob Sie nicht besser fahren, wenn Sie nur eine einzelne Platte betreiben und häufig Backups anfertigen. Falls es RAID sein soll, raten wir zu RAID 1 (Mirroring/Spiegel) statt RAID 5 aus mindestens drei Platten. Letzteres ist komplizierter, lauter und schluckt mehr Strom.



Spezielle Mini-PC mit vier oder sechs Netzwerkbuchsen eignen sich als Basis für Open-Source-Router, falls man keinen Managed Switch einrichten möchte.

sowie bei den aktuellen Core-i12000/13000/14000 in Verbindung mit den seltenen Mainboards mit den Chipsätzen R680E und W680. Letztere kosten wie die wenigen Xeon-E-2300-Bords über 300, meistens sogar mehr als 400 Euro. Das ist für Heimserver unattraktiv.

Auf der AMD-Seite ist es ebenfalls vertrackt. Zwar gibt es eine Reihe von AM4- und AM5-Boards, deren jeweilige Hersteller auch ECC-RAM freigeben, aber für einen günstigen und sparsamen Heimserver nimmt man am besten eine CPU mit integriertem Grafikprozessor (IGP). Den haben unter den AM4-Prozessoren nur die „G“-Typen, die wiederum keine ECC-Funktion haben. Die bisherigen AM5-Prozessoren (Ryzen 7000) enthalten zwar alle IGPs und beherrschen ECC, kosten aber mindestens 200 Euro, und auch DDR5-ECC-UDIMMs sind (noch) unverhältnismäßig teuer. Möglicherweise ändert sich die Situation mit den Ryzen-8000G-Chips.

Es gibt auch AM4- und AM5-Serverboards mit Fernwartungsschips, aber die kosten mehr als 400 Euro und die bisher getesteten schlucken ziemlich viel Strom. Wenn es unbedingt ECC-RAM sein soll, sollte man sich die oben erwähnten kleinen Server von HPE [6], Dell & Co. anschauen oder das Synology-NAS DS723+ mit Ryzen R1600 [1]. Was ECC-RAM im Heimserver bringt, wird jedoch möglicherweise überschätzt. Wir kennen keine Studien dazu und bezahlbare NAS laufen auch ohne ECC jahrelang problemlos.

Vom Einsatz gebrauchter Hardware als Server raten wir eher ab, jedenfalls für den Dauerbetrieb über Testzwecke hinaus. Die meisten Heimserver sollen nämlich mit wenig Pflege jahrelang zuverlässig laufen und wenig Strom schlucken. Einige gebrauchte Profiserver älterer Bauart sind jedoch dermaßen stromdurstig, dass sie in wenigen Jahren den Neupreis eines NAS verheizen. Mancher gebrauchte Thin Client taugt zwar als Miniserver für geringe Ansprüche [4] – aber man muss ein gutes Gerät erst einmal erkennen und finden. Konkrete Tipps sind dabei schwierig, weil sich das Angebot nicht vorhersagen lässt. Und einen Thin Client mit RAM und SSD aufzurüsten kann so teuer werden, dass man mit einem neuen Mini-PC oder Raspi am Ende doch billiger wegkommt.

Serverbiotop

Die Umgebung, in der ein Server läuft, trägt viel dazu bei, dass er das jahrelang störungsfrei schafft – oder nicht. Festplatten vertragen beispielsweise keine Stöße und Vibrationen, weshalb der Server möglichst abgeschirmt von Kindern, Haustieren und Handwerkern stehen sollte. Auch Hitze, Staub und Feuchtigkeit schaden. Eine unterbrechungsfreie Stromversorgung schützt vor plötzlichem Datenverlust, vor allem wenn sie dem Server oder NAS per USB mitteilen kann, dass er rasch herunterfahren soll [5]. Viele NAS haben ihrerseits Benachrichtigungsfunktionen, die beispielsweise per Mail informieren,

wenn eine Platte ausgefallen ist. So manches RAID verlor nämlich schon Daten, weil der Ausfall der Redundanz zu lange nicht bemerkt wurde. Wichtig ist auch eine ordentliche Dokumentation, die bei einer Havarie rasch zur Hand ist. Und schließlich gilt: Ohne Backup geht es nicht.

Soll der kleine Server gewerbliche Dienste leisten, raten wir zum Komplettkauf. Das Gerät lässt sich dann einfacher steuerlich abschreiben und auch die Gewährleistung ist geregelt. Gegen Aufpreis bekommt man dafür auch fachmännischen Service mit kurzen Reaktionsfristen. Arbeiten mehrere Personen im Betrieb, wird der Ausfall zentraler Serverdienste rasch teuer. Das Risiko steht dann in einem schlechten Verhältnis zu den Kosten, die sich durch Eigenbau und eigene Administration sparen lassen. Jedenfalls sollte man sich die Arbeit nur aufhalsen, wenn man einschlägiges Vorwissen hat.

Fazit

Falls Sie nicht wissen, welche Art Server Sie benötigen, dann probieren Sie es doch einfach aus. Simple NAS-Dienste leistet schon eine USB-SSD an der Fritzbox. Und mit einem Raspi 3 kann man für unter 60 Euro anfangen, die eigenen Admin-Fähigkeiten zu trainieren.

NAS sind jedoch nicht ohne Grund beliebt, denn sie können viel mehr als Daten zentral bereitstellen. Die Einrichtung gelingt vergleichsweise einfach und über Plug-ins bringt man Zusatzfunktionen ruckzuck an den Start. Ein selbst gebauter Heimserver bringt erst dann Vorteile, wenn man sehr viel RAM, viele CPU-Kerne oder spezielle Erweiterungskarten wünscht. Tipps zum Selbstbau finden Sie ab Seite 92.

(ciw@ct.de) ct

Literatur

- [1] Ernst Ahlers, Datenheime, Vier x86-NAS als Netzwerkdatenspeicher im Vergleich, c't 2/2024, S. 92
- [2] Niklas Dierking, Flexi-NAS, Der Einplatinencomputer Odroid H3 als NAS und Heimserver, c't 6/2023, S. 24
- [3] Christian Hirsch, Mini-Sechser, Leiser, sparsamer Mini-PC-Bauvorschlag für 400 Euro, c't 6/2023, S. 150
- [4] Peter Siering, Christof Windeck, Nachnutzbar, Gebraucht gekaufter Thin Client Fujitsu Futro S740 für Bastelprojekte, c't 6/2023, S. 34
- [5] Rudolf Opitz, Bleierne Reserve, USVs schützen PCs vor Datenverlusten durch Stromausfall, c't 6/2022, S. 108
- [6] Christof Windeck, Micro-Jubilar, Kompakt-Server HPE ProLiant MicroServer Gen10 Plus, c't 11/2020, S. 76
- [7] Lutz Labs, Speicher satt, Festplatten für Netzwerkspeicher, c't 27/2023, S. 60
- [8] Lutz Labs, Plattenkarussell, Festplatten für NAS und Server im Vergleichstest, c't 3/2023, S. 88



AMDiener

Bauvorschlag für einen 17-Watt-Heimserver mit AMD Ryzen 4600G

Wer individuelle Wünsche für seine private Netzwerkzentrale hat, baut sie selbst. Unser Heimserver-Bauvorschlag lässt sich flexibel ausstatten, arbeitet in der Basisversion leise und sparsam und kostet unter 400 Euro.

Von Christof Windeck

Auch ein steiniger Weg führt zum Ziel: Man mag kaum glauben, wie viele Probleme zu lösen sind, um einen ordentlichen PC zu bauen, selbst wenn er aus bloß zehn Komponenten besteht. Jedenfalls sind wir bei der Ausarbeitung des hier beschriebenen Heimserver-Bauvorschlags in mehrere Fallen getappt. Unsere Erfahrungen schreiben wir hier genau auf, damit Sie es leichter haben.

Doch zuerst ein Schritt zurück: Der Artikel ab Seite 86 erklärt, welche Server-Aufgaben auch ein NAS, ein Raspberry Pi oder ein Mini-PC erledigen könnte. Solche Geräte decken die allermeisten typischen Anforderungen an Heimserver ab. Ein

selbst gebauter Server-PC lohnt sich jedoch, wenn Sie etwa sehr viel RAM, spezielle Erweiterungskarten oder mehr als vier CPU-Kerne benötigen. Oder, wenn Sie einfach Spaß am Basteln haben.

Folgende Ziele setzen wir uns für den Heimserver-Bauvorschlag: Bezahlbar, sparsam und leise, wechselbarer Prozessor, vier Fassungen für Speicherriegel, mindestens eine Fassung für eine M.2-SSD, zwei oder mehr PCIe-Slots für Erweiterungskarten sowie vier SATA-Ports und Platz für zwei, besser vier klassische Magnetfestplatten im 3,5-Zoll-Format. Denn letztere speichern pro Euro noch immer viel mehr Daten als SSDs. Das Ge-

c't kompakt

- Der c't-Bauvorschlag beschreibt PC-Technik für einen leisen, günstigen und erweiterbaren Heimserver.
- Der AMD Ryzen 5 4600G auf einem gängigen Micro-ATX-Mainboard liefert wesentlich höhere Rechenleistung als viele NAS.
- Ein richtig gutes Preis/Leistungsverhältnis ist nur mit Kompromissen möglich.

häuser erschien uns dabei zunächst als weniger wichtige Komponente, aber das war der erste Fehler. Denn die Auswahl an bezahlbaren und nicht allzu klobigen PC-Gehäusen, in die wenigstens zwei 3,5-Zoll-Platten passen, ist klein. Grundsätzlich können Sie jedoch ein anderes Gehäuse wählen als das empfohlene.

Wie bei allen unseren Bauvorschlägen ist vor allem das Mainboard kritisch beziehungsweise die Kombination aus Board und Netzteil. Denn bei einem Heimserver, der kontinuierlich läuft, kommt es auf möglichst niedrige Leistungsaufnahme im Leerlauf an. Ohne Festplatten begnügt sich unser Bauvorschlag mit 17 Watt. Wenn Sie für eine Kilowattstunde (kWh) 38 Cent bezahlen, summieren sich die Stromkosten über fünf Jahre bereits auf 283 Euro. Für fünf Watt Mehrverbrauch über denselben Zeitraum berappen Sie 83 Euro. Es lohnt sich daher, aufs einzelne Watt zu achten.

Theorie und Praxis

Den ersten Bock schossen wir mit der Wahl des PC-Gehäuses: In das Fractal Design Core 1100 passen laut Hersteller zwei 3,5-Zoll-Platten. Allerdings hat es keine herkömmlichen Einbauschächte, sondern einen vertikalen Blecträger, an den man die Platten schrauben soll. Das klappte mit den von uns ausgesuchten Festplatten aber nicht. Denn bei Platten mit hoher Kapazität lassen die Hersteller mittlerweise oft die jeweils „mittleren“ Befestigungslöcher weg – und genau die verlangt das Fractal Design Core 1100.

Kompakte PC-Gehäuse mit mindestens zwei 3,5-Zoll-Schächten und frontseitigen USB-3.0-Buchsen sind rar. Mehr Auswahl gibt es bei riesigen Gehäusen mit Käfigen für fünf, sieben oder gleich elf

klassischen Magnetfestplatten [1]. Unsere Wahl fiel schließlich auf das Sharkoon VS4-V, das einen Käfig für drei 3,5-Zoll-Laufwerke hat. Weitere zwei können Sie mit nachträglich gekauften Befestigungswinkeln in den freien 5,25-Zoll-Schächten verstauen. Und für 2,5-Zoll-SSDs hat das Gehäuse drei weitere Einbauplätze.

Früher empfahlen wir beim Einsatz mehrerer Festplatten in einem PC-Gehäuse die Montage in Antivibrationsrahmen, um überlagernde Schwingungen zu vermeiden. Davon raten Festplattenhersteller mittlerweile ab: Die Platten sollen fixiert sein, damit die Stellmotoren der Schreibleseköpfe diese möglichst rasch und präzise zur jeweils gewünschten Spur katapultieren können. Doch dann wird es lauter, und das hört man bei unserem Heimserver-Bauvorschlag auch deutlich. Ein gedämmtes Gehäuse wäre vielleicht leiser, aber auch deutlich teurer.

AMD oder Intel?

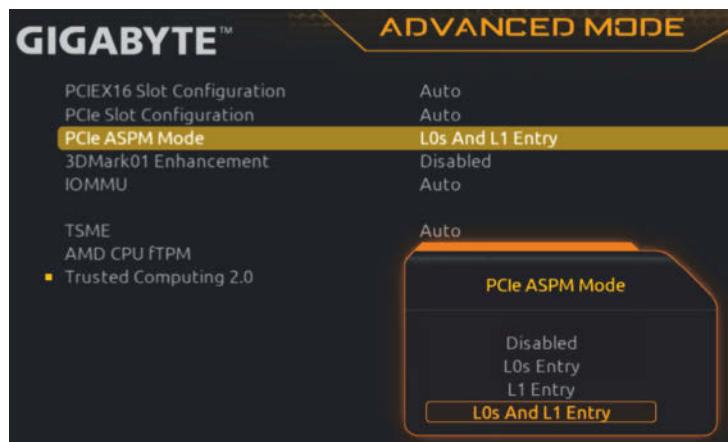
Die nächste Hürde war das Mainboard. Vor wenigen Jahren noch, zuletzt 2020 [1], hätten wir eines genommen, das den Einbau von RAM mit Zusatzchips für die Fehlerkorrektur per Error Correction Code (ECC-RAM) ermöglicht. Doch wie im Artikel auf Seite 86 erläutert, wird das entweder teurer oder inzwischen auch lahm. Daher warfen wir ECC-RAM über Bord. Und eigentlich wollten wir für den Heimserver einfach den Bauvorschlag aus c't

19/2023 für einen günstigen Gaming-PC abwandeln, also vor allem die Grafikkarte weglassen. Doch das darin bewährte Mainboard Gigabyte A520M-DS3H produziert der Hersteller nicht mehr – Panne Nummer zwei. Na gut, dachten wir: Wenn schon ein neues Board herbei muss, dann eines mit dem Chipsatz B450, der anders als der A520 auch USB 3.2 Gen 2 mit 10 Gbit/s bereitstellt. Wir beschafften also das Asrock B450M Pro4 R2.0. Doch das schluckt im Leerlauf 22,7 Watt – der dritte Schlag ins Wasser, denn 5 Watt mehr kosten 83 Extra-Euro über 5 Jahre.

Satte 5 Watt sparsamer ist das letztlich ausgewählte Gigabyte A520M DS3H V2 (rev 1.0), jedenfalls nach etwas BIOS-Setup-Tuning. Weil das A520-Board auch noch weniger als 70 Euro kostet, nahmen wir seine spartanische Ausstattung in Kauf. Es hat bloß zwei PCIe-Slots (x16/x1) sowie eine einzige M.2-Fassung und leider nur USB 3.0 mit 5 Gbit/s. Der Realtek-Netzwerkchip arbeitet mit 1 Gbit/s, doch Adapter mit 2,5 Gbit/s finden sich erst auf Boards zu Preisen über 100 Euro. Das A520M DS3H V2 kommt ab Werk mit einer BIOS-Version, die den günstigen AMD-Sechskerner Ryzen 5 4600G erkennt. Bei manchen älteren Boards klappt das erst nach einem BIOS-Update, für das man wiederum einen älteren Prozessor benötigt. Boards in dieser Preisklasse haben oft keine Update-Funktion, die ohne CPU arbeitet (Flashback).

Das AM4-Mainboard Gigabyte A520M DS3H V2 (rev 1.0) bildet die Basis unseres Heimservers. Es ist vergleichsweise sparsam und günstig, aber auch mager ausgestattet.





Wenige Einstellungen im BIOS-Setup genügen, damit das Gigabyte-Mainboard deutlich sparsamer arbeitet, indem man etwa PCIe ASPM einschaltet.

wenige Komponenten ein nach dem Motto „Keep it Simple, Stupid“ (KISS).

Serverplatten schlucken sechs bis acht Watt, wenn ihre Scheiben rotieren. Steht der Plattenstapel still (spindown), steigert jede Platte die Leistungsaufnahme im Leerlauf um 1,3 bis 1,6 Watt. Die für NAS optimierten Platten bieten keine wesentlichen Vorteile mehr [2], Sie können welche für Server nehmen. Diese sollten jedoch konventionelle Aufzeichnungstechnik nutzen (Conventional Magnetic Recording/CMR), wenn sie im RAID laufen. Wir haben unseren Bauvorschlag mit zwei 12-TByte-Laufwerken von Toshiba bestückt, eine Enterprise Capacity MG07-ACA (MG07ACA12TE) kostete bei Redaktionsschluss 195 Euro.

Soll der Heimserver bei moderater Kapazität möglichst leise und sparsam sein, nimmt man besser SSDs statt Platten. Allerdings sind manche SSDs in den vergangenen Wochen deutlich teurer geworden, die Samsung SSD 870 QVO mit 4 TByte kostet zurzeit über 230 Euro. Die 8-TByte-Version ist mit fast 500 Euro aber sehr teuer.

Zusammenbau

Das Zusammenfügen der wenigen Komponenten zum Heimserver ist flott erledigt. Als Werkzeug benötigen Sie nur einen mittelgroßen Kreuzschlitzschraubendreher sowie eine Kombizange oder einen Steckschlüssel (5 mm/M2,5) für die Gewindegelenke, die das Mainboard halten. Schrauben Sie als Erstes beide Seitenplatte des Gehäuses ab. Legen Sie dann das Mainboard probeweise in seine Position und prüfen Sie unbedingt, ob sämtliche Gewindegelenke passend zu den Bohrungen des Boards sitzen, denn sonst droht ein Kurzschluss. Wir mussten zwei Bolzen umsetzen.

Anschließend bereiten Sie das Mainboard vor, noch außerhalb des Gehäuses, das ist bequemer. Schrauben Sie zunächst die Kunststoffhalterungen für den Kühlkörper ab – Vorsicht, dass dabei die Gegenplatte unter dem Board nicht herunterfällt. An dieser Platte schrauben Sie später den von AMD beigegebenen Kühlkörper fest.

Vorher kommt der Prozessor in die Fassung: Hebelchen neben der CPU-Fassung hochklappen, Prozessor so einlegen, dass das kleine goldene Dreieck auf dem korrespondierenden Dreieck im Sockelrand liegt und die Beinchen ohne Widerstand in die Fassung gleiten, Hebel wieder runterklappen. Setzen Sie nun den Kühlkörper

Eine PCIe-x1-Karte mit 2,5-Gbit/s-Ethernet-Chip gibt es ab 25 Euro. Wir haben zwei ausprobiert, nämlich die Logi-Link PC0087 mit Realtek RTL8125 sowie die Delock 89598 mit Intel-Chip. Die Realtek-Karte steigerte die Leistungsaufnahme im Leerlauf um 0,7 Watt, die Intel-Karte um etwa 1 Watt, wenn man sie alternativ zum Onboard-LAN nutzte. Laufen sie jeweils mit dem Onboard-LAN gleichzeitig, sind es 1 respektive 1,2 Watt mehr.

Auch einen 10-Gbit/s-Adapter haben wir getestet, den Inter-Tech Argus ST-7267 mit Marvell/Aquantia AQC107. Er ist mit rund 70 Euro einer der zurzeit billigsten 10-GbE-Adapter und verursacht rund 4,5 Watt höhere Leistungsaufnahme des Heimservern. Wir setzten ihn in den PCIe-x16-Slot ein.

Pragmatismus

Ein Heimserver läuft selten unter Volllast und braucht keinen besonders leisen Prozessorkühler, wenn ohnehin Festplatten darin rumoren. Daher haben wir schlichtweg den von AMD bei der Box-Version des Ryzen 5 4600G mitgelieferten Kühlkörper namens Wraith Stealth montiert. Er harmoniert gut mit der Drehzahlregelung des Gigabyte-Mainboards, wenn man die „Smart Fan“-Steuerung auf „Silent“ stellt. Auch der im Sharkoon-Gehäuse bereits eingebaute Lüfter lief auf Stufe „Silent“ sehr leise. Die von uns ausgewählten 12-TByte-Platten von Toshiba arbeiten ebenfalls sehr leise, solange keine Zugriffe erfolgen. Im Leerlauf kommt der Heimserver mit oder ohne Platten auf nur 0,1 sone Lautheit, das entspricht unserer Bewertung „sehr gut“.

Wenn jedoch Zugriffe auf die Platten erfolgen, wird es 3 sone laut. Dagegen fiel uns keine bezahlbare Maßnahme ein. Für besonders leise NAS-Festplatten, wie wir

sie früher empfohlen hatten, bezahlt man bei Kapazitäten oberhalb von 10 TByte sehr hohe Aufpreise. Falls Magnetfestplatten zum Einsatz kommen, sollte der Server daher in einem Raum stehen, wo sein Krach nicht stört.

Bei anhaltender Prozessorglockenlast dreht der Lüfter des CPU-Kühlers deutlich hoch. Man hört ihn dann mit 0,8 sone, was noch „gut“ ist. Soll der Server unter hoher Last leiser sein, montieren Sie entweder einen größeren Kühlkörper mit leiserem Lüfter, etwa den weniger als 20 Euro teuren Tower-Kühlkörper Endorf Spartan 5. Oder Sie begrenzen die Leistungsaufnahme des Prozessors im BIOS-Setup auf 45 Watt, denn auch dann liefert er ausreichend Performance für die meisten Heimserver-Aufgaben. Die Option „System Configuration AM4“ für die TDP-Konfiguration hat Gigabyte aber gut versteckt, nämlich im Menü „Settings/AMD CBS/NBIO Common Options/SMU Common Options“.

Um die Leistungsaufnahme im Leerlauf niedrig zu halten, ist im Prinzip ein Netzteil mit möglichst geringer Nennleistung empfehlenswert. Allerdings gibt es kaum noch ATX-Netzteile mit weniger als 400 Watt zu kaufen und manches Billig-Netzteil ist bei Schwachlast ineffizient. Wir empfehlen das 48 Euro teure be quiet! System Power 10 450W. Das billigere LC-Power LC420-12 300W brauchte 1 Watt mehr und war etwas lauter.

Plattenfragen

Höhere RAID-Level als RAID 1 (Spiegelung/Mirroring) sind nur noch für wenige Heimserver sinnvoll. Denn eine einzelne Festplatte speichert mittlerweile bis zu 22 Terabyte an Daten und jede zusätzliche Platte treibt die Stromkosten hoch. Unser Tipp lautet daher: Bauen Sie möglichst

auf; Wärmeleitpaste ist an seinem Boden schon aufgebracht. Ziehen Sie die vier Kühlerschrauben über Kreuz und immer nur zwei bis drei Umdrehungen auf einmal, damit es nicht zum Verkanten kommt, bis zum Anschlag fest. Verbinden Sie nun den vierpoligen Stecker des Lüfterkabels mit dem Anschluss CPU_FAN.

Als Nächstes stecken Sie den Arbeitsspeicher in die grau eingefärbten DIMM-Slots, die mit DDR4_B2 und DDR4_A2 beschriftet sind. Die SSD kommt in den M.2-Slot; dankenswerterweise muss man sie nicht festschrauben, sondern Gigabyte spendiert eine Kunststoffschnellbefestigung. Es passen aber nur welche mit 8 Zentimetern Länge (M.2 2280).

Schrauben Sie das ATX-Netzteil mit dem Lüfter nach unten ins Gehäuse. Lagnern Sie nun das Gehäuse auf seiner rechten Seite, von vorne aus betrachtet. Drücken Sie dann die ATX-I/O-Blende in den Ausschnitt der Gehäuserückwand – Achtung, Verletzungsgefahr an den scharfen Metallkanten. Legen Sie nun das Main-

board vorsichtig ins Gehäuse; seine Verkabelung ist etwas einfacher, solange es noch nicht festgeschraubt ist. Je nach Ihren persönlichen Vorlieben können Sie die meisten Strippen durch die Ausnehmungen im Gehäuseboden ziehen. Dann sind sie versteckt und bremsen den Luftstrom im Gehäuse weniger.

Stecken Sie der Reihe nach auf: den 24-poligen Main-Power-ATX-Stecker vom Netzteil aufs Board, dann die zweigeteilte ATX12V-P8-Leitung zum Board. Letztere ist etwas kurz. Anschließend haben wir die Gehäuseleitungen aufs Board gesteckt: HD-Audio (verzichtbar, aber so baumelt es nicht herum), USB-3.0-Buchsen, Power- und Reset-Taster, HDD- und Power-LED. Den 3-poligen Anschluss des frontseitigen Lüfters haben wir ohne den Molex-Adapter mit dem Board-Anschluss SYS_FAN1 verbunden. Wer keine Festplatten einbaut, muss den Gehäuselüfter nicht anschließen. Rücken Sie danach das Mainboard vorsichtig auf die Gewindestöpsel und so an die hintere Gehäusewand heran,

Bauvorschlag Heimserver 2024: Teileliste

Komponente	Produkt	Preis
Prozessor	AMD Ryzen 5 4600G (6 Kerne plus SMT mit GPU)	100 €
CPU-Kühler	beigelegter In-Box-Kühler von AMD	
Mainboard	Gigabyte A520M DS3H V2	68 €
Speicher	Crucial DIMM Kit 16GB, DDR4-3200 (CT2K8G4DFRA32A)	43 €
SSD	Western Digital WD Blue SN570 WDS100T3B0C	68 €
Netzteil	be quiet! System Power 10 450W	48 €
Gehäuse	Sharkoon VS4-V	48 €
	Summe (inkl. 20 € Versandkostenpauschale)	395 €
Optionen		
Festplatte	Toshiba Enterprise Capacity MG07ACA 12TB	195 €
CPU-Kühler	Endorf Spartan 5	18 €
10GBase-T-Karte	Inter-Tech Argus ST-7267 (Marvell AQC107)	70 €

dass keine der Metallzungen der ATX-I/O-Blende in eine der Buchsen ragt. Dann schrauben Sie es fest.

Falls Sie Festplatten einbauen möchten: Stellen Sie das Gehäuse aufrecht hin.



Datenschutz in Arztpraxen

Ein 3-teiliges Webinar für Ärzte
und ärztliche IT-Dienstleister

13., 20. sowie 27. März 2024

Dieses Webinar von c't beleuchtet in drei Sitzungen zu je zwei Stunden die wichtigsten Themen aus dem Telematik- und Datenschutz-Alltag einer Arztpraxis, liefert unerlässliches Hintergrundwissen und gibt konkrete, praktische Tipps.



Jetzt Tickets sichern:
webinare.heise.de/datenschutz-in-arztpraxen





Ein selbst gebauter Heimserver liefert nicht nur viel mehr Rechenleistung als ein ähnlich teures NAS, sondern lässt sich auch flexibler erweitern.

Drehen Sie den blauen Knauf des jeweiligen Schnellmontagehalters nach links und ziehen Sie ihn seitlich heraus. Schieben Sie nun die Platte ein, wobei die Anschlüsse von Ihnen wegweisen. Es hakelt ein wenig, aber positionieren Sie jede Platte so, dass Sie zwei ihrer seitlichen Gewindebohrungen durch die Befestigungslöcher des Plattenkäfigs sehen können. Drücken Sie nun den Schnellmontagehalter auf und verriegeln Sie den Knauf per Rechtsdrehung.

Schließen Sie die Platten mit SATA- und Stromkabeln an. Fixieren Sie die Kabel, die unter dem Mainboard verlaufen. Danach schieben Sie die, von vorne aus gesehen, rechte Seitenwand des Gehäuses sorgfältig auf den Korpus und schrauben sie fest. Nun können Sie PCIe-Karten stecken. Dazu legen Sie das Gehäuse wieder auf seine rechte Seite. Das Slotblech vor dem PCIe-x16-Slot lässt sich einfach abschrauben. Andere Slotbleche sind ausgestanzt und halten noch an einem kleinen Stück. Sie müssen sie gegebenenfalls mit gut dosierter Gewalt herausbiegen. Am besten klappt das, wenn man sie vorsichtig mehrmals hin- und herwackelt. Nachdem die PCIe-Karten verschraubt sind, schauen Sie nochmal ganz genau ins Gehäuse und suchen nach verlorenen Schräubchen oder vergessenen Steckern. Dann setzen Sie den

linken Gehäusedeckel auf und befestigen ihn.

Grundeinstellung

Schließen Sie nun Monitor (HDMI oder DisplayPort), Maus und Tastatur an, zuletzt auch das Stromkabel am Netzteil. Schalten Sie dessen Schalter ein. Nach einem Druck auf den Einschalttaster vorne am Gehäuse sollte der Rechner booten.

Mit der Taste „Entf“ rufen Sie während des Startvorgangs das BIOS-Setup auf. Schalten Sie dann mit F2 um in den „Advanced Mode“. Schauen Sie dort als erstes unter „System Info.“ nach, ob dort die erwarteten Komponenten auftauchen: CPU (Processor Type) und RAM (Installed Memory). Hier finden Sie auch die installierte BIOS-Version. Schauen Sie aber zuerst unter Settings/IO Ports nach der SSD (unter NVMe Configuration) und den Platten (SATA Configuration). Falls Komponenten nicht erkannt wurden, prüfen Sie die Kabelverbindungen. Startet der Rechner gar nicht, liegt es vielleicht am vergessenen ATX12V-P8-Stecker.

Wir haben dann zuerst ein BIOS-Update auf Version F3c durchgeführt. Laden Sie es auf einem anderen PC von der Gigabyte-Website herunter; Sie finden es unter „Unterstützung“ auf der Produktseite des Boards A520M DS3H V2 (rev. 1.0). Ent-

packen Sie die 16 MByte große Datei „A520MDS3HV2.F3c“ auf einen USB-Stick, der FAT32- oder NTFS-formatiert ist. Den stecken Sie nun an das Board, starten neu, rufen wieder das BIOS-Setup auf und starten mit F8 die Funktion Q-Flash.

Ist das Update beendet, starten Sie den PC wiederum neu und rufen das BIOS-Setup auf. Laden Sie dann die „Optimized Defaults“ (unter Save & Exit). Damit das Board sie speichert, verlassen Sie das Setup mit der Taste F10 und wählen „Save configuration and exit?“ und bestätigen mit Yes. Danach startet der Rechner wieder neu. Rufen Sie wieder das BIOS-Setup auf, wiederum im Advanced Mode. Wir haben nur wenige Optionen verändert. Besonders wichtig ist das Einschalten der PCIe-Sparfunktionen unter Settings/Miscellaneous/PCIe ASPM Mode. Der ist standardmäßig „disabled“, wählen Sie jedoch „LOs and L1 Entry“.

Für einen Heimserver sind noch zwei weitere Einstellungen sinnvoll: Unter Tweaker/Advanced CPU Settings aktivierte wir mit „SVM Mode: Enabled“ die Virtualisierungsfunktionen der CPU. Und mit Settings/Platform Power/AC Back: Always On legen Sie fest, dass der PC automatisch startet, sobald das Netzteil Strom liefert. Dann läuft der Server nach Stromausfällen automatisch wieder an.

Für leisere Lüfter auf CPU-Kühler und im Gehäuse sorgt die Funktion „Smart Fan“ (Taste F6). Es genügt, für CPU_FAN und SYS_FAN1 jeweils im obersten rechten Feld „Speed Control“ auf „Silent“ zu setzen. Bei uns rotierte der CPU-Lüfter dann im Leerlauf mit knapp 800 Touren, der Gehäuselüfter mit 390 Umdrehungen. Mit „Esc“ verlassen Sie das Smart-Fan-Menü.

Weitere Einstellungen im BIOS-Setup sind Geschmackssache. Denken Sie ans Abspeichern (F10/Yes). Schließen Sie nun einen USB-Stick mit dem Setup-Programm des gewünschten Betriebssystems an und installieren Sie es.

Individuelle Ausstattung

In der Minimalkonfiguration mit 2 × 8 GByte RAM und einer NVMe-SSD nimmt der Heimserver unter Ubuntu 23.10.1 im Leerlauf 16,7 Watt auf. Dabei war das Onboard-Netzwerk angeschlossen und das Display abgeschaltet, wie es bei Ubuntu standardmäßig nach einigen Minuten passiert. Man kann das Display aber auch ausstöpseln. Das Board bootet ohne an-

geschlossenes Display, Tastatur und Maus.

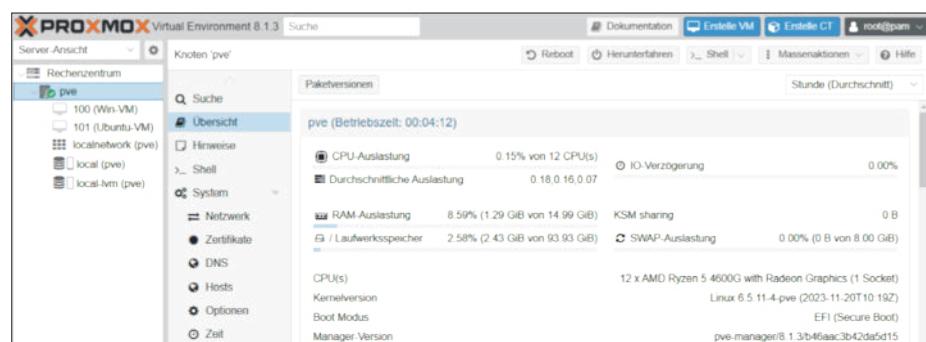
Jede zusätzliche eingebaute oder angeschlossene Komponente treibt die Leistungsaufnahme im Leerlauf hoch. Mehr RAM macht dabei aber nicht viel aus. Das Board steuert bis zu 128 GByte in Form von vier Modulen mit je 32 GByte an. Wir raten zu DIMMs vom Typ DDR4-3200; bei Vollbestückung betreibt sie das Board mit niedrigerer Frequenz, aber das spielt für die Performance eines Heimservers keine Rolle.

Auch ein Prozessor mit mehr Kernen braucht im Leerlauf nicht mehr Strom als der Ryzen 5 4600G. Der Achtkerner 4700G ist nur als Tray-Version ohne Kühlung lieferbar, eher würde man den Ryzen 7 5700G für 180 Euro nehmen. Er ist pro Kern auch deutlich leistungsfähiger (Zen 3 statt Zen 2, 16 statt 8 MByte L3-Cache). Doch für Heimserver lohnt sich das selten. Im Kurztest schluckte er im Leerlauf jedenfalls praktisch dasselbe wie der Ryzen 5 4600G.

Baut man Festplatten ein, steigt die Leistungsaufnahme des Servers, aber nicht proportional zur Anzahl der Platten. Denn einerseits schluckt auch der SATA-Controller Strom und andererseits kommt das ATX-Netzteil mit wachsender Last in einen effizienteren Betriebsbereich. Eine laufende Platte steigerte jedenfalls die Leistungsaufnahme um 7,2 Watt, mit zwei waren es 12,1 Watt mehr. Um Strom und Geld zu sparen, schaltet man die automatische Sparfunktion für die Platten ein. Das klappt unter Ubuntu mit hdparm oder mit dem grafischen Gnome-Festplattentool. Eine sinnvolle Wartezeit ist beispielsweise 1 Stunde, dann laufen die Platten nicht allzu häufig wieder an.

Linux-Varianten

Wir haben drei Betriebssysteme ausprobiert: Ubuntu 23.10.1, Proxmox VE 8.1 und Unraid 6.12.6. Alle ließen sich problemlos installieren. Mit Proxmox lag die Leistungsaufnahme im Leerlauf um 0,5 Watt höher als mit Ubuntu, bei Unraid waren es 1,1 Watt mehr. Ein Teil davon geht aufs Konto des USB-Sticks, von dem Unraid starten muss. Die NVMe-SSD lässt sich bei Unraid als schneller Puffer (Cache) einbinden oder als Speichermedium für Container oder virtuelle Maschinen (VMs). In unseren Versuchen sparte es rund 0,4 Watt, wenn man den USB-Stick an einer der USB-2.0-Buchsen einsteckte statt an einer der USB-3.0-Buchsen.



Für Serverdienste und Virtualisierung maßgeschneiderte Betriebssysteme wie Proxmox und Unraid laufen reibungslos auf dem Heimserver mit PC-Technik von AMD.

Die vier verschiedenen Netzwerkarten (Onboard, zweimal 2,5 und einmal 10 Gbit/s) erkannten alle genannten Linuxen automatisch. Unter Unraid haben wir auch PCIe Passthrough ausprobiert, also das „Durchreichen“ von PCIe-Geräten an eine bestimmte VM. Das klappte problemlos mit der 10-Gigabit-Netzwerkkarte im PCIe-x16-Slot. Die dazu nötige IOMMU im Prozessor aktiviert das BIOS des Gigabyte-Boards automatisch.

Unter Ubuntu konnten wir ein Detailproblem nicht lösen: Der Bereitschaftsmodus (Standby) funktionierte nur ohne Festplatten reibungslos. Waren welche angeschlossen, schaltete das System nicht ganz ab. Bei Proxmox und Unraid ist der Standbymodus unüblich, denn Serverboards haben diese Funktion nicht.

Fazit

Mit 17 Watt Leistungsaufnahme ohne Platten arbeitet der günstige Heimserver

noch vergleichsweise sparsam und im Leerlauf flüsterleise. Ein Mini-PC mit Mobilprozessor wäre zwar deutlich sparsamer, aber kaum erweiterbar und bei ähnlichem Preis schwächer. Und erst wesentlich teurere NAS bieten sechs starke x86-Kerne und auf 128 GByte erweiterbaren Hauptspeicher. Für Fragen und Hinweise zu diesem Bauvorschlag haben wir eine Website und ein Leserforum eingerichtet.

(ciw@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Carsten Spille, Gerne groß, Drei PC-Tower-Gehäuse für übergröße E-ATX-Mainboards mit USB-C-Buchse und anderen Extras, c't 8/2023, S. 96
- [2] Carsten Spille, Speicher-Quader, Flexibler Heimserver mit ECC-RAM, c't 18/2020, S. 112
- [3] Lutz Labs, Plattenkarussell, Festplatten für NAS und Server im Vergleichstest, c't 3/2023, S. 88

Forum zum Heimserver-Bauvorschlag: ct.de/ydrq

Bauvorschlag Heimserver 2024: technische Daten und Messwerte

Hardware-Ausstattung	
Maße (B × H × T)	20 cm × 42,8 cm × 45 cm
Erweiterungs-Slots (frei)	1 × PCIe 3.0 x16 (1), 1 × PCIe 3.0 x1 (1), 1 × M.2 2280 (PCIe 3.0 x4/SATA 6G) (0)
SATA-Ports / DIMM-Slots (frei)	4 × SATA 6G (4) / 4 × DDR4-3200 (2)
Anschlüsse hinten	1 × HDMI 2.0, 1 × DP 1.2, 4 × USB-A 3.2 Gen 1 (5 Gbit/s), 4 × USB-A 2.0, 1 × PS/2 (Tastatur/Maus), 1 × RJ45 (1 Gbit/s), 3 × Audio-Klinke
Anschlüsse vorn	2 × USB 3.0, 2 × Audio-Klinke
Leistungsaufnahme, Geräusch (Ubuntu 23.10.1, Proxmox, Unraid)	
Soft-off ohne / mit WoL / Energie sparen	0,2 / 0,7 / 1,0 W
CPU-Volllast	98,4 W (<code>stress --cpu 12</code>)
Leerlauf Basisausstattung ¹	16,7 W
Leerlauf Basis + 2,5 Gbit/s	Realtek: 17,4 W (+0,7 W) / Intel: 17,7 W (+1,0 W)
Leerlauf Basis + 10 Gbit/s	21,2 W (+4,5 W)
Leerlauf Basis + 1 / 2 Platten stehend (drehend)	18,3 (23,9) W / 19,0 (28,8) W
Leerlauf Basis Proxmox VE 8.1	17,2 W (+0,5 W)
Leerlauf Basis Unraid 6.12.6	17,8 W (+1,1 W)

¹ Onboard-LAN aktiv, Display aus, ohne Festplatten, Ubuntu 23.10.1



Gaming-Triell

Leistungsstarke Spiele-PCs im Vergleich: Komplettrechner gegen c't-Bauvorschlag

Fürs Zocken in WQHD-Auflösung muss außer der Grafikkarte auch die übrige Hardware genug Power aufbringen. Wir prüfen, ob die Komplettrechner von Alienware und Mifcom diese Anforderungen erfüllen und beim Spielen genauso leise sind wie unser Gaming-Allrounder.

Von Christian Hirsch

Gute Nachrichten für Gamer: Die Zeit astronomischer Grafikkartenpreise durch Lieferengpässe und Kryptomining sind zum Glück vorbei. Folglich sanken auch die Preise für Gaming-PCs. Doch welches Konzept ist das richtige? Lieber selbst bauen oder einen von der Stange nehmen? Um diese Fragen zu klären, haben wir drei unterschiedliche Rechner getestet.

Aus der Gaming-Sparte des global vertretenen PC-Herstellers Dell tritt der Alienware Aurora R16 an. Zudem haben wir uns beim deutschen Anbieter Mifcom eine Build-to-Order-Konfiguration aus handelsüblichen Komponenten zusammenstellen lassen. Beide müssen sich mit unserem Bauvorschlag für einen Gaming-Allrounder aus c't 28/2023 messen [1].

Bei der Auswahl der Rechner haben wir darauf geachtet, dass sie genug Power für aktuelle 3D-Spiele in WQHD-Auflösung (2560 × 1440 Pixel, 1440p) liefern. Gesetzt war deshalb ein Prozessor mit mindestens acht Kernen sowie eine leistungsstarke Grafikkarte. Deshalb kosten die getesteten Gaming-PCs zwischen 1800 und 2000 Euro.

Kaufberatung

Zwar liegen Spielekonsolen und Smartphones bei den Gaming-Plattformen inzwischen vorn, dennoch verwenden nach aktuellen Marktforschungsdaten der GfK immer noch 12,9 Millionen Menschen in Deutsch-

land einen klassischen Rechner zum Spielen. Erst mit großem, hochauflösendem Monitor sowie präzisen Eingabegeräten wie Maus, Tastatur und Joystick gibt es bei vielen Genres wie 3D-Shootern, Strategiespielen und Simulatoren den vollen Spielspaß. Das gilt für E-Sport-Dauerbrenner wie Counter-strike und Dota 2, Battle-Royal-Spielen wie PUBG und Apex Legends ebenso wie für den Microsoft Flight Simulator oder iRacing.

Auf dem hiesigen Markt tummeln sich zahlreiche Anbieter für Spiele-PCs. Um am lukrativen Gaming-Geschäft mitzuverdienen, bieten die weltweit vertretenen großen Hersteller wie Dell, HP und Lenovo teils unter zugekauften Marken passende Geräte an: Dell Alienware, HP Omen, Lenovo Legion.

Meist gibt es wenige Modelle, die man nur in engen Grenzen konfigurieren kann. Das hält die Kosten für die Hersteller niedrig, hat für Kunden aber oft den Nachteil, dass es leistungsstarke Grafikkarten oft nur mit fürs Gaming überdimensionierten Prozessoren zu kaufen gibt.

In Deutschland beheimatete, auf Gaming-PCs spezialisierte Anbieter wie CSL-Computer, Dubaro, Megaport, Mifcom, One.de, XMG und viele weitere gehen einen anderen Weg. Sie offerieren in ihren Onlineshops zahlreiche Modelle, bei denen sich nahezu jede Komponente nach Kundenwunsch durch mehrere andere Optionen ersetzen lässt. Im Unterschied zu den großen OEM-Herstellern verwenden die kleineren oft Retail-Hardware, die man auch einzeln kaufen kann.

Eine Alternative zum Komplett-PC vom Händler ist der Selbstbau eines Gaming-PCs. Hier hat man die größte Freiheit bei der Auswahl, muss sich allerdings vorher genau informieren, was zusammenpasst. Zudem ist handwerkliches Geschick für den Zusammenbau hilfreich. Treten Probleme auf, muss man selbst PC-Techniker spielen.

Die passende Grafikkarte

Für Spiele-PCs ist die Grafikkarte die wichtigste Komponente, auch wenn manche Medienberichte und Hersteller vor allem bezüglich Prozessor und RAM-Tempo etwas anderes behaupten. Die aktuelle Baureihe von Nvidia hört auf den Namen GeForce RTX 4000, bei AMD heißt sie Radeon RX 7000. Beide arbeiten erwartbar schneller und auch effizienter als ihre Vorgänger. Zudem beschleunigen sie Raytracing-Effekte für realitätsnahe Reflexionen. Allerdings kosten diese Beleuchtungseffekte eine Menge Rechenleistung, die Bildrate bricht stark ein. Deshalb lohnt dieses Feature erst bei Grafikkarten ab 300 Euro aufwärts, wie der GeForce RTX 4060 oder der etwas günstigeren Radeon RX 7600.

Wenn Sie in Full-HD-Auflösung spielen wollen, sollte die Grafikkarte mindestens 8 GByte lokalen Speicher haben, ansonsten müssen Sie auf detaillierte Texturen und hohe Sichtweiten in den 3D-Welten verzichten.

Wer in 4K-Auflösung oder WQHD mit 2560×1440 Pixeln spielen will, sollte mindestens eine GeForce RTX 4070 oder Radeon RX 7800 XT nehmen. Die AMD-Karte hat durch den großen Arbeitsspeicher von 16 GByte mehr Reserven für die Zukunft. Nvidia bietet hingegen eine höhere Raytracing-Leistung und bessere Unterstützung für KI-Anwendungen durch CUDA, Nvidias Programmierschnittstelle für Berechnungen auf der Grafikkarte.

Für kompromissloses 4K-Gaming in sehr hoher Qualität und hoher Bildrate für Monitore mit 120, 144 oder 165 Hertz Wie-



Damit Actionspiele wie Hogwarts Legacy als flüssig wahrgenommen werden, muss der Gaming-PC auch in anspruchsvollen Szenen mindestens 60 fps liefern.

derholrate muss man tief in den Geldbeutel greifen. High-End-Karten wie die GeForce RTX 4080 oder Radeon RX 7900 XTX kosten vierstellig und schlucken zudem unter Vollast über 300 Watt. Unangefochten an der Leistungsspitze steht die GeForce RTX 4090 mit 24 GByte GDDR6X-RAM. Weil diese Karte derzeit auch für KI-Anwendungen sehr gefragt ist, wird sie zu Straßenpreisen von rund 2000 Euro gehandelt.

Gaming-CPU mit mehr Cache

Damit die Grafikkarte keine Däumchen dreht, muss der Prozessor schnell genug die Spieldaten anliefern. Für 3D-Spiele reicht eine aktuelle CPU mit sechs oder acht (Performance-)Kernen vollkommen aus. Für die aktuelle AMD-Plattform AM5 sind das der Ryzen 7 7600 und 7700. Die X-Varianten haben ein höheres Power-Budget und benötigen eine stärkere Kühlung, rechnen aber nur ein paar Prozent schneller. Deshalb raten wir von diesen ab. Bei Intel lohnen sich beispielsweise Core i5-13400(F), Core i5-13500 oder Core i7-13700(F). Den Versionen mit „F“ im Namen fehlt die integrierte GPU. Da bei

Spiele-PCs sowieso eine Grafikkarte steckt, ist das kein Nachteil.

Oft statthen PC-Hersteller ihre Spieldatenmaschinen mit teuren High-End-Prozessoren wie dem Ryzen 9 7950X oder Core i9-14900K aus. Doch von den bis zu 24 Kernen profitieren 3D-Titel überhaupt nicht, denn die meisten Spiele lasten nur zwei bis sechs Kerne aus. Zudem stellen solche CPUs mit weit über 200 Watt Spitzenleistungsaufnahme hohe Anforderungen an Kühlung und Netzteil.

Stattdessen zählt für die Gaming-Performance eher ein hoher Spitzentakt sowie ein möglichst großer Cache. AMD hat deshalb speziell für PC-Spieler den Achtkerner Ryzen 7700X3D entwickelt. Er trägt einen aufgestapelten Chip mit zusätzlichem Level-3-Cache. Der 96 MByte große Zwischenspeicher steigert die Bildrate beim Gaming um bis zu 35 Prozent [2], weil weniger Zugriffe auf den im Vergleich dazu wesentlich langsameren RAM notwendig sind.

Für einen aktuellen Spiele-PC empfehlen wir 32 GByte Arbeitsspeicher. Denn im Hintergrund laufen oft mehrere Game-Launcher von EA, Epic Games, Steam und

Gaming-PCs: Spiele-Benchmarks

	3DMark Fire Strike [Punkte]	Hogwarts Legacy, 1440p, Ultra: 1%-Perzentil / Durchschnitt [fps]	Hogwarts Legacy, 4K, Ultra: 1%-Perzentil / Durchschnitt [fps]	Shadow of the Tomb Raider, 1440p, Ultra, DX12, SMAA: 5%-Perzentil / Durchschnitt [fps]	Starfield, 1440p, Ultra: 1%-Perzentil / Durchschnitt [fps]	Starfield, 4K, Ultra: 1%-Perzentil / Durchschnitt [fps]
	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶
Dell Alienware Aurora R16	37801	48/73	25/38	138/160	33/47	21/28
Mifcom Gaming PC Ryzen 7 7700X - RX 7900 GRE	43294	63/94	42/55	154/175	54/71	38/47
c't Gaming-Allrounder	37897	43/70	28/42	142/163	47/57	30/36



Dell Alienware Aurora R16

Direkt nach dem Einschalten macht der Alienware Aurora R16 die Zielgruppe klar: Außer den Außenseiten der Front leuchtet auch der Einschaltknopf im Alien-Logo der Gaming-Marke von Dell auf. Unter anderem durch die schnelle PCIe-4.0-SSD erscheint bereits 15 Sekunden nach dem Start der Windows-Desktop.

Im Inneren baut der Hersteller eine Wasserkühlung für den Prozessor Core i7-13700F ein. Der Wärmetauscher sitzt dabei unter dem Gehäusedach. Aus unserer Sicht ist die Kühlung überdimensioniert, denn es handelt sich dabei um eine 65-Watt-CPU, die nur kurzzeitig ihre Processor Base Power überschreitet. Auf der GeForce RTX 4070 sitzen ebenfalls zwei Lüfter, obwohl sie dauerhaft 200 Watt schlucken darf. Im Leerlauf machen sich die Pumpe und die ungeregelten Gehäuselüfter hörbar bemerkbar (0,6 sone). Die Regelung lässt sich auch nicht einschalten. Bekommt die Grafikkarte etwas zu tun, verdoppelt sich die Lautstärke auf 1,3 sone.

Durch die LGA1700-Plattform sowie ein proprietäres Mainboard und Netzteil mit 12-Volt-only-Technik benötigt der Alienware-Rechner mit 31 Watt die niedrigste Leistung der drei Testkandidaten. Die nicht zum ATX-Standard kompatiblen Bauteile erschweren aber Reparaturen nach Ablauf der Herstellergarantie. Der Arbeitsspeicher ist mit 16 GByte für künftigen Spielspaß etwas knapp bemessen. Als Bonus zu den üblichen Schnittstellen enthält der Aurora R16 einen elektrischen und einen optischen SPDIF-Ausgang.

- ⬆️ kurze Bootzeit
- ⬆️ geringer Energiebedarf
- ⬇️ im Leerlauf laut



Mifcom Gaming PC Ryzen 7 7700X - RX 7900 GRE

Für den Test hat uns der Hersteller den Rechner mit einer Abweichung zur Basisvariante geschickt, es steckt ein 750- statt 850-Watt-Netzteil drin. Für die verwendete Ausstattung mit dem Acht-kerner Ryzen 7 7700X und Radeon RX 7900 GRE reicht das aber mehr als aus.

Direkt nach dem Einschalten leuchten nicht nur die LEDs der Gehäuselüfter, sondern auch die der RAM-Riegel auf. Nach dem Windows-Start werden die DIMMs jedoch wieder dunkel. Die beiden 16-GByte-Module mit XMP-Profil laufen mit standardkonformem Tempo von DDR5-5200, aber erhöhter Spannung und kürzeren Latenzen. Trotz schneller 1-TByte-SSD mit PCIe-4.0-Schnittstelle braucht der Gaming-PC 34 Sekunden bis zum Windows-Desktop. Schaltet man XMP ab, braucht er nur noch 25 Sekunden, weil das Speichertraining schneller absolviert ist.

Die Radeon RX 7900 GRE liefert die höchste 3D-Performance der drei Gaming-PCs. Im Leerlauf schluckt die Grafikkarte jedoch wesentlich mehr Energie als das GeForce-Modell, der gesamte PC benötigt bei ruhendem Windows-Desktop fast 70 Watt.

Dabei ist der Rechner mit 0,2 sone sehr leise, beim Zocken klettert die Lautheit geringfügig auf 0,3 sone. Sobald jedoch die acht CPU-Kerne Last bekommen, wird es laut. Bereits ab 80 °C Kerntemperatur drehen die vier Gehäuselüfter unnötig schnell mit maximaler Geschwindigkeit (2,6 Sone). Wir empfehlen deshalb die Ventilatoren im BIOS-Setup ab 65 °C auf 60 Prozent zu limitieren.

- ⬆️ schnelle Grafikkarte
- ⬆️ geringe 3D-Lautstärke
- ⬇️ hohe Leerlaufleistungsaufnahme



c't Gaming-Allrounder

Außer Konkurrenz läuft unser Bauvorschlag aus c't 28/2023 in dem Test mit. Wegen der hohen Nachfrage nach den von uns verwendeten Komponenten ist der Preis von ursprünglich 1700 Euro auf 1850 Euro gestiegen, hinzu kommen noch 100 Euro für die Windows-11-Lizenz, die bei den anderen beiden PCs enthalten ist. Zudem muss man noch einige Stunden Arbeit fürs Zusammenbauen und Installieren des Betriebssystems einrechnen.

Im Direktvergleich mit dem Alienware Aurora R16, in dem ebenfalls eine GeForce RTX 4070 steckt, liegt die Bildrate des Gaming-Allrounders abhängig vom Spiel um bis zu 28 Prozent höher. Das ist wohl hauptsächlich dem Ryzen 7 7800X3D mit dem großen Level-3-Cache und dem doppelt so großen Arbeitsspeicher geschuldet.

Im Leerlauf schluckt unser Bauvorschlag 43 Watt und damit rund 12 Watt mehr als der Alienware-PC. Das liegt am Mainboard beziehungsweise der energiehungriigen CPU-Plattform AM5. Dabei ist der Rechner selbst in leisen Räumen kaum wahrnehmbar. Bei Volllast auf Prozessor und Grafikkarte bleibt die Lautheit unter 0,5 sone. Bei 3D-Spielen erreichen wir dank leiser Grafikkarte und händisch optimierten Lüfterkurven 0,2 sone. Die RGB-LED-Beleuchtung der GeForce RTX 4070 ist mit unserer Gehäusevariante nicht sichtbar, sondern nur mit den Tempered-Glass-Varianten des Define 7 Compact.

- ⬆️ sehr leise
- ⬆️ kurze Bootzeit
- ⬇️ Selbstbaukenntnisse notwendig

PRODUCT OWNER DAYS

So geht agiles Produktmanagement besser

Köln • 12./13. März 2024

Die Product Owner Days bieten eine einzigartige Gelegenheit zum **Networking, Wissensaustausch** und zur **Inspiration** – um Produkte zu entwickeln, die **Kunden begeistern**.

Themen, die im Fokus stehen:

- User Research
- Product Discovery, Product Economics
- Agiles Projektmanagement
- Product Roadmaps
- Erfolgreiche Produktvisionen und -strategien

Wir laden dich herzlich zu den **Product Owner Days** ein und freuen uns darauf, dich am 12./13. März in Köln begrüßen zu dürfen!



Jetzt
Tickets zum
Frühbucher-
rabatt
sichern!

Workshops »OKR & Roadmaps« und »UX & Scrum« am 11. März 2024

Kooperationspartner

Agile Academy

it-agile

Die Produktwerker

product-owner-day.de

SCRUM MASTER DAY

Online-Konferenz • 7. Februar 2024

Agile Teams auf die nächste Stufe bringen

Für Scrum Master, die bereits Erfahrungen gesammelt haben, bieten wir eine Online-Konferenz zu verschiedenen Aspekten ihrer Tätigkeit.

Unser Programm:

- Flight Levels für agile Unternehmen (*Klaus Leopold*)
- OKR & Scrum in der Praxis (*Christina Lange*)
- Turboboost für agile Moderationsfähigkeiten (*Johannes Schartau*)
- Gedanken eines Psychologen zur psychologischen Sicherheit (*Joseph Pehrine*)
- Scrum mit Kanban verbessern (*Sven Günther*)
- Was Scrum Master schon immer über Produktmanagement wissen wollten (*Tim Klein*)



Jetzt
Tickets
sichern!

Workshop »Turboboost für agile Moderationsfähigkeiten« am 21. Februar 2024

Kooperationspartner

Agile Academy

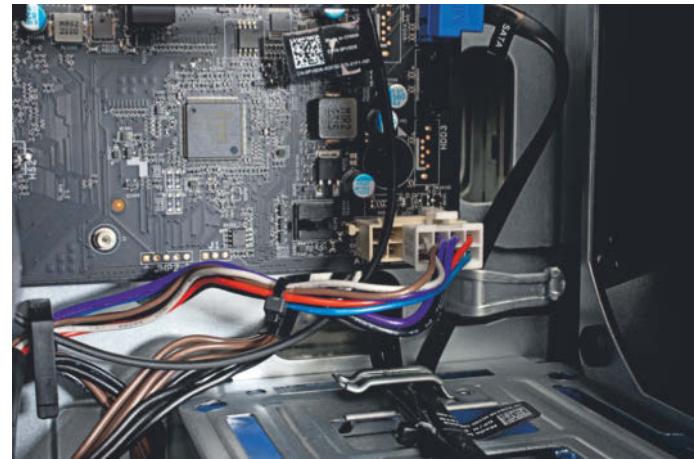
it-agile

FLIGHT LEVELS ACADEMY

scrum.inside-agile.de



Mifcom baut in den Gaming-PC eine Radeon RX 7900 GRE ein, die es nicht im Einzelhandel zu kaufen gibt.



Dell verwendet im Alienware Aurora R16 ein Netzteil und Mainboard mit 12-Volt-only-Technik und proprietären Steckern.

Ubisoft, die jeweils mehrere Hundert Megabyte RAM belegen. Zudem wachsen die Anforderungen der Spiele. 16 GByte sind deshalb nur noch für Budget-Systeme sinnvoll zum Beispiel bei E-Sporttiteln.

Zudem werben viele Hersteller mit schnellem Übertakterspeicher mit höheren Geschwindigkeiten als den von AMD und Intel spezifizierten DDR5-5200 (Ryzen 7000) oder DDR5-5600 (Core i13000/14000), was bei Spielen 30 Prozent und mehr Performance bringen soll. Diese Benchmarks sind aber bei geringen Auflösungen gemessen, bei denen nicht die Grafikkarte, sondern der Prozessor limitiert.

In der Praxis spielen allerdings die wenigsten Gamer mit 720p-Auflösung, sondern mit Full-HD-, WQHD- oder 4K-Monitor und hohen Detailstufen, wo die GPU in den meisten Szenen die Bildrate limitiert. Dann schmilzt der Vorteil der XMP- oder EXPO-Module auf wenige Prozent zusammen. Außerdem erfordern die Übertakter-DIMMs eine höhere Spannung, erhöhen somit die Leistungsaufnahme und es besteht das Risiko von Schäden am Prozessor [3].

Ähnliche Marketingstrategien finden sich bei SSD-Herstellern, nach deren Logik NVMe-SSDs mit PCI Express 4.0 oder PCIe 5.0 Spiele beschleunigen würden. Bei der Bildrate spielt die Massenspeichergeschwindigkeit aber keine Rolle, die aktuell benötigten Daten liegen sowieso im RAM. Und bei den Ladezeiten steht eher die Zugriffszeit (Latenz) der SSD im Vordergrund, weil oft viele kleine Dateien eingelesen werden. Die SSD sollte auch ausreichend Kapazität haben, damit die komplette Spielebibliothek auf ihr Platz findet. 50 GByte pro Titel sind inzwischen eher die Regel als die Ausnahme und mehr

als 100 GByte keine Seltenheit. Wir empfehlen deshalb eine SSD mit 2 TByte.

Spieleleistung

Kommen wir nun zu unseren Tests. In unseren Testkandidaten steckt eine bunte Mischung an Hardware. Im Dell Alienware Aurora R16 rechnet der Core i7-13700F mit acht Performance- und acht Effizienzkernen zusammen mit einer GeForce RTX 4070, 16 GByte DDR5-RAM und einer 1-TByte-SSD. Er kostet in dieser Konfiguration etwas über 1900 Euro. Mifcom setzt bei seinem rund 1850 Euro teuren Gaming-PC komplett auf AMD-Hardware: Zum Ryzen 7 7700X gesellen sich die wenige Monate alte Radeon RX 7900 GRE sowie 32 GByte Arbeitsspeicher und eine 1-TByte-SSD. Unser Gaming-Allrounder tritt mit dem bereits erwähnten Ryzen 7700X3D, einer GeForce RTX 4070, 32 GByte RAM und einer 2-TByte-SSD an. Inklusive Betriebssystem kostet er 1800 Euro.

Bei der 3D-Performance kann sich der Rechner von Mifcom dank der RX 7900 GRE klar an die Spitze setzen, allerdings zum Preis einer hohen Leistungsaufnahme. Bei 4K-Auflösung und sehr hoher Detailstufe liegt die Bildrate bis zu 30 Prozent höher als bei den anderen beiden Gaming-PCs mit RTX 4070. Mit aktiviertem Ray-

tracing muss man je nach Spiel aber bei allen drei Kandidaten die Qualitätseinstellungen reduzieren, damit sie bei WQHD-Auflösung ruckelfrei laufen.

Außer zum Spielen taugen die Rechner nicht nur für Office-Aufgaben, sondern auch für Foto- und Videobearbeitung. Trotz unterschiedlichen Aufbaus liegt die Single- und Multithreading-Leistung der beiden Ryzen-Achtkerner und des Core i7-13700F aus dem Alienware-PC mit acht Performance- und acht Effizienzkernen dicht beieinander.

An den Schnittstellen der drei Gaming-PCs gibt es nichts zu kritisieren: Alle bieten 2,5-Gbit/s-Ethernet, schnelles USB 3.2 Gen 2x2 mit 2 GByte/s sowie vier gleichzeitig nutzbare 4K-taugliche Monitorausgänge. Zudem kommen die drei Rechner auch drahtlos mit Wi-Fi-6E ins Netzwerk.

Fazit

Ihre Hauptaufgabe eines WQHD-tauglichen Gaming-PCs erfüllen alle drei Rechner für um die 2000 Euro gleichermaßen gut. Sie liefern viel Performance auch abseits von Spielen und sind mit allen gängigen modernen Schnittstellen ausgestattet.

Die Radeon RX 7900 GRE des Mifcom-PC bietet etwas mehr 3D-Power als

Gaming-PCs: Anwendungs-Benchmarks und Messwerte

	Cinebench R24 1T [Punkte]	Cinebench R24 MT [Punkte]	Sysmark 30 [Punkte]	Lautheit: Leerlauf/3D/Volllast [sone]	Leistungsaufnahme: Leerlauf/3D/Volllast [W]
Dell Alienware Aurora R16	besser ▶ 116	besser ▶ 1197	besser ▶ 2344	◀ besser 0,6/1,3/1,3	31/231/340
Mifcom Gaming PC Ryzen 7 7700X - RX 7900 GRE	118	1093	2566	0,2/0,3/2,6	68/331/486
c't Gaming-Allrounder	112	1081	2423	<0,1/0,2/0,4	43/249/319

die GeForce RTX 4070 des Alienware-Rechners, der dafür um einiges sparsamer im Leerlauf und unter Last ist.

Von der Lautstärke der Komplett-PCs sind wir jedoch etwas enttäuscht. Hier könnten sich die Hersteller aus unserer

Sicht etwas mehr Mühe geben. Bei unseren Bauvorschlägen wie dem Gaming-Allrounder aus c't 28/2023 [1] bekommen wir es mit Standardbauteilen, aber optimierten Lüfterkurven leiser hin.

(chh@ct.de) ct

Literatur

- [1] Carsten Spille, Gaming und noch viel mehr ..., PC-Bauvorschlag für ein Allroundtalent mit super-effizientem Prozessor, c't 28/2023, S. 26
- [2] Christian Hirsch, Spielchip, Gaming-Prozessor Ryzen 7 7800X3D im Test, c't 11/2023, S. 82
- [3] Christian Hirsch, Überreizt, Defekte Ryzen-7000-Prozessoren, c't 13/2023, S. 29

Gaming-PCs

Hersteller, Typ	Dell Alienware Aurora R16	Mifcom Gaming PC Ryzen 7 7700X - RX 7900 GRE	c't Gaming-Allrounder
Hardwareausstattung			
CPU / Kerne / Takt (Turbo)	Intel Core i7-13700F / 8P+8E / 2,1 (5,2) GHz	Ryzen 7 7700X / 8+SMT / 4,5 (5,5) GHz	AMD Ryzen 7 7800X3D / 8+SMT / 4,2 (5,1) GHz
CPU-Fassung / Lüfter (Regelung)	LGA1700 / 2 × 12 cm (–)	AM5 / 2 × 12 cm (✓)	AM5 / 1 × 14 cm (✓)
RAM (Typ / Max.) / -Slots (frei)	16 GByte (DDR5-5600 / 96 GByte) / 2 (0)	32 GByte (DDR5-5200 / 192 GByte) / 4 (2)	32 GByte (DDR5-5200 / 192 GByte) / 4 (2)
Grafik (-speicher) / -lüfter	Nvidia RTX 4070 (12 GByte) / 2 × 10 cm	AMD Radeon RX 7900 GRE (16 GByte) / 3 × 10 cm	GeForce RTX 4070 (12 GByte) / 3 × 10 cm
Mainboard (Format) / Chipsatz	Alienware ORF96M (proprietär) / Z690	MSI B650 Gaming Plus WIFI (ATX) / B650	MSI B650 Gaming Plus WIFI (ATX) / B650
Erweiterungs-Slots (nutzbar)	2 × PCIe 3.0 x4 (0), 1 × PEG (PCIe 5.0 x16) (0), 2 × M.2-2280/30 (PCIe 4.0 x4) (1), 1 × M.2-2230 (PCIe 3.0/USB) (0)	1 × PCIe 3.0 x1 (1), 2 × PEG (PCIe 4.0 x16 (0), PCIe 4.0 x4 (1)), 1 × M.2-22110/80 (PCIe 4.0 x4) (0), 1 × M.2-2280/60 (PCIe 4.0 x4) (1)	1 × PCIe 3.0 x1 (1), 2 × PEG (1 × PCIe 4.0 x16 (0), 1 × PCIe 4.0 x4 (1)), 1 × M.2-22110/80 (PCIe 4.0 x4) (0), 1 × M.2-2280/60 (PCIe 4.0 x4) (1)
SSD (Typ, Kapazität)	Samsung PM9A1 (NVMe, PCIe 4.0 x4, 1 TByte)	WD Blue SN580 (NVMe, PCIe 4.0 x1, 1 TByte)	Samsung SSD 980 Pro (NVMe, PCIe 4.0 x4, 2 TByte)
Einbauschächte (frei)	1 × 3,5" (1)	4 × 2,5" (4), 1 × 3,5" (1)	2 × 2,5" (1), 2 × 2,5/3,5" (2)
Sound-Chip (Chip)	HD Audio (Realtek ALC 1220)	HD Audio (Realtek ALC897)	HD Audio (Realtek ALC897)
Netzwerk-Interface (Chip, Anbindung) / TPM	2,5 Gbit/s (Intel Killer E3100G, PCIe) / fTPM 2.0	2,5 Gbit/s (Realtek 8125BG, PCIe) / fTPM 2.0	2,5 Gbit/s (Realtek 8125BG, PCIe) / fTPM 2.0
WLAN-Interface (Chip, Anbindung)	Wi-Fi 6E (Intel Killer AX1675x, PCIe/USB)	Wi-Fi 6E (AMD/Mediatek RZ608, PCIe/USB)	Wi-Fi 6E (AMD/Mediatek RZ608, PCIe/USB)
Maße (B × H × T) / Gehäuselüfter (geregelt)	19,8 × 41,7 × 45,8 cm / 2 × 12 cm (–)	22,9 × 48,5 × 50,5 cm / 4 × 14 cm (✓)	21 × 47,5 × 43 cm / 1 × 12 cm, 1 × 14 cm (✓)
Netzteil (Leistung)	SFF Platinum, 12 Volt only (500 W)	Mifcom Performance (750 W)	Seasonic Focus GX (650 W)
Anschlüsse hinten	1 × HDMI 2.1a, 3 × DisplayPort 1.4a, 2 × USB-A 5 GBit/s, 1 × USB-C 10 GBit/s, 1 × USB-C 20 GBit/s, 4 × USB 2.0, 1 × LAN, 6 × analog Audio, 1 × SPDIF Out elektrisch, 1 × SPDIF Out optisch	2 × HDMI 2.1a, 2 × DisplayPort 2.1, 4 × USB-A 5 GBit/s, 3 × USB-A 10 GBit/s, 1 × USB-C 20 GBit/s, 1 × LAN, 6 × analog Audio	1 × HDMI 2.1a, 3 × DisplayPort 1.4a, 4 × USB-A 5 GBit/s, 3 × USB-A 10 GBit/s, 1 × USB-C 20 GBit/s, 1 × LAN, 6 × analog Audio
Anschlüsse vorn, oben und seitlich	3 × USB-A 5 GBit/s, 1 × USB-C 10 GBit/s, 1 × analog Audio	2 × USB-A 5 GBit/s, 1 × USB-C 10 GBit/s, 2 × analog Audio	2 × USB-A 5 GBit/s, 1 × USB-C 10 GBit/s, 2 × USB 2.0, 2 × analog Audio
Reset-Taster / 230-V-Hauptschalter	n. v. / n. v.	✓ / ✓	✓ / ✓
Lieferumfang			
Tastatur / Maus	✓ / ✓	n. v. / n. v.	n. v. / n. v.
Betriebssystem / UEFI-Modus / Secure-Boot	Windows 11 Pro / ✓ / ✓	Windows 11 / ✓ / ✓	Windows 11 / ✓ / ✓
Updates aktuell / orig. Medium	✓ / n. v.	✓ / n. v.	✓ / n. v.
Anwendungssoftware	Dell-Tools	TapVPN, MSI Center, Corsair iCUE5, Ryzen Master	n. v.
Treiber- / Recovery-CD / Handbuch	n. v. / n. v. / Kurzanleitung	n. v. / n. v. / Kurzanleitung	✓ / n. v. / ✓
Zubehör	WLAN-Antenne	WLAN-Antenne	WLAN-Antenne
Elektrische Leistungsaufnahme, Datentransfertests und Geräuschenwicklung			
Soft-off (mit ErP) / Energie Sparen / Leerlauf	0,8 W / 2,1 W / 31 W	1,6 W (0,1 W) / 4,3 W / 68 W	1,5 W (0,3 W) / 2,5 W / 43 W
Volllast: CPU / CPU und Grafik	158 W / 340 W	225 W / 486 W	134 W / 319 W
SSD: Lesen (Schreiben)	6,9 (5,1) GByte/s	4,1 (3,9) GByte/s	6,7 (4,9) GByte/s
USB 20 Gbit/s / USB 10 Gbit/s / USB 5 Gbit/s: Lesen (Schreiben)	1993 (1958) / 1065 (1026) / 463 (466) MByte/s	2139 (2068) / 994 (1010) / 471 (469) MByte/s	2138 (2057) / 994 (1003) / 470 (470) MByte/s
LAN: Empfangen (Senden)	297 (298) MByte/s	297 (298) MByte/s	297 (298) MByte/s
WLAN 5 GHz / 6 GHz: nah (20 m)	1328 (194) / 1407 (265) Mbit/s	1655 (370) / 1266 (341) Mbit/s	895 (175) / 866 (75) Mbit/s
Geräuschenwicklung: Leerlauf / Volllast (Note)	0,6 Sone (⊕) / 1,3 Sone (○)	0,2 Sone (⊕⊕) / 2,6 Sone (⊖⊖)	< 0,1 Sone (⊕⊕) / 0,4 Sone (⊕⊕)
CPU- / GPU-Last (Note)	0,6 Sone (⊕) / 1,3 Sone (○)	2,4 Sone (⊖⊖) / 0,3 Sone (⊕⊕)	< 0,1 Sone (⊕⊕) / 0,2 Sone (⊕⊕)
FunktionsTests			
Secure-Boot ab- / CSM einschaltbar / Auto-BIOS-Update	✓ / - / ✓	✓ / ✓ / n. v.	✓ / ✓ / n. v.
Wake on LAN: Standby / Soft-Off	- / -	✓ / ✓	✓ / ✓
USB: 5V in Soft-off / Wecken per USB-Tastatur aus: Standby (Soft-Off)	- / ✓ (–)	✓ / ✓ (–)	✓ / ✓ (–)
Bootdauer bis Login	15 s	34 s	17 s
Parallelbetrieb (Digital Monitore)	4 × 4K 60 Hz (HDMI+DP)	4 × 4K 60 Hz (HDMI+DP)	4 × 4K 60 Hz (HDMI+DP)
analog Mehrkanalton (Art) / 2. Audiomstrom	✓ (7.1) / ✓	✓ (7.1) / ✓	✓ (7.1) / ✓
HDMI-Mehrkanalton: PCM / Bitstream	7.1 / DTS Audio, Dolby Digital Plus, DTS-HD, Dolby TrueHD, Dolby Digital	7.1 / DTS Audio, Dolby Digital Plus, DTS-HD, Dolby TrueHD, Dolby Digital	7.1 / DTS Audio, Dolby Digital Plus, DTS-HD, Dolby TrueHD, Dolby Digital
Bewertung			
Systemleistung: Office / Rendering / Spiele	⊕⊕ / ○ / ⊕	⊕⊕ / ○ / ⊕	⊕⊕ / ○ / ⊕
Audio: Wiedergabe / Aufnahme / Front	⊕⊕ / ○ / ⊕⊕	⊕⊕ / ○ / ⊕⊕	⊕⊕ / ○ / ⊕⊕
Geräuschenwicklung / Systemaufbau	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕⊕
Preis / Garantie	1919 € / 12 Monate	1865 € / 36 Monate	1795 € / –

✓ funktioniert – funktioniert nicht n. v. nicht vorhanden ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht



Stromvernichter

Heizstab AC ELWA 2 wandelt PV-Überschuss in Wärme

Der österreichische Hersteller my-PV hat sich auf Wärmeerzeugung aus Photovoltaikstrom und die passende Steuerung spezialisiert. Der Heizstab AC ELWA 2 erwärmt Wasser mit bis zu 3,5 Kilowatt und regelt stufenlos, sodass er PV-Überschuss verbrauchen kann. Wie er sich im Zusammenspiel mit PV-Anlage und einer Solarthermie schlägt, haben wir in Herbst und Winter getestet.

Von Jamil Sabih und Jan Mahn

Elektrischer Strom ist nicht nur im Haushalt die wertvollste Energieform, weil sehr flexibel. Er treibt Motoren an, spendet Licht und Wärme und versorgt Computer. Beim Energieversorger kostet eine Kilowattstunde mit allen Abgaben dieser Tage meist 35 Cent. Wärme dagegen ist vergleichsweise günstige Energie: Erdgas zum Beispiel kostet pro Kilowattstunde nur rund 10 Cent (durch die Erhöhung des CO₂-Preises steigen die Preise um etwa 0,4 Cent), bei Öl können es auch mal 12 oder 13 Cent sein. Bei diesen Zahlen wirkt ein elektrischer Heizstab wie eine unwirtschaftliche Erfindung: Einen solchen steckt man in einen vorhandenen Wasserspeicher der Heizungsanlage und lässt ihn elektrischen Strom in Wärme umwandeln; ein fest installierter Tauchsieder also mit einem Wirkungsgrad von ziemlich genau 1. Mit

teurem Strom aus dem öffentlichen Netz ist das definitiv eine dumme Idee.

Wirtschaftlich ist das nur, wenn der Strom von einer Photovoltaikanlage vom eigenen Dach kommt und eine Regelungselektronik sicherstellt, dass nur der Strom in Wärme umgewandelt wird, der im Haus nicht anderweitig gebraucht wird und als Überschuss verkauft würde. Denn dann sieht die Rechnung plötzlich anders aus: Wer 2023 in Deutschland eine Photovoltaikanlage zwischen 10 und 40 Kilowatt Spitzenleistung gebaut hat, bekommt für die verkaufte Kilowattstunde nur 7,1 Cent. Würde man Wasser für rund 10 Cent pro Kilowattstunde per Gas erwärmen, wäre das teurer. Rund 3 Cent Kostenvorteil generiert ein Heizstab pro umgesetzter Kilowattstunde bei aktuellen Gaspreisen, in den nächsten Jahren könnten die deutlich steigen.

Testanlage

Ein solcher Heizstab, der gezielt Überschuss verbraucht, ist der AC ELWA 2 von my-PV. Ob sich das Konzept und der Stab wirklich lohnen, haben wir während der Herbst- und Winterzeit in einer Testinstalation ausprobiert und das Gerät Anfang Oktober vor Beginn der Heizsaison verbaut. Zusammen mit dem Testgerät leben im Haushalt zwei Erwachsene und zwei Kinder, die Photovoltaikanlage mit Süd-, Ost- und Westausrichtung erreicht zusammen 15,5 Kilowatt Spitzenleistung. Seit Mitte November gesellt sich ein Batteriespeicher mit 16,5 kWh dazu. Zwei Wechselrichter vom Typ Kostal Plenticore Plus 8.5 arbeiten zusammen mit einem vernetzten Zwischenzähler von Kostal namens KSEM, der für das Energiemanagement zuständig ist und jederzeit weiß, wie viel Überschuss bereitsteht. Über das Protokoll Modbus TCP, also über ein LAN-Kabel und das Heimnetz, soll der Heizstab stets erfahren, wie viel Energie er gerade verheizen darf. Kostal ist aber längst nicht der einzige unterstützte Hersteller, my-PV führt eine lange Liste an Geräten, die ebenfalls getestet und geeignet sind. Einen vernetzten Zwischenzähler hat jeder PV-Anlagenbetreiber installiert, der auch einen Batteriespeicher betreibt, alternativ gibt es auch das „WiFi Power Meter“ von my-PV für 280 Euro.

Der einschließlich Gewinde 46 Zentimeter lange Heizstab von my-PV steckt für unseren Test in einem multivalenten Heizwasser-Pufferspeicher vom Typ Viessmann Vitocell 340-M SVKC, durch den 708 Liter Heizwasser fließen. Durch den unteren Bereich schlängelt sich eine mit Sole gefüllte Spirale, die mit der Solarthermieanlage (vier Flachkollektoren vom Typ Vitosol 200-FM) auf dem Dach verbunden ist. In der Mitte des Speichers hat Viessmann Platz für einen Heizstab vorgesehen. Darüber verläuft eine weitere Spirale mit Platz für 30 Liter, durch die Trinkwasser fließt und dabei Wärmeenergie mitnimmt. Solarthermie und Heizstab unterstützen

durch diesen Aufbau gemeinsam sowohl die Warmwasserbereitung als auch die Raumheizung.

Voraussetzung für den Betrieb des AC ELWA 2 sind aber weder Solarthermie noch ein solcher kombinierter Kessel. Der Stab funktioniert zum Beispiel auch in einem reinen Warmwasserspeicher. Hersteller my-PV führt keine Liste an Speichern, die kompatibel sind und hat stattdessen nur eine kurze Aufzählung mit Forderungen veröffentlicht: Der Tank braucht eine Muffe mit einem 1,5-Zoll-Gewinde. Die Muffe darf nicht länger als 130 Millimeter sein, weil der Stab nur in diesem Bereich nicht heizt – sonst gäbe es einen Wärmestau. 46 Zentimeter Platz braucht man im Kessel insgesamt für den Stab.

Für den Einbau hat my-PV den Heizstab in zwei Teile zerlegt und dabei auf Feedback zum Vorgängermodell AC ELWA gehört: Das Heizelement kann der Heizungsbauer in den Tank einbauen und muss dafür so viel Wasser ablassen, dass sich der Wasserstand unterhalb der Muffe befindet. Weil das Gewinde aus Kunststoff besteht, ist beim Einbau Vorsicht geboten – schräg eingesetzt kann das Gewinde schnell Schaden nehmen. Erst wenn der Stab eingebaut und der Kessel wieder dicht ist, muss der Elektriker anrücken, um die Steuerung daran zu installieren und mit Strom zu versorgen.

Die bebilderte Anleitung erklärt die wenigen Schritte anschaulich und die elektrische und netzwerkseitige Inbetriebnahme im Test lief reibungslos. Am Wasserspeicher installierten wir noch einen Kabelkanal für Strom und Netzwerkkabel und schlossen die Steuereinheit des Stabs per Patchkabel ans Heimnetz an. Gibt es keine LAN-Buchse in der Nähe, geht das auch per WLAN (2,4 GHz). Die Einrichtung im Browser verlief ebenfalls wie geplant. Sobald man dem AC ELWA 2 die IP-Adresse des vernetzten Zwischenzählers verraten hat, kontaktiert er diesen und startet sofort mit dem Überschussheizen;

60 °C ist die Standardeinstellung für die Höchsttemperatur, die man schnell anpassen kann. Das klappt sowohl über eine lokale Weboberfläche, über die Cloud des Herstellers, mit der man den Stab optional verbinden kann, oder über das eingebaute 2,8-Zoll-Touchdisplay. Letzteres funktioniert tadellos, ist aber verzichtbar, wenn man den Stab mit Netzwerkanbindung betreibt – so häufig kommt man schließlich nicht im Heizungskeller vorbei, um sich am Display zu erfreuen.

Die Cloudanbindung leistet, was man von einer Fernüberwachung im Jahr 2024 erwartet und was wir bei der Cloudanbindung der Viessmann-Heizung schmerzlich vermissen: Bei my-PV ist es auch möglich, anderen Nutzern mit einem my-PV-Account lesenden oder schreibenden Zugriff auf den Stab zu geben. Praktisch zum Beispiel für Immobilienverwalter. Auf dem Dashboard im Browser sieht man fast in Echtzeit, wie viel Leistung gerade verheizt wird, wie viel ins Netz geht und wie warm das Wasser wird. Weil warmes Wasser nun mal nach oben steigt, kann man im oberen Bereich auch einen zusätzlichen Temperatursensor installieren, der im Lieferumfang enthalten ist. Neben der Echtzeitauswertung zeigt die Website Diagramme und rechnet die umgesetzte Energie für Tage, Monate und Jahre zusammen. Eine App gibt es nicht, die Seite funktioniert aber auch auf Mobilgeräten sehr gut.

Regelung

Weder Heizelement noch Cloudanbindung allein würden den Anschaffungspreis von 850 Euro rechtfertigen. Die Magie steckt in der Steuerung, die abhängig von einer externen Quelle wie Modbus TCP möglichst genau die zur Verfügung stehende Leistung verheizen soll.

Eine solche Steuerung kann man auf verschiedenen Wegen erreichen, my-PV hat die aufwendigste eingebaut. Die schmutzigste Herangehensweise wäre eine sogenannte Phasenanschnittsteue-

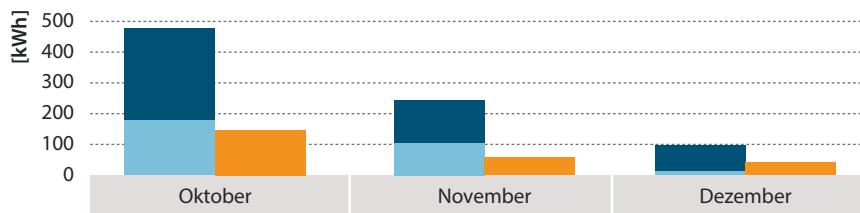


Entscheidet man sich für die optionale Cloudanbindung, erfährt man auch unterwegs im Browser, was im Wasserkessel gerade passiert.

Überschussheizen mit Heizstab

Der AC ELWA 2 lief von Oktober bis Dezember 2023 in einem Haushalt zusammen mit einer Solarthermieanlage und verheizte Überschüsse der Photovoltaikanlage.

■ Ertrag aus Photovoltaik ■ davon Verbrauch im Heizstab ■ Ertrag aus Solarthermie



lung mit Thyristoren, wie sie bei Beleuchtungsdimmern teilweise eingesetzt wird. Dabei schaltet die Steuerung jede Sinuswelle etwas zeitverzögert ein. Die Schaltflanken führen zu unsauberen Sinuswellen im Netz, weshalb die Netzbetreiber sie bei großen Heizeräten wie einem 3500-Watt-Heizstab nicht tolerieren.

In Foren, die sich mit Eigenbau-Überschusssteuerungen beschäftigen, wird als Alternative gern Pulspaketsteuerung diskutiert. Das ist eine Sonderform der Pulsweltenmodulation, die jeweils Ganz- oder Halbwellen ausknipst, aber immer im Nulldurchgang der Sinuswelle schaltet. Solche Regelungen haben weniger Auswirkungen auf das Netz, aber andere Tücken: Einerseits darf man hohe Lasten gemäß der Anschlussbedingungen der Netzbetreiber nicht allzu häufig schalten, zu lange Zeitschnitte führen aber dazu, dass der Stromzähler den Verbrauch nicht mehr mittelt und man unbemerkt Strom teuer zukaufst, obwohl der Stab eigentlich Überschuss verheizen soll.

my-PV arbeitet mit hochfrequenter Pulsweltenmodulation in Kombination mit Eingangs- und Ausgangsfiltern. Das ist ein in der Entwicklung teureres Verfahren, das die Sinuswellen erhält, dadurch die Rückwirkungen auf das Netz klein hält und nach Herstellerangaben mit deutschen und österreichischen Netzanschlussbedingungen und Normen für elektromagnetische Verträglichkeit kompatibel ist. Nach demselben Prinzip arbeiten auch andere höherpreisige PV-Heizstäbe wie zum Beispiel der ATON+ des Herstellers TA (ct.de/yj78), der rund 800 Euro kostet.

Was bringt das

Von der Theorie zurück zum Praxistest: Die Inbetriebnahme war vor Beginn der Heizperiode erledigt, in den ersten Wo-

chen war der Warmwasserkreis der einzige Abnehmer für die Wärme. Der Oktober war erfreulich sonnig und es offenbarte sich ein typisches Muster: In den Stunden nach Sonnenaufgang machte die verbaute Solarthermieanlage keinerlei Anstalten, den Kessel mit warmem Wasser zu versorgen – hier hätte die Gasheizung anspringen müssen. Zur gleichen Zeit lieferte die PV-Anlage aber bereits Strom und auch mehr, als im Haus abgerufen wurde. Schon kurz nach 8 Uhr begann der Heizstab mit seiner Arbeit und regelte sauber weg, was sonst ins Netz abgegeben worden wäre. Morgens und abends sowie in bewölkten Stunden macht sich der wesentliche Unterschied zwischen Solarthermie und Photovoltaik bemerkbar: Eine Thermie braucht direktes Sonnenlicht, während eine PV-Anlage auch bei Diffuslicht arbeitet. Für den Oktober stehen 147 kWh aus der Thermie zu Buche, die PV hat 478 kWh erzeugt, der Heizstab davon 178 kWh in Wärme umgesetzt.

November und Dezember waren dann erwartungsgemäß mager: 244 kWh kamen im November aus der Photovoltaik, von denen der Stab 105 verheizte. Die Thermie schaffte unter diesen Bedingungen lediglich 58 kWh. Im grauen und historisch verregneten Dezember fiel die PV-Erzeugung auf 97 kWh, von denen nur noch 13 in Wärme gewandelt wurden, 20 kWh hatte sich der Batteriespeicher einverlebt. Die Solarthermie erreichte immerhin 41 kWh. Auf diesem niedrigen Niveau macht sich bemerkbar, dass der Heizstab am Ende der Nahrungskette steht und erst dann heizen darf, wenn der elektrische Hausverbrauch gedeckt ist.

Das Fazit nach drei Monaten: 296 kWh hat der Heizstab umgesetzt. Bei einer Differenz von 3 Cent zwischen Einspeisevergütung und Gaspreis entspricht

das einer Einsparung von rund 9 Euro. Damit sich die Investition von 850 Euro für den AC ELWA 2 innerhalb von 10 Jahren rechnet, müsste der Stab rund 2800 Kilowattstunden im Jahr umsetzen. Das könnte in unserem Szenario mit dem vergleichsweise großem Batteriespeicher nur knapp aufgehen: Die sonnigen Tage im Oktober zeigen, dass sich Heizstab und Solarthermie durchaus ergänzen, weil sie unterschiedlich und damit zu verschiedenen Zeiten arbeiten. Das größte Einsparpotenzial ist in Frühjahr und Spätsommer zu erwarten, in den Sommermonaten wird der Heizstab wochenlang nichts zu tun haben, weil die Thermie allein den Speicher zum Kochen bringt und dann abschaltet. Der Warmwasserbedarf ist in diesen Zeiten außerdem geringer und der Heizkreis in der Regel aus.

Fazit

Der AC ELWA 2 von my-PV ersetzt weder Gasheizung noch Solarthermie oder Batteriespeicher, sondern ist ein weiterer Baustein, um selbst erzeugte Energie im eigenen Haus zu verbrauchen. Er lohnt sich vor allem dann, wenn die PV-Anlage großzügig dimensioniert ist – Photovoltaik ist nur durch mehr Photovoltaik zu ersetzen. Wer noch keinen Batteriespeicher und nicht das nötige Kapital dafür hat, erhöht mit einem Heizstab deutlich günstiger den Eigenverbrauch. In unserem Testszenario erreichten wir von Oktober bis Dezember einen Eigenverbrauch von fast 95 Prozent, im November und Dezember landeten weniger als 6 Kilowattstunden im Netz. Inbetriebnahme und Auswertung über die Website verliefen reibungslos, für den Einbau in den Kessel und die elektrischen Arbeiten sollte man jeweils Fachleute beauftragen.

Der größte Haken: Der Heizstab ist seit Markteinführung chronisch ausverkauft, Onlineshops listen ihn aktuell als lieferbar ab Juni 2024, wenn man jetzt bestellt. Bis zum Beginn der nächsten Heizsaison könnte der Stab also ankommen und pünktlich die Arbeit aufnehmen.

(jam@ct.de) ct

my-PV AC ELWA 2

Regelbarer Heizstab

Hersteller, URL	my-PV, my-pv.com
Einbaumaße	Gewinde 1,5 Zoll, 46 cm Länge
Leistung	max. 3500 Watt, stufenlos regelbar
Schnittstellen	LAN, WLAN (2,4 GHz), RS485, PWM
Preis	850 €

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



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

www.iX.de/testen



3x als
Heft



www.iX.de/testen



49 (0)541 800 09 120



leserservice@heise.de





Bild: KI Midjourney | Collage c't

Der maskierte Sänger

Fünf KI-Dienste, die Gesang mit geklonten Stimmen austauschen, im Test

Der neueste Trend in der KI ist es, Gesangsstimmen durch künstliche Stimmen zu ersetzen, die mit Profisängern trainiert wurden. Sie sollen aus un-talentierten Zeitgenossen Popstars machen. Wir haben getestet, wie gut das klappt.

Von Kai Schwirzke

Die Produktion guter Gesangsaufnahmen ist eine der anspruchsvollsten Aufgaben in der Musikproduktion. Dafür

braucht man nicht nur teure Mikrofone und einen akustisch geeigneten Raum. Man braucht vor allem schöne und ausdrucksstarke Stimmen. Gerade an letzteren mangelt es aber oft.

KIs versprechen eine einfache Lösung. Der Produzent oder Musiker singt selbst und sendet die Gesangsspur an einen Online-Dienst. Dieser ersetzt die Stimme durch eine neue, die aus einem professionell vorproduzierten Stimmmodell entsteht. Originaltext und Melodie bleiben dabei erhalten. Ein mit einer amerikanischen Sängerin trainiertes Modell singt so ohne Probleme auch deutschsprachige Texte.

Die günstigsten Angebote sind kostenlos, eine kommerzielle Verwertung ist

bereits für ein Taschengeld möglich. Wir haben anhand der Dienste Kits, Lalals, Revocalize, Voice Swap und Voicyfy getestet, ob die Angebote auch professionellen Ansprüchen genügen und über die Imitation einer rappenden Angela Merkel hinausgehen. Die Ergebnisse haben nicht nur Auswirkungen auf die zukünftige Arbeit der Musikproduzenten, sondern auch auf die Entwicklung der Musik, die jeder Tag für Tag im Radio hört.

Einsatz im Studio

Alle getesteten Dienste laufen im Browser und funktionieren nach demselben Prinzip: Sie laden zunächst die isolierte Originalspur in die Cloud des Anbieters und wählen einen vorproduzierten Sänger

Ihrer Wahl. Anschließend starten Sie die Stimmkonvertierung mit einem einfachen Klick. Nach den Berechnungen bieten die Dienste die umgewandelte Datei zum Download an. Viele Dienste zeigen eine Vorschau des Ergebnisses als Wellenform an. Bei den kostenlosen Angeboten liegt sie allenfalls als MP3-Datei, im Bezahlabo als WAV-Datei oft auch höher aufgelöst vor.

Die Berechnungen des KI-Modells sind nicht trivial, schließlich bestimmen weit mehr Parameter als nur die Tonhöhe den Klang einer Gesangsstimme. Ihre Klangfarbe verändert sich beispielsweise durch die Kopfhaltung sowie Stellung der Lippen und der Zunge. Auch lautes oder leises Singen beeinflusst den Klang. Um glaubwürdig zu wirken, muss das KI-Modell viele dieser Aspekte berücksichtigen. Das Training professioneller Stimmmodelle ist daher zeitaufwendig, und auch ihr späterer Einsatz keine Sache von Sekunden.

Der Preis der Abomodelle schlägt sich auf die Anzahl der vorproduzierten Stimmen und der Priorisierung in den Rechenzentren nieder: Wer mehr zahlt, landet auf einem deutlich schnelleren Server. Bei den günstigeren Varianten kann es schon mal vorkommen, dass man auf einen dreiminütigen Gesang eine halbe Stunde warten muss. Will man mehrere Songs konvertieren oder verschiedene Varianten ausprobieren, sorgt das für einen Leerlauf im Studio.

Kalkulieren muss man auch beim Zeitkontingent, das meist in Konvertierungsminuten berechnet wird. Durch den starken Wettbewerb wechseln die Angebote häufig. Jenseits kostenloser Schnupper-Accounts lagen die monatlichen Tariife zwischen 30 und 120 Minuten für 8 bis 12 Euro. Dabei sollte man bedenken, dass vier berechnete Versionen eines dreiminütigen Gesangsstücks bereits 12 Minuten in Anspruch nehmen. Wer häufiger Songs mit KI-Stimmen bestücken will, zahlt für eine Konvertierungsflatrate ohne Zeitbegrenzung zwischen 24 und 39 US-Dollar pro Monat. Nur Voice Swap bietet keine Flatrate an.

Eigene Stimmklone

Das Anlernen eigener Stimmmodelle kostet bei den meisten Anbietern extra. Mit einem kostenlosen Testzugang ist dies nur bei Revocalize mit einem kleineren Trainingsdatensatz möglich. Die volle Qualität bekommt man ab 9 US-Dollar pro Monat. Dann kann man wie bei Kits.ai für 10 US-

Dollar pro Monat zwei Stimmmodelle speichern. Voicify ermöglicht Stimmtraining erst ab 25 Euro/Monat. Lalals verlangt sogar 69 US-Dollar pro Training und bietet für 30 US-Dollar Aufpreis das Klopfen beliebiger Künstler an – eine Namennennung genügt. Bei Voice Swap ist ein Training nur auf Anfrage möglich.

Wenn Sie eigene Sprachmodelle trainieren wollen, gilt: Je mehr Lernmaterial Sie der KI geben, desto besser das Ergebnis. Bei einigen Anbietern ist es möglich, bis zu 60 Minuten an Daten hochzuladen. Bis das neue Stimmmodell dann fertig trainiert ist, kann es schon mal mehrere Stunden dauern. Wichtig dabei: Die Audiodaten sollten monophon und möglichst frei von Störgeräuschen und Effekten wie Hall oder Echo sein. Sie können das Training weiter verbessern, indem Sie unnötige Pausen aus den Trainingsdaten entfernen. Mehr dazu in unserem Praxisartikel auf Seite 114.

Einige Dienste bieten zusätzliche Bearbeitungswerzeuge an. Kits bringt das „Voice Separator Tool“ mit, das Vocals aus einem Mix herauslöst. Voicify hat ein „Vocal Tool Kit“ an Bord, das ebenfalls Gesangsspuren trennt und zusätzlich Hall und Stille entfernt. Und Revocalize gestattet das Zuschalten von beispielsweise Hall, Hoch- und Tiefpassfiltern sowie Chorus und Echo.

Diese Helferlein liefern passable Ergebnisse, aber Sie dürfen keine Wunder erwarten: Gerade bei der Spurentrennung bleiben im Solo-Modus meist Artefakte

c't kompakt

- Webdienste tauschen Stimmen von Gesangsspuren mit einer erstaunlich hohen Qualität aus.
- Dies verhilft Musikproduzenten selbst ohne geübte Sänger und teures Aufnahmeequipment zu professionellen Ergebnissen.
- Die Dienste unterscheiden sich stark bei den Lizenzbedingungen und der Umsatzbeteiligung der zum Modelltraining eingesetzten Sänger sowie bei ihrem Mitspracherecht bei der Nutzung ihrer Stimmen.

wie Seitenbänder oder Hallfahnens anderer Instrumente hörbar, die sich durch unangenehmes Zischeln bemerkbar machen. Hintergrundgeräusche und Hall eliminieren die Dienste ebenso so gut wie nie ohne störende Nebeneffekte. Gut klappt das mit dem Programm Moises, auf das wir im Praxis-Artikel auf Seite 114 näher eingehen.

Stimmprobe

Alle Dienste versprechen mehr oder weniger perfekte Gesangsspuren durch professionell klingende KI-Modelle. Was darunter zu verstehen ist, haben wir ausprobiert, indem wir einerseits eigene Gesangsversuche aufhübschen ließen. Auf



Bei Voice Swap (Bild) und Kits können Sänger ihre digitalen Stimmklone vermarkten und an den Lizenzen mitverdienen.

der anderen Seite haben wir aber auch kommerzielle Produktionen durch einen Stimmseparator geschickt und die Gesangsspuren dann von der KI „verschönern“ lassen.

Wichtig war für uns zunächst, ob die KI in der Lage ist, auch schiefe Töne geradezurücken. Wer solche Fehler manuell korrigieren will, braucht viel Geduld. Denn selbst professionelle Spezialwerkzeuge wie Melodyne können nicht wissen, welche Abweichungen von der „Idealtonhöhe“ tatsächlich bluesig gemeint oder einfach nur schief sind. Auch die automatische Korrektur von Glissandi, dem nahtlosen Gleiten zwischen Tonhöhen, ist kein Pappenstiel. Wenn ein Quantisierungsalgorithmus so etwas gnadenlos glättet, klingt die Aufnahme schnell leblos.

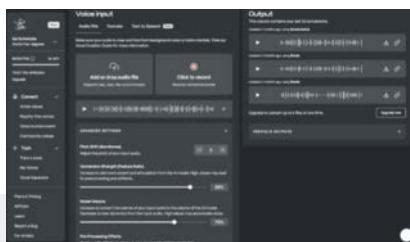
Ebenso wichtig ist, dass die KI die ursprüngliche Dynamik der Aufnahme erhält. Eine gefühlvoll vorgetragene Ballade verliert viel von ihrem Charme, wenn sie die Dynamik ungefragt zusammenstaucht. Die KI muss freilich auch den Originaltext fehlerfrei übernehmen. Es nützt wenig, wenn der Gesang zwar wunderbar soulig klingt, der Algorithmus aber die Hälfte des Textes in Kauderwelsch verwandelt.

Zu guter Letzt wollten wir wissen: Wie universell lassen sich die vorproduzierten Stimmen in der Praxis einsetzen? Kann die KI-Stimme „Kevin“ zum Beispiel Hip-Hop genauso gut wie Soul, Blues oder Rock? Bietet sie gute Alternativen für verschiedene Stile oder klingt am Ende alles gleich?

Zum Vorsingen

Grundsätzlich funktionierten alle Dienste erstaunlich gut, einige der Ergebnisse können Sie sich unter ct.de/yvdz anhören. Die generierten Spuren ähnelten den originalen Vorlagen, sodass wir sie problemlos in ein bestehendes Arrangement einfügen konnten. Dynamik und Tonhöhen blieben erhalten: Wer ein schief gesungenes Stück in die KI schickt, bekommt auch ein schief gesungenes Stück zurück. Die optionalen Korrekturwerkzeuge einiger Dienste sollte man nicht aktivieren, sondern seine Vorlagen besser vorher mit Tools wie Melodyne korrigieren. Probleme bereiteten schwierige Passagen mit Glissandi – an Extremfällen wie das Solo von Clare Torry in „The Great Gig in the Sky“ von Pink Floyd scheitern selbst die besten KI-Stimmen.

Unterschiedliche Sprachen waren für die KI-Stimmen kein Problem. Sie geben türkisches Material ebenso gut wieder wie



Kits

Kits überzeugt durch seine übersichtliche Bedienoberfläche, auf der man bereits im kostenlosen Account 34 Stimmen in verschiedenen Stilen und Sprachen auswählen kann. Die Stimmen lesen auch Text vor. Zum Trainieren eigener Stimmen zahlt man monatlich 10 Dollar für 60 Konvertierungsminuten. Zusätzlich kann man die KI-Stimmen von neun weiteren Sängern lizenziieren. Diese erhalten bei einer kommerziellen Veröffentlichung zwischen 20 und 40 Prozent der Einnahmen.

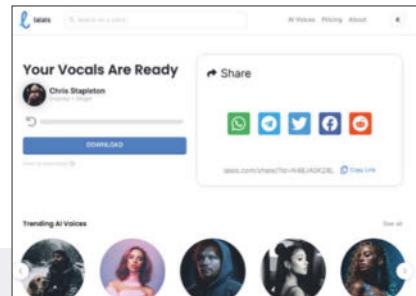
Bereits im günstigsten Tarif bekommt man die bestmögliche Konvertierungsqualität, die Unterschiede liegen lediglich in der Anzahl der selbst zu trainierenden Stimmmodelle sowie der Zeichenzahl für die Text-To-Speech-Konvertierung. Die Tools zur Stimmbearbeitung stehen, mit Ausnahme des Schnupperaccounts, in allen Ausbaustufen zur Verfügung.

Hinsichtlich der Konvertierungsqualität lässt Kits nichts zu wünschen übrig, die Testspuren wurden fehlerfrei geklont. Weniger überzeugend war das Angebot an professionellen Vocals. Hier lieferte vor allem Voice Swap stimmigere Ergebnisse.

Kits erlaubt in den kostenpflichtigen Abonnements bis zu fünf parallele Konvertierungen. Das spart viel Zeit, vor allem wenn man mehrere Varianten einer Stimme ausprobieren möchte. Dort sind auch Bearbeitungswerkzeuge zu finden, unter anderem eine Funktion namens De-Harmonize (Enharmonisieren). Sie isoliert die Melodie von mehrstimmigen Gesangsspuren, was im Test allerdings nur mäßig funktionierte.

- ⬆ große Stimmauswahl
- ⬆ parallele Konvertierungen
- ⬆ einfaches Klonen

Preise: kostenlos bis 55 Euro/Monat



Lalals

Lalals ist ein Dienst aus den Vereinigten Arabischen Emiraten. Die Entwickler stammen nach eigenen Angaben von der Ludwig-Maximilians-Universität München und verwenden eine KI-Eigenentwicklung namens Bluewaters.

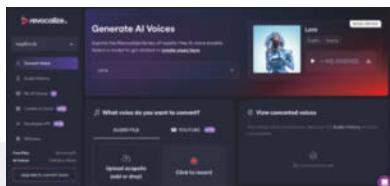
Im teuersten Abo für 24 US-Dollar stellt der Dienst mehr als tausend KI-Stimmen mit dem Konterfei bekannter Künstler und Persönlichkeiten bereit, darunter Madonna, Michael Jackson oder Ed Sheeran. Außerdem landet man auf einem deutlich schnelleren Server.

Für 69 bis 99 US-Dollar kann man seine eigene oder die Stimme eines beliebigen Künstlers klonen lassen. Lalals betont, die KI-Stimmen nur mit „legalem Material“ zu trainieren. Die mit Mid-journey erstellten Porträts wecken hier falsche Hoffnungen, da man die kleinen „inspired“-Hinweise allzu leicht übersieht. Neben speziell für die Musikproduktion trainierten Stimmmodellen gibt es auch für die Text-To-Speech-Umwandlung gedachte „Characters“. Diese ähneln prominenten Stimmen, etwa Barack Obama, Angela Merkel oder bekannten Cartoon-Figuren.

Die Bedienung ist einfach: Stimmmodell auswählen, eigene Gesangsspur hochladen – fertig. Die Qualität der Konvertierungen gehört zu den besten und musikalischsten im Testfeld. Die zusätzlichen Bearbeitungswerkzeuge lassen allerdings eine Feinjustierung vermissen. Das allerdings gilt für nahezu alle hier vorgestellten Anbieter, die ähnliche Bearbeitungswerkzeuge zur Verfügung stellen.

- ⬆ hohe Konvertierungsqualität
- ⬇ dubiose Promi-Bezüge
- ⬇ teure Stimmklone

Preise: kostenlos bis 22 Euro/Monat



Revocalize

Revocalize lockt mit günstigen Preisen: Bereits mit dem kostenlosen Account kann man seine eigene Stimme klonen oder auf vier vorproduzierte KI-Stimmen zugreifen. Allerdings muss man Geduld mitbringen – im Test reagierte die Website manchmal nur verzögert.

Für 9 US-Dollar im Monat stellt Revocalize 15 Stimmen bereit, zusätzlich darf man zwei eigene Stimmen klonen. Die KI-Stimmen können nicht nur singen, sondern auch sprechen und rappen.

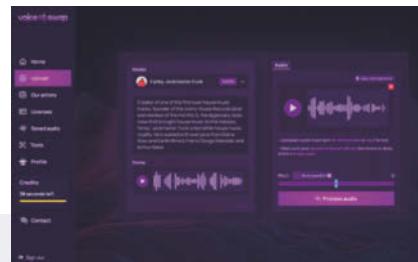
Der Trainingsaufwand und die Qualität steigen gegenüber der kostenlosen Version. Allerdings ist auch hier Geduld gefragt: Bis die Stimmeklone im Test zur Verfügung standen, vergingen teilweise Stunden oder Tage. Die anschließenden Konvertierungszeiten mit fertig trainierten Stimmen dauerten etwa die doppelte Laufzeit der Spuren.

Revocalize bringt einige zusätzliche Bearbeitungswerzeuge und Effekte wie Hall, Delay und Chorus mit. Diese lassen sich jedoch nur ein- und ausschalten, nicht aber feinjustieren, sodass sie für eine ernsthafte Bearbeitung nicht infrage kommen. Ähnlich durchwachsen sind die Ergebnisse der zuschaltbaren Tonhöhenkorrektur und des Harmoniegenerators.

Das entsprechende Plug-in lädt eine Gesangsspur direkt zu Revocalize hoch. Dazu muss die Spur allerdings in Echtzeit abgespielt werden. Das dauert deutlich länger als ein schneller Export aus einer DAW.

- ⬆ kostenlose Klonen
- ⬆ gute Konvertierungsqualität
- ⬇ zeitaufwendiges Training

Preise: kostenlos bis 36 Euro/Monat



Voice Swap

Der britische Dienst konzentriert sich auf professionelle Musikproduktionen. Hier gibt es ausschließlich Modelle von Profisängern, die nicht damit werben, wie ein bekannter Popstar zu klingen. Vielmehr liefert Voice Swap zu jedem Künstler eine kurze Biografie, sodass auf einen Blick klar wird, zu welchem Musikstil die Stimme passt.

Mit einem Abo kauft man sich Konvertierungszeit. 30 Minuten kosten zum Beispiel knapp 12 Euro. Eine Flatrate gibt es nicht, selbst für 40 britische Pfund (ca. 46 Euro) ist nach 240 Minuten Konvertierungszeit im Monat Schluss.

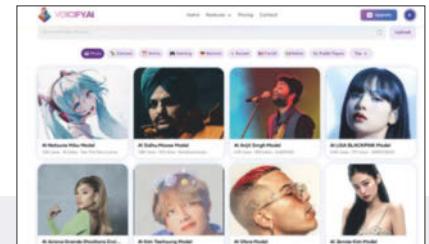
Voice Swap bietet im Vergleich die besten Stimmen mit bester Konvertierungsqualität. Allerdings hat auch dieser Dienst mit schwierigen Passagen zu kämpfen, die zum Beispiel ein Glissando enthalten.

Kommerzielle Veröffentlichungen erfordern eine Lizenz der Künstler, mit deren Stimmen die KI trainiert wurde. Für 3 der 15 Stimmen fallen keine weiteren Kosten an. Die anderen 12 „Featured Artists“ verlangen für einen vierminütigen Song zwischen 230 und 460 Euro und bieten auch an, den Song bei Konvertierungsproblemen persönlich einzusingen.

Stimmklone erstellt Voice Swap nur auf Anfrage. Allgemeine Geschäftsbedingungen waren auf der Webseite nicht zu finden.

- ⬆ sehr gute KI-Stimmen
- ⬆ faire Künstler-Lizenzen
- ⬇ Stimmklone auf Nachfrage

Preise: 8 bis 47 Euro/Monat



Voicyfy

Der britische Dienst röhmt sich eines Repertoires von über 20.000 Stimmen. Diese entpuppen sich jedoch als Mägelpackung, da es sich in erster Linie um von den Nutzern hochgeladene Modelle handelt. Neben der fragwürdigen Auswahl von Angela Merkel über Trump bis zu Mangastars überzeugt oft auch die Qualität nicht. Ärgerlich fanden wir außerdem, dass Voicyfy keinerlei Angaben darüber macht, in welcher Auflösung man die konvertierten Stimmen herunterladen kann. In den ersten beiden Stufen gibt es lediglich MP3-Qualität, was professionelle Anwender kaum akzeptabel finden dürften.

Die Bedienung von Voicyfy ist zwar nicht sonderlich komplex. Allerdings nervt die Bonbon-Optik, die gerade auf mobilen Geräten viel Platz verschwendet. Die Trainings- und Konvertierungsqualität hält zwar nicht ganz mit den anderen Anbietern mit, reicht aber aus, um die Stücke auf Social Media zu posten. Das gilt auch für die beiden integrierten Funktionen, Stimmen zu extrahieren und Nachhall zu reduzieren.

Vorsicht vor dem Kleingedruckten in den Nutzungsbedingungen: Trotz der hohen Abgebühren von bis zu 90 Euro pro Monat darf der Nutzer die konvertierten Gesangsspuren nicht kommerziell veröffentlichen. Voicyfy hingegen beansprucht für sich das Recht, mit den hochgeladenen Inhalten der Nutzer nach Belieben zu verfahren. Wer das nicht will, muss seine Spuren für die private Nutzung kennzeichnen.

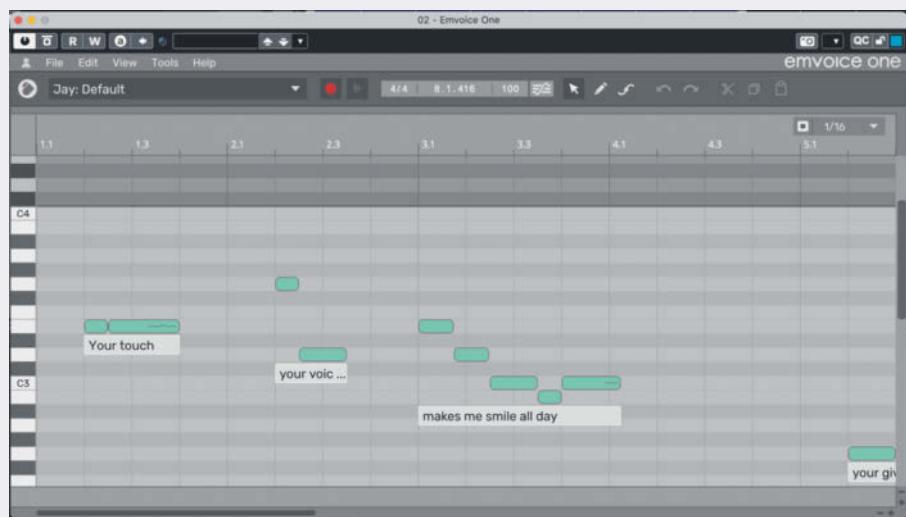
- ⬆ große Stimmauswahl
- ⬇ unprofessionelle Qualität
- ⬇ keine kommerzielle Nutzung

Preise: 8 bis 90 Euro/Monat

Synthetische Sirenen

Ein anderer Typ von KI kann tatsächlich singen. Er generiert aus einer vom Benutzer per MIDI vorgegebenen Melodie und einem dazu passenden Text eine Gesangsspur. Dazu sind zum Beispiel Vocaloid von Yamaha, Emvoice sowie V-Synth in der Lage. Diese Apps greifen auf eine große Bibliothek von Phonemen (Laute und Lautkombinationen) in verschiedenen Tonhöhen zurück, aus denen die vom Nutzer vorgegebene Melodie mit Text entsteht.

Da Phoneme die kleinstmögliche Einheit der Sprache sind, können Silben mehr oder weniger einfach auf einzelne oder mehrere Noten verteilt werden. Damit die Sprachsynthese realistisch klingt, extrahieren die Entwickler die Phonembibliotheken aus Aufnahmen echter Sängerinnen und Sänger. Die daraus resultierenden virtuellen Stimmen müssen einzeln erworben werden. Eigene Stimmen kann man mit keinem der uns bekannten Programme klonen.



Plug-ins wie Emvoice erlauben die Eingabe einer Singstimme in einem Key-Editor. Den Text fügt man unter den Noten ein.

Der große Vorteil dieser Plug-ins ist, dass sie innerhalb der DAW laufen. So erstellen Sie beliebig viele Variationen einer

Stimme oder eines Chors ohne zeitliche Begrenzung oder Abokosten. Den synthetischen Klang muss man jedoch mögen.

deutsche, französische oder englische Liedtexte. Es gab allerdings hin und wieder Fälle, in denen Silben oder auch Wörter vernuschelt klangen. Das war aber nicht dramatisch; auch bei professionellen Produktionen kann man Texte nicht immer perfekt verstehen. Im Idealfall sollte man aber Stimmen verwenden, die nach Angaben des Anbieters auch in der Lage sind, in der gewünschten Zielsprache zu singen.

Vom Stimmchen zur Diva

Auch wenn die KI-Stimmen erstaunlich gut klingen, können sie einen mangelnden musikalischen Ausdruck der Originalaufnahme nicht kompensieren. Eine schwachbrüsig, leise vorgetragene Rocknummer verwandelt selbst der kräftigste KI-Shouter nicht in begeisternden Power-Rock. Und ein langweilig vor sich hin dudelnder Soul-Song klingt mit einem virtuellen Barry White vielleicht etwas angenehmer. Den faszinierenden Wechsel zwischen ultratiefem, sexy Sprechgesang und voluminöser Singstimme kann eine KI – wenn überhaupt – jedoch nur bei entsprechender Vorlage erzeugen.

Der Anwender sollte daher immer die bestmögliche stimmliche Performance an die KI senden. Ein mit Hingabe eingesun-

gener Track wird immer besser klingen als ein lieblos hingehauchter. Die Klangqualität der Originalaufnahme ist dabei zweitrangig. Sie sollten lediglich sicherstellen, dass Sie mit Ihrem Mikrofon eine möglichst trockene Aufnahme ohne Hall hinbekommen.

Ohnehin müssen Sie für die neue KI-Stimme einige Anpassungen im Arrangement vornehmen. So passen Kanaleinstellungen wie EQ, Kompressor oder auch Effekte wie Hall in den meisten Fällen nicht sofort zur neuen Stimme. Manchmal muss man auch einzelne Instrumentenspuren angleichen, um die Stimme optimal in den Mix zu integrieren. Kalkulieren Sie in jedem Fall genügend Zeit für solche Feinabstimmungen ein.

Quelloffene Alternative

Als Alternative zu kommerziellen Diensten steht auf GitHub der Quellcode von So-Vits-SVC zur Verfügung. Das Open-Source-Modell steckt hinter vielen YouTube-Fakes und wird auch von kommerziellen Diensten genutzt. Fortgeschrittene können das Repository klonen und die Python-Skripte auf dem eigenen PC oder in einer Umgebung wie Google Colab an den Start holten.

Für die Konvertierung benötigt man darüber hinaus ein Stimmmodell – ent-

weder man trainiert es selbst oder lädt Modelle von Webseiten wie Hugging Face herunter. Quellen und Lizenzbedingungen sind bei diesen Downloads allerdings oft unklar, was den Alltagsnutzen für Musikproduzenten stark einschränkt. Die „Singing Voice Conversion“ (SVC) ist deshalb eher für Experimente interessant.

Lizenzfragen

Wie im Praxisbeitrag auf Seite 114 beschrieben, wirft der Einsatz geklonter Stimmen rechtliche Fragen auf. Auch bei Eigenkompositionen ist es nicht ohne Weiteres erlaubt, fremde Stimmen zu verwenden, wenn das Werk veröffentlicht werden soll – dazu zählen auch Uploads auf Social-Media-Kanäle. Hier greift das sogenannte Leistungsschutzrecht.

Die meisten Anbieter erlauben ihren Kunden, die mit ihren vorgefertigten Stimmmodellen generierten Gesangsspuren kommerziell zu nutzen. Dafür ist ein kostenpflichtiges Abonnement und gegebenenfalls eine höhere Preisstufe erforderlich. Die kostenlosen Testzugänge erlauben keine kommerzielle Nutzung. Kits und Voice Swap bieten über das Basis-Abonnement hinaus weitere Profistimmen an, die man bei einer kommerziellen

Veröffentlichung extra lizenziieren und bezahlen muss.

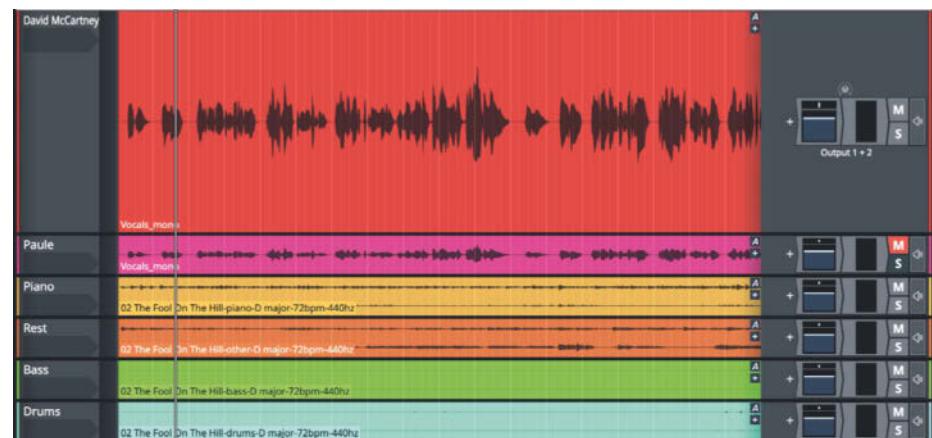
Die vom Dienst gewährten Nutzungsrechte erlöschen nicht mit Beendigung des Abonnements. Anwender können also die KI-Stimmen einen Monat lang erzeugen, das Abo kündigen und ihre fertigen Songs dann später veröffentlichen.

Bei vielen Anbietern ist es allerdings unklar, ob und wie sie die geklonnten Künstler an den Einnahmen beteiligen. Revocalize hält sich diesbezüglich bedeckt. Vorbildlich sind Kits und Voice Swap: Bei ihnen behalten unter Vertrag stehende Künstler die Kontrolle, welche Stücke mit ihren Stimmklonen kommerziell veröffentlicht werden. Nutzer solcher Premiumstimmen müssen ihre fertigen Songs einsenden und bekommen eine Freigabe des Künstlers.

Undurchsichtig ist die Situation hingegen bei den Lalals. Diese werben mit prominenten Namen, die ihre Stimmen „inspiriert“ hätten, und lassen den Nutzer im Unklaren über die Herkunft der Trainingsdaten. Hier ist ebenso Vorsicht geboten wie bei nutzergenerierten Sprachmodellen mit unbekannter Herkunft, wie sie bei Voify zu finden sind. Für diese besteht seitens des Anwenders keine Rechtssicherheit. Bei einer Veröffentlichung muss er sich gegenüber eventuellen Rechteinhabern verantworten.

Fazit

Musikproduzent Frank Farian bräuchte heute für ein Tänzerduo wie Milli Vanilli keine geheimen Studiosänger mehr zu engagieren, sondern nur noch einen KI-Dienst. Wenn auch schwierige Passagen noch wackeln, genügt die Qualität für die meisten Pop-Produktionen. Es ist daher



Die von den Diensten berechneten Gesangsspuren mischen Sie in einer Digital Audio Workstation mit weiteren Spuren, die eventuelle Rechenfehler der KI maskieren.

zu erwarten, dass diese neue Technik schon bald zum Standardrepertoire von Amateuren und professionellen Produktionen gehören wird. Sie wird die Musikwelt stärker prägen als Autotune in den vergangenen Jahren. Die Individualität der Stimmen bleibt dabei allerdings meist auf der Strecke.

Das Angebot entwickelt sich rasant: Im Wochentakt bieten neue Dienste weitere Funktionen an und ändern ihre Preismodelle. Die Spreu vom Weizen trennt sich sowohl bei der Auswahl an professionellen Stimmen als auch bei den Lizenz- und Vergütungsmodellen für die Künstler. Für den professionellen Einsatz sticht Voice Swap hervor. Der Dienst bietet die besten Stimmen und nachvollziehbare Bedingungen für Künstler, ist allerdings auch der teuerste.

Wer ein günstigeres Angebot mit einfacheren Klonmöglichkeiten sucht, findet

bei Kits und Revocalize attraktive Alternativen. Kits ist schon etwas länger auf dem Markt und bietet ähnlich transparente Lizenzmodelle für Künstler an wie Voice Swap. Newcomer Revocalize ermöglicht bereits mit dem kostenlosen Account ein abgespecktes Klonen, erfordert aber Geduld vom Anwender.

Unseriös wirken hingegen Dienste wie Lalals und Voify, die mit prominenten Namen für ihre Stimmklone werben und den Nutzer im Unklaren lassen, woher die Trainingsdaten stammen. Die Stimmen von Lalals klingen allerdings recht gut. Das kann man von den Stimmen von Voify nicht durchgängig behaupten. Sie fallen qualitativ ab und können die hohen Kosten für das Abonnement bei weitem nicht rechtfertigen.

(hag@ct.de) ct

Testaufnahmen: ct.de/yvdz

Online-Dienste für KI-generierte Gesangsstimmen

Dienst	Kits	Lalals	Revocalize	Voice Swap	Voify
Webadresse	www.kits.ai	www.lalals.com	www.revocalize.ai	www.voice-swap.ai	www.voify.ai
Anbieter	Arpeggi Inc., USA	Lalals, Vereinigte Arabische Emirate	IReal Meta Labs, USA	Voice Swap Ltd., England	Voify AI Ltd., England
gratis Testkonten	✓	✓	✓	—	—
vorproduzierte Stimmen	43	über 1000	15	15	über 20.000
eigenes Modelltraining	ab 10 US-\$/Monat	69 US-\$	kostenlos (Starter)	auf Nachfrage	ab 25 €/Monat
kommerzielle Lizenzen	ab 10 US-\$/Monat, Künstlereinwilligung	ab 12 US-\$/Monat	ab 9 US-\$/Monat	ab 7 £/Monat, Künstlereinwilligung	—
Konvertierungs-Flatrate	25 US-\$/Monat	24 US-\$/Monat	39 US-\$/Monat	—	25 US-\$/Monat
Besonderheiten	auch Text-to-Speech, Sonderlizenzen für Premium-Sänger	klont prominente Stimmen	Plug-in für DAWs	Sonderlizenzen für Premium-Sänger	nutzergenerierte Stimmen
Bewertung					
Vortrainierte Stimmen	⊕	⊕	⊕	⊕⊕	⊖
Konvertierungsqualität	⊕	⊕	⊕	⊕	○
Künstler-Transparenz	⊕⊕	⊖⊖	○	⊕⊕	⊖⊖
Preise pro Monat	ab 9 € für 60 Minuten	ab 11 € für 100 Konvertierungen	ab 8 € für 120 Minuten	ab 8 € für 10 Minuten	ab 8 € für 25 Konvertierungen
✓ vorhanden	— nicht vorhanden	⊕⊕ sehr gut	⊕ gut	○ befriedigend	⊖ schlecht
⊖ sehr schlecht					

Sing meinen Song

So funktioniert der Stimmentausch per KI

KI-Apps imitieren die Stimmen von David Bowie oder Madonna und tauschen die Gesangsspuren ganzer Songs aus. Wir zeigen, wie der Stimmentausch funktioniert.

Von Kai Schwirzke

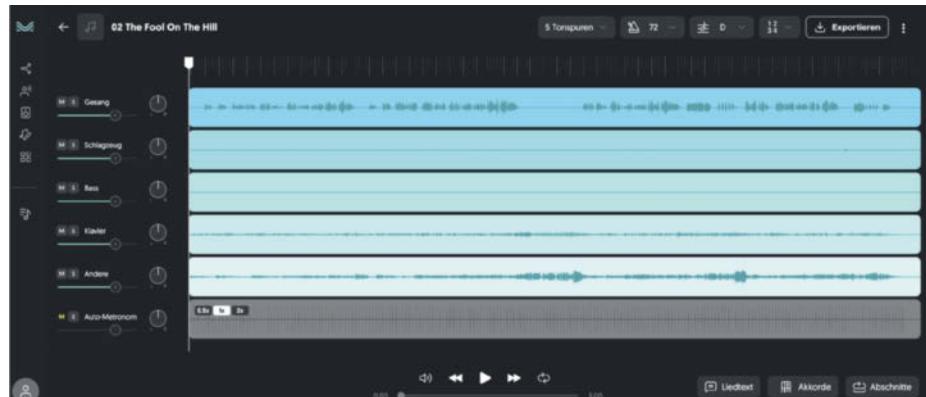
Wenn der längst verstorbene Rockstar plötzlich Songs aktueller Künstler zum Besten gibt, ist meist KI im Spiel. Auf YouTube und anderen Social-Media-Plattformen stößt man immer wieder auf verblüffend echt klingende Produktionen: Die Gesangsspur des Originals wurde gegen die eines anderen markanten Sängers ausgetauscht.

Mit den richtigen KI-Apps schaffen Sie das auch. Die wichtigsten Arbeitsschritte zur Stimmextraktion und -manipulation übernehmen Web-Dienstleister kostenlos auf Knopfdruck – den Rest erledigen Sie mit Freeware.

Dazu benötigen Sie den Originalsong, dessen Gesang Sie austauschen möchten, sowie Aufnahmen mit der Stimme des zu klonenden Künstlers. Achten Sie darauf, dass Stimmlage, Tempo und Ausdruck des

Originals und der Ersatzstimme möglichst ähnlich sind. Wenn Sie Whitney Houstons Stimmuster auf einen Rap von Eminem anwenden, klingt das wie Kermit der Frosch auf Speed. Schon besser passt es dagegen, wenn David Bowie einen Part von Paul McCartney übernehmen soll.

Für den Stimmentausch müssen Sie die Gesangsspur aus dem Original extrahieren, deren Stimme per KI gegen eine andere austauschen und den neuen Gesang wieder mit den originalen Instrumentalspuren zusammenmischen. Dazu benötigen Sie den KI-Webdienst Moises, der die Spuren auftrennt, einen Audio-Editor wie Audacity zur Vorbereitung der Austauschstimme, den Webdienst Revocalize zum Klonen des Gesangs sowie eine Digital Audio Workstation (DAW) wie Waveform Free, um die Spuren wieder zusammenzumischen. Moises und Revocalize laufen kostenlos in jedem Browser, die kostenlosen Audacity und Waveform auf allen geläufigen Desktop-Betriebssystemen. Alternativ zu dem in der kostenlosen Version manchmal überlasteten Revocalize können Sie auch den schnelleren kostenpflichtigen Dienst Kits für 9 Euro pro Monat nutzen (siehe Test auf S. 108) sowie einen Audio-Editor und eine DAW Ihrer Wahl einsetzen. Links zu den Tools finden Sie unter ct.de/ynw9.



Moises teilt komplett Songs in einzelne Spuren auf, sodass Sie den Gesang heraustrennen und gegen eine andere Stimme tauschen können.

Stems trennen

Um den allgemeinen Ablauf zu erklären, ersetzen wir den Gesang von Paul McCartney im Beatles-Hit „Fool On The Hill“ durch die Stimme von David Bowie. Bowie und McCartney bewegen sich beide auf einem ähnlichen tonalen Spektrum, was den Austausch erleichtert. Um die KI zu trainieren, haben wir den Song „Lazarus“ von Bowies letztem Album Blackstar verwendet. Der getragene Gesang von Bowie ähnelt dem Stil von „Fool on the Hill“.

Zunächst müssen Sie in beiden Stücken die Instrumentalspuren und den Gesang voneinander trennen. Dazu laden Sie beide Songs möglichst im unkomprimierten WAV-Format in den Web-Dienst Moises. Unter dem Menüpunkt „Musik-Tracks aufteilen“ laden Sie unter Moises.ai die beiden Originalaufnahmen hoch. Moises trennt sie in Gesangs- und Instrumentalspuren (Stems). Diese können Sie dann einzeln herunterladen.

Zum Ausprobieren reicht die kostenlose Version. Damit lassen sich fünf Songs pro Monat trennen und die Spuren als MP3 exportieren. Mit der Premium-Version für 7 Euro kann man eine unbegrenzte Anzahl von Songs bearbeiten, zusätzlich den Background-Gesang extrahieren und die Stems im WAV-Format ausgeben. Seit Kurzem bietet Moises auch eine Pro-Version für 35 Euro/Monat an, die zum Teil noch saubere Kanaltrennungen ermöglicht.

Spur-Vorbereitung

Alle von Moises extrahierten Spuren von „Fool on the Hill“ laden Sie in Waveform Free oder eine andere Ihnen bekannte Digital Audio Workstation (DAW). Das ist per Drag & Drop schnell erledigt. Wenn Sie den Gesang mit Klick auf das S im Mixer solo abspielen, hören Sie mitunter Artefakte sowie Reste von Instrumenten und Hallfahnern. Diese Störungen verschwinden jedoch weitgehend, wenn Sie alle Spuren zusammen anhören. Das DAW-Projekt können Sie zunächst speichern, Sie benötigen es erst wieder, wenn Sie die Gesangsspuren austauschen.

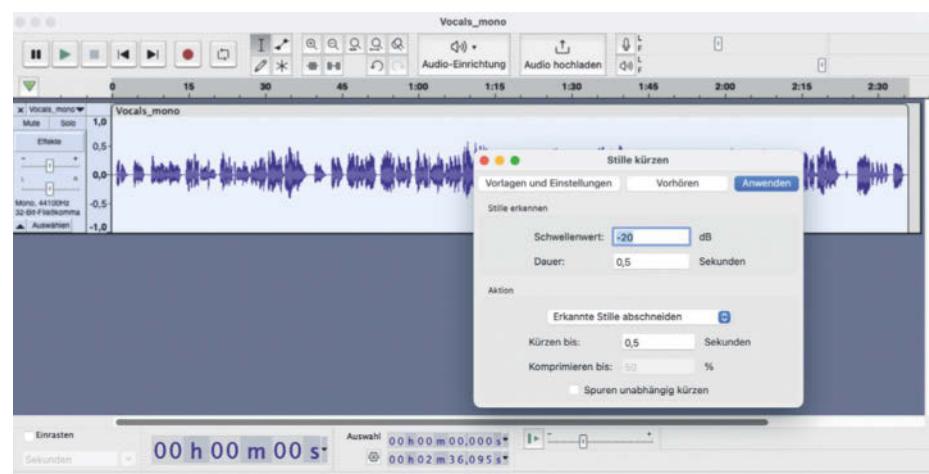
Um mit Revocalize den Gesang mit der Stimme von Bowie zu erzeugen, muss die von Moises extrahierte Bowie-Spur möglichst sauber und trocken klingen. In „Lazarus“ ist Bowies Stimme nur dezent mit Hall unterlegt. Wenn Sie keine geeignete Aufnahme seines Sängers finden, können Sie versuchen, den Hall mit speziellen Audio-Editoren oder Plug-ins wie Unveil von Zynaptic zu reduzieren. Die

Tools sind allerdings teuer und arbeiten nie ohne Nebenwirkungen. Deshalb sollten Sie eine Hallreduktion nur als letztes Mittel probieren, wenn Sie keine bessere Aufnahme finden.

In jedem Fall sollten Sie aus dem Lazarus-Track mit der Stimme für das KI-Training alle längeren Pausen heraus schneiden und die Datei in Mono konvertieren. Das geht mit Audacity unter dem Menüpunkt „Effekt/Spezial/Stille abschneiden“ sogar automatisch. Die von der App vorgeschlagenen Werte für Threshold und Dauer können Sie getrost übernehmen. Speichern Sie die Gesangsspur als Mono-WAV-Datei, um Rechenfehler beim anschließenden KI-Training zu minimieren. Konvertieren Sie auch den von Moises extrahierten Gesang von McCartney aus „Fool on the Hill“ in Mono, ohne Pausen zu entfernen.

KI-Konvertierung

Laden Sie anschließend die beiden Gesangsspuren in Mono zu Revocalize (oder Kits) hoch, zunächst Bowie als Stimmvorlage für das Training im Menü unter „Create your AI Voice“. Anschließend folgt McCartney als zu bearbeitende Originalstimme. Die KI erzeugt aus den beiden Spuren eine Schimäre: Aussprache, Artikulation, Melodie, Intonation und Timing der McCartney-Spur aus „Fool on the Hill“ werden mit den Stimm- und Aufnahmee-



Der kostenlose Audio-Editor Audacity schneidet Pausen aus Trainingsspuren und konvertiert sie in Mono.

eigenschaften der Bowie-Spur aus „Lazarus“ gekreuzt. Heraus kommt ein KI-Sänger, dessen Stimme der von Bowie ähnelt, die den Gesang von McCartney nachahmt.

Die Berechnung dauert einige Minuten. Anschließend können Sie den KI-Track anhören und herunterladen.

Ab in die DAW

Laden Sie nun die von der KI berechnete Gesangsspur in Ihr DAW-Projekt in Waveform zu den anderen Spuren von „Fool on the Hill“. Schalten Sie McCartneys Originalstimme mit Klick auf das rote „M“ am rechten Rand der Spur des Mixers stumm

und die Spur mit der geklonten Bowie-Stimme aktiv. Eventuell müssen Sie den KI-Bowie noch an die richtige Stelle im Song schieben. Dabei hilft Ihnen die Originalstimme, die Sie ja im Arrangement belassen haben.

Wenn Sie nun den KI-Bowie nicht zu laut zum Playback mischen, klingt das Ergebnis wahrscheinlich deutlich besser, als es die geklonte Einzelpur vermuten ließe. Denn durch das Zusammenspiel im Mix werden viele Störgeräusche, Phasenverschiebungen und andere Artefakte überdeckt, sodass das Ohr sie nicht mehr wahrnimmt.

Exportieren Sie den fertigen Mix aus Ihrer DAW. Wenn Sie etwas mehr Erfahrung und eine DAW mit Plug-in-Effekten haben, können Sie etwas Hall zu Bowies Gesang mischen und in der Master-Spur Ihrer DAW einen Limiter verwenden, um eventuell auftretende Pegelspitzen abzufangen.

Stimmen wechseln

Haben Sie den Grundablauf verstanden, können Sie Songs kreativ weiter bearbeiten. Sie können im KI-Cloning auch Ihre eigene Stimme einsetzen und statt McCartney einen Song singen. Beachten Sie jedoch, dass die KI alle schief gesungenen Töne und Artikulationsfehler der ursprünglichen Gesangsspur bei der Neuberechnung übernimmt.

Statt mit Bowie können Sie die KI auch mit einer Aufnahme Ihrer eigenen Stimme trainieren, sodass es am Ende klingt, als hätten Sie „Fool on the Hill“ im Stil von Paul McCartney mit den Beatles gesungen.
(hag@ct.de) ct

Post vom Anwalt

Vieles im Bereich der generativen künstlichen Intelligenz bewegt sich in einer rechtlichen Grauzone. Solange man seine Experimente nicht veröffentlicht, ist alles erlaubt. Schwierig wird es, wenn man sie auf eine Internetplattform wie YouTube oder Spotify hochlädt.

Eine solche Veröffentlichung bringt gleich drei Probleme mit sich: Erstens verletzt sie die Urheberrechte der Komponisten und Texter des Originals. Zweitens missachtet sie sämtliche Leistungsschutzrechte der am Original beteiligten Musiker und Produzenten. Drittens haben auch die geklonten Sänger ein Wörtchen mitzureden, welche Songs mit ihrer Stimme veröffentlicht werden.

Anbieter von Stimmklondiensten weisen daher gerne darauf hin, dass ihr Angebot nur „humoristischen und paro-

distischen Zwecken“ diene. Das ist clever, da auch das deutsche Urheberrecht der Parodie und Satire einen besonderen Stellenwert zumeist in dessen Rahmen die Verbreitung eines fremden Werks „in der Regel“ auch ohne Zustimmung des Urhebers gestattet ist.

Ob die Stimmklondienste aber tatsächlich alle nötigen Rechte an den trainierten Stimmen besitzen und es wirklich als Satire durchgeht, wenn Hank Williams einen N.W.A.-Song jodelt, ist oft fraglich. Tatsächlich haben große Labels wie Universal solche „Parodien“ schon mehrfach von YouTube entfernen lassen – wohl aber ohne weitere Konsequenzen für den Uploader. Unsere experimentelle Bowie-Version von „Fool on the Hill“ werden wir jedenfalls nicht veröffentlichen.

Tools zum Stimmentausch: ct.de/ynw9



Bild: KI Midjourney | Collage c't

Das Indie-Spielejahr 2023

Ein Rundgang durch die besten Indie-Games des vergangenen Jahres

Im zurückliegenden Spielejahr entstanden nicht nur viele Superhits mit Millionenbudgets, sondern mit wenig Geld und reichlich Enthusiasmus auch jede Menge lohnenswerte kleinere Spiele. Die besten stellen wir in diesem Jahresrückblick vor.

Von Dominik Schott

Spider-Man, Baldur's Gate 3, Call of Duty & Co.: Die mit riesigen Budgets von großen Game-Studios entwickelten Spielehits des letzten Jahres konnten in den Medien bereits reichlich glänzen. Weniger Raum blieb für die kleinen Perlen, die Indie-Studios mit wenig Geld und viel Enthusiasmus programmierten. Die besten von ihnen stellen wir in diesem Jahresrückblick der besonderen Art vor.

Die Spielewelt ist sich einig, dass 2023 gemessen an seinen Veröffentlichungen zu den besten und abwechslungsreichsten Jahren gehört. Lange sind nicht mehr so viele Games erschienen, die Spitzenwertungen erreichten und sich millionenfach verkaufen konnten. Für Spielefans war das eine gute Nachricht. Doch kleinere Ent-

wicklerteams und Indies hatten umso mehr damit zu kämpfen, in der riesigen Spieleauswahl überhaupt bemerkt zu werden. Zwar konnte auch in der Indie-Szene eine ganze Reihe von Titeln große Erfolge feiern – doch auch die hätten ein noch viel größeres Publikum verdient.

Von der Hochsee in die Pixel-Schützengräben

Das Leben in der Welt von **Dredge** (Windows 10/11, Steam Deck, Switch, PS 4/5, Xbox, 20 Euro, Video siehe ct.de/yts2) könnte so schön sein: tagsüber raussegeln, auf dem endlosen Ozean gemütlich Fische fangen und abends von einer dervielen Küstensiedlungen aus den Sternenhimmel bestaunen. Doch macht uns das Entwickler-

team von Black Salt Games mit diesem ungewöhnlichen Angelspiel einen Strich durch die Rechnung: Fische, die wir an Board ziehen, sind grotesk mutiert, die Küstenbewohner tuscheln hinter unserem Rücken und nachts dröhnt eine geisterhafte Sirene übers Meer. Unsere Aufgabe ist es herauszufinden, was hier eigentlich los ist – und ganz nebenbei in unterhaltsam kurzweiligen Angelspielen Fische zu fangen, sie auf dem Markt zu verkaufen sowie Schiffswracks zu bergen. Mit dem Geld rüsten wir unser Boot immer weiter auf, um neue, waghalsige Expeditionen ins Unbekannte zu starten.

Dredge schafft die schwierige Balance aus Grusel, Fischereialtag und der Freude dabei zuzusehen, wie Fische mit drei Köpfen im Wasser herumtollen. Mittlerweile ist mit „The Pale Reach“ bereits ein erstes Add-on erschienen, das den Fischer in eisige Gestade mit neuen Mutationen und Abenteuern entführt.

Eine ganz andere Richtung schlägt ein weiterer Indie-Riesenerfolg des Jahres ein, der als Studentenprojekt gestartet ist und mittlerweile Hunderttausende auf seinen Servern versammelt: **BattleBit Remastered** (Windows 10/11, 15 Euro) ist eine Hommage an die beliebtesten Battlefield-Teile, die sich die Shooter-Community seit langer Zeit zurückwünscht. Während aber das Battlefield-Entwicklerteam DICE stattdessen lieber neue Wege beschreitet, haben die drei Indie-Devs „SgtOkiDoki“, „Vilaskis“ und „The Liquid Horse“ in ihrem First-Person-Shooter die Community-Wünsche erfüllt und die klassische Battlefield-Erfahrung mit viel Chaos und Gänsehautmomenten zurückgebracht. Bemerkenswert ist diese Leistung insbesondere deswegen, weil BattleBit Remastered optisch nicht weiter von seinem Mainstream-Vorbild entfernt sein könnte:

Statt hoch aufgelöster und ultrarealistischer Texturen besteht die Spielwelt aus groben Blöcken. Minecraft lässt grüßen, aber den vielen Fans gefälltts.

Ungewöhnlich, düster, dreckig

Eine Fantasie, die für Spiele eigentlich untypisch ist, bringt **Wartales** (Windows ab 7, Switch, Xbox, 30 Euro) von Shiro Games: Statt die mittelalterliche Welt vor einer dunklen Bedrohung zu retten, müssen die Gehälter der Miststreiter rechtzeitig ausgezahlt und die hungrigen Kriegermägen stets gefüllt bleiben. Nur dann bleibt die Söldnerbande beisammen, über die man in Wartales die Kontrolle übernimmt. Apropos Kontrolle: Die ist dank der isometrischen Perspektive garantiert, die uns gottgleich von schräg oben auf die farbenfrohe und detailreiche Spielwelt blicken lässt. Von hier aus führen wir unsere Gruppe im Schritttempo durch malerische Landschaften, riesige Weinberge und kleine Städtchen – immer auf der Suche nach der nächsten Gelegenheit, das eigene Sparkonto zu füttern.

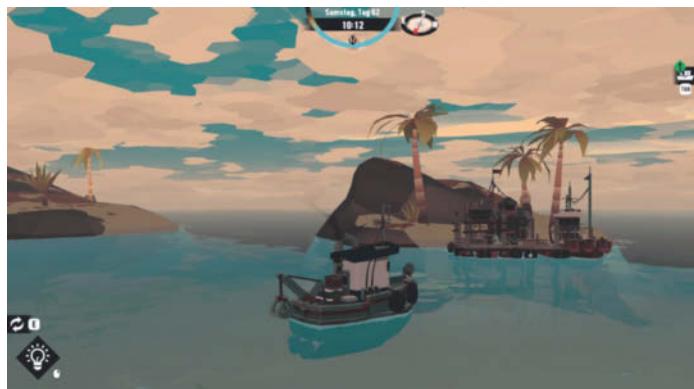
Verdient wird das Geld mit Aufträgen, die sich eher um Alltagskonflikte als um den Weltfrieden drehen: hier ein Dörfchen von einer Räuberbande erlösen, dort eine Handelskarawane in die nächste Stadt begleiten. Zwischen den Aufgaben, die zum rauen Charme der Spielwelt passen, warten erzählerische Highlights auf ihre Entdeckung: Da ist zum Beispiel der gewalttätige Ritter, der in blindem Zorn seine Familie ermordet hat und nun mit gebrochenem Herzen ziellos durch die Pampa zieht. Eine Gruppe Geflüchteter wird von der Stadtwache gesucht und wendet sich Hilfe suchend an uns. Geisterhafte Wesen entführen nachts Kinder aus den umliegenden Dörfern.

c't kompakt

- Neben Baldur's Gate 3, Assassin's Creed und anderen Hits erschienen 2023 eine ganze Reihe lohnenswerter kleinerer Spiele, die in der Flut der Neuerscheinungen teilweise untergegangen sind.
- Lohnende Indie-Games gab es 2023 quer durch alle Genres.
- Gute Spielideen müssen nicht teuer sein, auch Titel für wenige Euro sind dabei.

Wartales hält viele dieser ungewöhnlichen Geschichten bereit. Im Alltag entwickeln die Söldner Beziehungen zueinander, werden Liebespaare, Freunde oder Rivalen, was sich unmittelbar auf ihre Leistung im Kampf auswirkt. Außerdem können sie Berufe ergreifen, ihre Fähigkeiten verbessern und auch sterben und von ihren Mitstreitern an einem beliebigen Ort der Spielwelt beerdigt werden. Ja, Wartales ist ungewöhnlich, rau und schmutzig, aber gerade deswegen so charmant.

Wer bei dieser Beschreibung Geschmack am etwas düsteren Spielspaß gefunden hat, kommt an einem weiteren Indie-Highlight des Jahres nicht vorbei: **Darkest Dungeon 2** (Windows 10/11, Xbox, PS 4, 30 Euro) von Red Hook Games ist die Fortsetzung des Überraschungserfolgs aus dem Jahr 2016. Im Spiel übernehmen wir die Führung über eine Handvoll Abenteurer, die sich mit der Apokalypse höchstpersönlich auseinandersetzen müssen. An Bord einer Kutsche rast die



Das Meer und die Inselwelt in der Fischereisimulation Dredge sind schön, aber auch ein gefährlicher Ort mit Monstern und Fischanomalien.



Klotzig, klobig, wenig Details und trotzdem ein riesiger Erfolg: Battlebit Remastered hat 2023 das Shooter-Genre ordentlich durchgeschüttelt.



**Gemeinsam kämpfen, zechen und Honorare einstreichen:
Das Söldnerleben in Wartales ist nicht einfach, belohnt
Hartnäckige aber mit tollen Geschichten.**

heroische Gruppe durch eine Stadt, in der das Chaos tobt, und versucht, albraumhafte Monster, Kultisten und Mutanten zurückzuschlagen. Das geschieht rundenweise und auf Basis eines komplexen Kampfsystems, das mit vielen Attributen, Spezialfähigkeiten und Boni arbeitet, aber in seinen Grundzügen leicht verständlich ist. Nettes Detail: Im Unterschied zu vielen anderen Spielen können die Abenteurer nicht nur körperliche, sondern auch psychische Verletzungen erleiden. Schwierige Kämpfe oder übermächtige Gegner lassen den Stresspegel der Helden steigen, bis der Herzinfarkt droht – oder ein handfestes Trauma, das sich wiederum auf die individuellen Fähigkeiten der Figur auswirkt.

Früher oder später muss die Gruppe allerdings zwangsläufig scheitern: Zu

schwer, zu unberechenbar, zufordernd ist Darkest Dungeon 2, um auf Anhieb durchgespielt zu werden. Das Spielkonzept baut auf diesem Scheitern auf: Gesammelte Gegenstände und Hilfsmittel des vorhergehenden Versuchs landen beim nächsten Spielstart direkt in den Taschen der Helden, die mit frischem Mut und um einige gelernte Lektionen reicher erneut die Herausforderung des düstersten Dungeons annehmen.

Wer düstere Spielwelten zwar faszinierend findet, das eigene Glück allerdings selbst in die Hand nehmen will, könnte mit **Forgive Me Father 2** (Windows 10/11, 20 Euro, Video siehe ct.de/yts2) von Byte Barrel voll ins Schwarze treffen. Und das ist wörtlich gemeint: Der Titel ist ein handfester Ego-Shooter, der in einer von Lovecraft inspirierten Albtraumwelt spielt und seine Spielfiguren gegen bizarre Kreaturen und Dämonen antreten lässt. Dabei verlässt sich das Spiel nicht nur auf die kreative Vorlage des berühmten Autors, sondern findet einen eigenen, faszinierenden Stil: Mithilfe von Sprechblasen, Lautmalereien und Comic-Filtern inszeniert Forgive Me Father 2 eine stilistische Welt mit starker Identität und extremer Sogwirkung. Der Shooter ist nicht nur atmosphärisch und ungewöhnlich inszeniert, sondern spielt sich auch ausgesprochen schnell, geprägt von einem durchdachten Rhythmus aus kurzen Ruhephasen und intensiven Kampfszenen.

Etwas zur Entspannung

Nach so viel Düsternis wird es Zeit für etwas Fröhlicheres: **En Garde!** (Windows 10/11, Steam Deck, 20 Euro), das gelungene Debüt des kleinen französischen Entwicklerteams Fireplace Games. Nahezu jeder Aspekt des Games ist ungewöhnlich: Spielende schlüpfen in die Rolle einer de-



Farbenfroh, gutgelaunt und mit Comic-Grafik ausgestaltet schwingt sich die flinke Heldin in En Garde! durch mediterrane Gefilde.

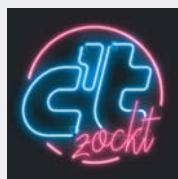
genschwingenden Abenteuerin, die inmitten des spanischen Kolonialreiches gegen Soldaten und Tyrannen kämpft. Klingt nach schwerer Kost, ist aber leichtherzig und humorvoll inszeniert. In der freundlichen, comichaften Welt, die stark an Disney-Animationsfilme erinnert, werfen wir heranstürmenden Wachen Stühle zwischen die Beine, kicken Bösewichte vor ihr Schienbein und kämpfen natürlich mit unserem Degen. Und das ist überraschendfordernd: Timing und Angriffswinkel müssen genau stimmen, um gegnerische Angriffe nicht nur abzuwehren, sondern selbst erfolgreiche Treffer zu landen oder Finten zu wagen. Die Third-Person-Perspektive erleichtert es, nicht nur Gegner, sondern auch die Umgebung immer im Blick zu behalten.

En Garde! spielt zwar inmitten eines konkreten historischen Schauplatzes, viel zu lernen über diese Zeit gibt es allerdings nicht. Das macht **Amnesia: The Bunker** (Windows ab 7, Steam Deck, PS 4, Xbox, 25 Euro) von Frictional Games ganz anders. Hier dient das Szenario – die Front des 1. Weltkriegs – nicht nur als Kulisse, sondern als Kern des Spielkonzepts. Als französischer Grenzsoldat entkommen wir nur knapp einem Überraschungsangriff und stürzen uns in einen Bunker, dessen Ausgang kurz nach unserer Ankunft gesprengt wird. Nun heißt es also: In den Räumen des Bunkers nach Dynamit suchen, um den rettenden Weg ins Freie freizusprengen. Doof nur, dass der Soldat nicht allein im Bunker ist: Eine eigenartige, mörderische Kreatur schleicht zwischen den Wänden und in der Dunkelheit umher und wartet auf eine Gelegenheit, ihn anzufallen und zu verspeisen.

Es entspinnt sich ein Katz-und-Monster-Spiel, in dem wir so vorsichtig wie möglich die vielen Zimmer und Räume erkun-

Indie-Games bei c't zockt

In unserem Indie-Gaming-Kanal auf YouTube (youtube.com/ctzockt) stellen wir regelmäßig neue Indie- und Early-Access-Games vor. Einige der in diesem Artikel präsentierten Titel haben wir bereits angespielt, darunter die Städtebausimulation **Pioneers of Pagonia** des deutschen Studios Envision Entertainment, das düstere Fischereiabenteuer **Dredge** von Black Salt Games aus Neuseeland und das Action-Roguelike-Game **Have a Nice Death** des französischen Magic Design Studios.



den müssen, ohne das Monster auf uns aufmerksam zu machen. Einziges Hilfsmittel: ein Generator liefert Strom, um vorübergehend die langen Gänge des Bunkers zu erhellen und so etwas Sicherheit zu bieten – allerdings zum Preis von Unmengen Benzin, dessen Vorrat begrenzt ist. Dass wir all das aus der Ego-Perspektive erleben und damit zwangsläufig einem großen Teil der feindseligen Umgebung ständig den Rücken zukehren müssen, fordert starke Nerven.

Wer danach Erholung braucht, ist in der Welt der „Cozy Games“ bestens aufgehoben: Das Genre der gemütlichen Entspannungsspiele ist insbesondere seit der Pandemie ungemein beliebt und hat 2023 viele tolle Titel hervorgebracht. Einer von ihnen ist **Sticky Business** (Windows 10/11, macOS, Steam Deck, 10 Euro, Video siehe ct.de/yts2), das Debüt-Spiel des deutschen Entwicklerstudios Spellgarden Games, das sich als großer Liebling der Cozy-Games-Community entpuppte. Im Spiel führt man einen kleinen Sticker-Shop und erledigt Bestellungen der zunächst überschaubaren Kundschaft sowie den Versand.

Die bestellten Aufkleber müssen rechtzeitig korrekt abgezählt in hübschen Päckchen verstaut und zur Post gebracht werden. Im umfangreichen Editor dürfen wir neue, eigene Sticker-Kreationen entwerfen, die dann prompt von der Käuferschaft angefragt werden. Zwar gehen allmählich mehr und mehr Bestellungen ein und das Angebot wird größer, doch der Stresspegel bleibt dank der gemütlichen und freundlichen Inszenierung immer angenehm niedrig.

Gemütlich bleibt es auch beim nächsten Indie-Hit des Jahres, der vor allem dank seines prominenten Chefentwicklers

Volker Wertich auf dem Wunschzettel vieler Aufbaufans steht: Wertich ist Erfinder des wuseligen Siedler-Franchises und hat nun mit **Pioneers of Pagonia** (Windows 10/11, 30 Euro, Video siehe ct.de/yts2) eine neue, eigene Interpretation der Aufbaustrategiereihe abgeliefert, da die Siedler-Lizenz mittlerweile nicht mehr ihm, sondern Ubisoft gehört. Und tatsächlich ist es ihm und seinem Team gelungen, die charmante Gemütlichkeit des ersten Siedler-Spiels vor über 20 Jahren zu erhalten und mit einer zeitgemäßen Grafik zu versetzen. **Pioneers of Pagonia** bleibt bei dem Aufbaustrategiekonzept aus den 90er-Jahren und verzichtet auf innovative Ideen oder Einflüsse aus anderen Genres. Und genau das haben sich die Fans gewünscht. Innovativ ist das Spiel an anderer Stelle: Das Wuseln ist erfreulich divers; vergangen sind die Tage, an denen die fiktive Weltbevölkerung ausschließlich weiß war. In **Pioneers of Pagonia** kämpft stattdessen eine Gruppe ganz unterschiedlicher Menschen ums Überleben.

Rätseln, grübeln, knobeln

Die Wünsche Tausender Fans gingen im zurückliegenden Jahr auch an einer ganz anderen Ecke der Spielewelt in Erfüllung, als das Dreierteam Balcony Softworks aus Australien nach vielen Monaten im Early Access den Sprung zum vollen Release schaffte. Um diesen Triumph zu feiern, gönnten die Freunde ihrem Spiel **Deepest Chamber** (Windows ab 7, Linux, 13 Euro) den verheißungsvollen Untertitel „Resurrection“, also Auferstehung. Ein Mahnmal dafür, wie viel Kritik der Titel in seinen frühen Phasen einstecken musste und gleichermaßen ein Beleg dafür, dass das Projekt diesefordernde Zeit erfolgreich überstanden hat.

Deepest Chamber ist ein Kartenspiel der ungewöhnlichen Sorte, denn es umrahmt seine Spielmechaniken mit der Fiktion, als Heldengruppe in ein tiefes Gewölbe hinunterzusteigen und auf dem Weg gegen das Einmaleins klassischer Fantasy-Gegner zu kämpfen: Riesenratte, Skelette, Zombies, Kultisten und sogar Tausendfüßler sind mit von der Partie. Statt allerdings mit Schwertern und Äxten auf sie einzuschlagen, zücken wir über 200 unterschiedliche Karten, die Schaden anrichten, Rüstungswerte steigern oder neue Einheiten beschwören. Der besondere Kniff von **Deepest Chamber** liegt dabei in einem Detail: Karten verfügen über mehrere Boost-Level, die neue Fertigkeiten und Effekte freischalten, sollten sie aktiviert werden. Und das gelingt nur, indem benachbart liegende Karten zuerst ausgespielt werden – eine einfache Regel, die die Grundlage für viele Stunden unterhaltsames Grübeln bietet.

Grübeln ist auch bei **World of Horror** (Windows ab 7, macOS, Steam Deck, PS 4/5, Switch, 20 Euro) des Solo-Entwicklers Paweł Koźmiński angesagt, allerdings aus einem ganz anderen Grund: Das Horrorspiel im Stil der klassischen Adventures der 80er-Jahre macht nicht nur aus seiner wendungsreichen Geschichte und ihren verschiedenen Enden ein Rätsel, sondern auch aus seinem Interface: Bei Spielstart blinken uns auf einem alten Röhrenmonitor, auf dem das Spiel stattfinden wird, zahllose Icons, Bildchen und Statistiken entgegen, deren Bedeutung erst nach und nach klar wird. Von hier aus klicken wir uns durch ein halbes Dutzend Abenteuergeschichten, die wie ein klassisches Textadventure gespielt werden: Texte lesen, Antwortmöglichkeiten auswählen. Die engen Genregrenzen durchbricht **World**



Aufkleber basteln, Bestellungen aufnehmen, Sticker einpacken & verschicken: Der Shopalltag in Sticky Business ist entspannt, auch dank des gemütlichen Soundtracks.



In **Pioneers of Pagonia**, dem neuen Spiel des Siedler-Erfindlers, wird gewuselt wie bei den großen Vorbildern, getaucht in zeitgemäße 3D-Grafik.

of Horror aber immer wieder überraschend. Die anfängliche Verwirrung und die vielen unübersichtlichen Symbole sind Absicht und Grundlage eines wirkungsvollen Twists, den das Gruseladventure nach vielen Stunden auf den Schreibtisch knallt. Nicht nur für Rätsel- und Gruselfans ist World of Horror eine der besten Veröffentlichungen des Jahres.

Noch im Sommer 2023 hätte der österreichische Solo-Entwickler „Stuffed Wombat“ noch nicht geglaubt, dass eines seiner Spiele in einem Best-of-Artikel wie diesem hier landen würde. Das liegt nicht an der Qualität seiner spannenden Arbeit, sondern an der kleinen Nische, in der er sich fast unsichtbar für den Mainstream bewegt. Sein Markenzeichen sind experimentelle, kurze Spielerfahrungen, die eine Spielmechanik auf den Kopf stellen – beispielsweise ein Pong-Spiel, in dem man als Ball versuchen muss, aus dem Spielfeld zu entkommen.

Mit **Mosa Lina** (Windows ab 8, Linux, 5 Euro) ist ihm geradezu versehentlich der Durchbruch gelungen: In dieser Neuinterpretation von Tetris müssen unterschiedliche Blöcke so angeordnet und platziert werden, dass der Levelausgang erreichbar wird. Star des Spiels: eine gehörige Portion Zufall, die in jedem Level neu entscheidet, welche Baustoffe zur Verfügung stehen. Als Folge des gnadenlosen „alles geht!“-Prinzips können so manche Level überhaupt nicht erfolgreich beendet werden, eine Gefahr, auf die der Entwickler bereits im Startbildschirm hinweist und augenzwinkernd darum bittet, das einfach als Teil der Spielerfahrung zu sehen und den jeweiligen Level neu zu laden. Den Menschen gefällt's und so gehörte Mosa Lina zu den erfolgreichsten Mini-Indies des Jahres.



Inspiriert von japanischen Horror-Animes erkundet World of Horror die Abgründe des menschlichen Verstands und steckt dafür voller Twists und Überraschungen.

Ebenso unerwartet erschien mit **Showgunners** (Windows 10/11, Steam Deck, 20 Euro) von Artificer Games ein weiteres Spiel in den Top-Charts des Jahres. Die rundenbasierte Shooter-Taktik erinnert an großen Genre-Promis wie XCOM, doch mit seiner Spielwelt hat das Game eine eigene, starke Identität gefunden. Hier kämpfen wir nicht gegen Aliens oder korrupte Regierungen, sondern nehmen als Sportler an tödlichen, postapokalyptischen Mega-Events teil. In zunehmend gefährlicheren Arenen müssen wir nicht nur heranstürmende Gegnermassen besiegen, sondern auch Umgebungsfallen wie Sprengladungen, Giftfässern oder unsichtbaren Bodenlöchern entgehen. Dieser Mix ist ungemein kurzweilig, abwechslungsreich und sicherte dem kleinen Entwicklerteam über Nacht eine große, begeisterte Fan-Community.

Ungewöhnliche Helden

Während die großen Spieleproduktionen der Branche ihre Millionenbudgets vor allem nutzen, um an der Grafik zu feilen und dem Fotorealismus entgegenzueilen, laufen Indies wie **Wizordum** (Windows 10/11, 15 Euro) von Emberheart Games aus Slowenien in die entgegengesetzte Richtung: Pixelblöcke so grob wie Steinquader reihen sich hier dicht aneinander und zeichnen eine Fantasy-Welt, die klassischer nicht sein könnte: Als Kampfmagier ziehen wir in endlose Schlossgänge, Kellergewölbe und Höhlensysteme, um eine mysteriöse böse Kraft zu besiegen. Uns entgegen stellen sich Orks, Goblins und andere Kreaturen aus der Genre-Schublade, die wir im Stile des Shooter-Urgesteins Doom aus der Ego-Perspektive bekämpfen.

Zwar ist weder die Geschichte besonders innovativ, noch die Spielmechanik

frisch, doch genau darin liegt der Reiz und Grund des Erfolgs dieses Indies: Wizordum ist schnell erlernt, schnell durchgespielt und schnell ein weiteres Mal von vorn begonnen. Die Gerautlinigkeit begeisterte in diesem Jahr Tausende, die in User-Reviews schon jetzt um eine Fortsetzung betteln.

Klassisch geht es in einem weiteren Indie-Game aus Deutschland zu: **Tiny Thor** (Windows 10/11, Steam Deck, Switch, 20 Euro) von Jochen Heizmann ist eine Hommage an die fordernden 2D-Plattformer der 90er-Jahre, allerdings bereichern einige wohltuend moderne Elemente das Altbekannte. Allem voran der Hammer der Hauptfigur, der während seines Hindernislaufs von links nach rechts immer wieder im korrekten Winkel geworfen werden muss, um in weiter Ferne Schalter umzulegen oder Kisten zu öffnen. Begleitet wird das Retro-Spektakel von der Musik eines echten Branchenurgesteins: Chris Hülsbeck, der in den 1990ern zu den präsentesten Komponisten der Spielewelt gehörte und auch für Tiny Thor ein paar Ohrwurmkandidaten gebastelt hat.

Gruselig und ungewöhnlich ist **Vlad Circus: Descend into Madness** (Windows 10/11, Steam Deck, PS 4/5, Switch, Xbox, 20 Euro) von Indiesruption: Das 2D-Action-Adventure lässt uns als arbeitsloser Clown in einem alten Herrenhaus ums Überleben kämpfen, nachdem der große Zirkus, sein eigentliches Zuhause, bei einem großen Brand zerstört wurde. Auf der Suche nach der Brandursache (und einem Fluchtweg) begegnet der Clown anderem ehemaligen Zirkuspersonal, das ihn um Hilfe anfleht oder – viel häufiger – bedroht. Ausgerüstet mit einer unzuverlässigen, alten Laterne schleicht er durch weite Gänge und stockdunkle Etagen,



Ein Kampfmagier durchforstet in Wizordum eine Pixelwelt voller klassischer Fantasy-Widersacher und schmeißt mit Feuerbällen und Äxten um sich.



In **Small Saga** macht sich eine Maus, die ihren Schwanz verloren hat, auf zu einer großen Abenteuerreise in den Untergrund Londons. Ungewöhnliche Idee mit viel Herz.

während die nächste Gefahr bereits auf ihn lauert. Dabei blicken wir von schräg oben in die grauenhaft gruselige Spielwelt, wechseln hin und wieder aber auch in die Ego-Perspektive, um besonders wichtige Entdeckungen aus der Nähe zu bestaunen. Mehr zu verraten würde manchem den Spielspaß nehmen, denn Vlad Circus überrascht ab der zweiten Spielhälfte mit einigen Wendungen und unerwarteten Begegnungen, die in Erinnerung bleiben.

Eine ungewöhnliche Herangehensweise an ein vertrautes Genre wählt das Rollenspiel **Islands of the Caliph** (Windows XP/Vista/7/8, 10 Euro) von Schmidt Workshops, das sich mechanisch und inszenatorisch stark an den RPG-Vorbildern der späten 1980ern orientiert, inklusive der Ego-Perspektive, in der die Pixeldungeons erkundet werden. Das gewählte Setting sticht allerdings heraus: Nicht das europäische Mittelalter, nicht westlich geprägte Fantasy, sondern die farbenfrohen Welten des Nahen Ostens. Bildmotive aus dem Islam und Darstellungstraditionen des Orients bestimmen die Pinselstriche, mit denen diese Welt gezeichnet ist. Und die ist genauso anspruchsvoll wie ihre Vorbilder aus grauen Vorzeiten: gesteuert nur mit der Tastatur, fast ohne jegliche Spielhilfe und voller ungewöhnlicher Widersacher wie Dschinns, orientalischen Dämonen und mythischen Kriegern. Wer das mag, kann stundenlange Abenteuer erleben.

Unerwartete Erfolge

Ungesehen von der Spielepresse veröffentlichte Darya Noghani Ende 2023 ihr Spiel **Small Saga** (Windows ab 7, 20 Euro), einen Titel mit großem Herz und kleinen Helden: Unter den Straßen von London erleben wir in einem mittelalterlich an-

mutenden Mäusekönigreich die Geschicke eines heldenhaften Käsfans, dessen Schwanz eine mysteriöse Gottheit stibitzt hat. Also macht er sich auf die Reise durch eine fantasievolle Welt, um ihn zurückzuholen und muss auf dem Weg gegen Tintenfische, Füchse und natürlich Katzen kämpfen. Small Saga ist ein Spiel mit viel Herz, liebenswerten Figuren, klassischer Third-Person-Perspektive und einer ungewöhnlichen Geschichte, die in diesem Jahr zu den besonders großen Überraschungserfolgen gehört.

Ebenfalls wie aus dem Nichts erschien **Bzzzt** (Windows ab 7, Linux, Steam Deck, 12 Euro) des tschechischen Solo-Entwicklers Karel Matejka aka KO.DLL. In diesem quietschbunten 2D-Platformer springen, gleiten und rennen wir in der klassischen Seitenperspektive als Pixelroboter ZX8000 durch überschaubar kurze, aberfordernde Level. Die Rahmenerzählung von einem entführten Wissenschaftler kann getrost vernachlässigt werden, denn das wahre Highlight von Bzzzt sind – neben dem poppig Soundtrack – die spielmechanischen Herausforderungen in den zahlreichen Levels. Nach und nach lernt die Hauptfigur neue Fähigkeiten, die ihr durch die zunehmend schwereren Parkourarenen helfen sollen. Erst wenn ein Level erfolgreich durchschritten ist, wird ein weiterer freigeschaltet. Wer eine besondere Herausforderung sucht, kann die im Level verteilten Schrauben für den Highscore einsammeln oder versuchen, die jeweiligen Bestzeiten zu unterbieten. Ein tolles Spiel für Menschen, die gern ihr Können auf die Probe stellen.

Das aus Frankreich stammende **Have a Nice Death** (Windows 10/11, Steam Deck, Switch, PS 4/5, Xbox, 25 Euro,



Poppig bunte Farben, ein schmetternder Soundtrack und ein knackiger Schwierigkeitsgrad begleiten den Pixelroboter ZX8000 durch diesen unterhaltsamen 2D-Platformer.

Video siehe ct.de/yts2) von Magic Design Studios schließlich rundet diese Liste der besten Indies des Jahres mit einer besonders schönen Spielidee ab: Der kleine Sensenmann, der eigentlich für das Gleichgewicht zwischen Tod und Leben zuständig ist, hat eine Menge Arbeit vor sich. Seine Mitarbeiter haben geschludert und das Gleichgewicht der Seelen durcheinandergebracht. Nun muss der Tod höchst persönlich – die Spielfigur in diesem zweidimensionalen Jump-&-Run-Spiel – zur Sense greifen und eigenhändig wieder das in den Tod schicken, was tot sein soll. Klingt recht makabер, ist aber leichtherzig und niedlich inszeniert. Die Spielwelt strotzt nur so vor Details und der Spielverlauf lässt genug Zeit, sie eingehend zu betrachten. Wer auf der Sensenreise scheitert, beginnt das Abenteuer zwar erneut von vorn, darf aber freigespielte Gegenstände und Fähigkeiten behalten. Allzu große Frustmomente haben damit keine Chance.

Bunt und vielfältig

2023 war ein hervorragendes Jahr für Spielefans und das nicht nur wegen der zahlreichen hochbewerteten AAA-Produktionen, sondern insbesondere wegen vieler Indie-Spiele, die sich mal ganz traditionell inszenierten, mal experimentierfreudig und unkonventionell die Grenzen ihrer Genres ausloteten. Es klingt nach einer Floskel, doch es trifft tatsächlich zu: Nie war die Welt der Spiele so farbenfroh, unterschiedlich und vielfältig wie im Jahr 2023. Und die Zeichen stehen gut, dass dieser Satz auch nächstes Jahr erneut wahr sein wird.

(lmd@ct.de) ct

Spiele-Videos: ct.de/yts2

Zahlen, Daten, Fakten

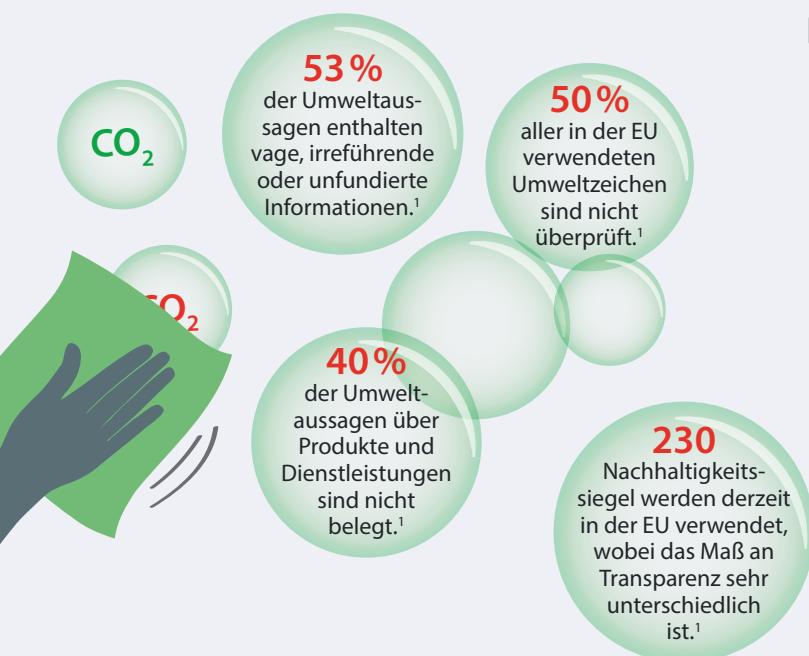
Greenwashing

Greenwashing bezeichnet Marketingbemühungen, mit denen sich Firmen ein „grünes“ Image geben. Oft soll etwa der Kauf von CO₂-Zertifikaten unverändert hohe Emissionen kompensieren – ein moderner Ablasshandel, sagen Kritiker. Wichtiger wäre es, Emissionen zu vermeiden. Doch in deutschen Unternehmen sind etwa wiederaufbereitete Geräte noch eine Seltenheit.

Das New Climate Institute untersucht in seinem „Corporate Climate Responsibility Monitor 2023“ die Maßnahmen zur Reduktion von CO₂-Emissionen von 24 großen internationalen Unternehmen, darunter auch IT-Firmen. Die Forscher kommen zu dem Schluss, dass die Unternehmen mit den bisher beschlossenen Maßnahmen ihre Netto-Null-Ziele nicht erreichen können.

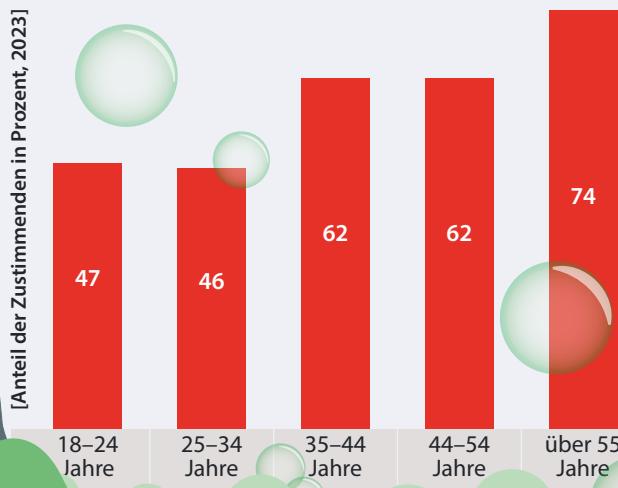
Laut WWF Deutschland verursacht die fossile Energieerzeugung hierzulande 38 Prozent aller klimaschädlichen Emissionen, gefolgt von Industrie (20 %), Verkehr (18 %) und Haushalten (10 %). Ressourcenhungreiche Cloud- und KI-Anwendungen steigern den Anteil, den der IT-Sektor hat. (dwi@ct.de) ct

Zitierte Studien: ct.de/yxdm



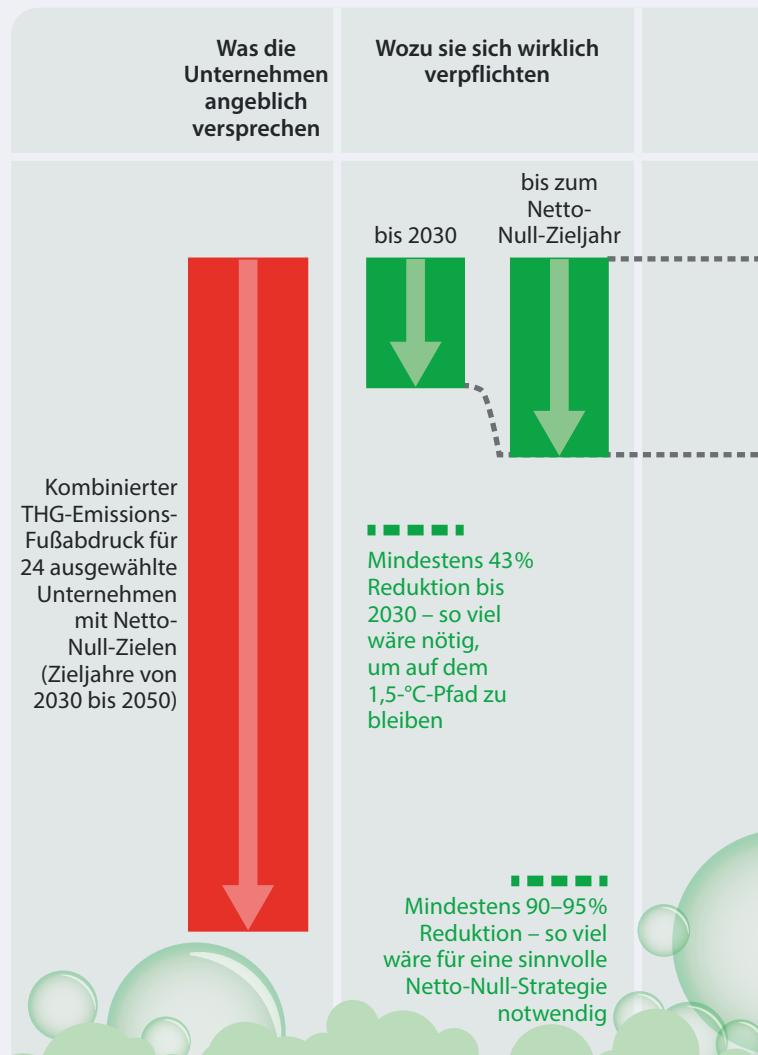
► Viel Skepsis

Gerade ältere Konsumenten sind durchaus skeptisch gegenüber den „grünen“ Versprechungen von Firmen.²



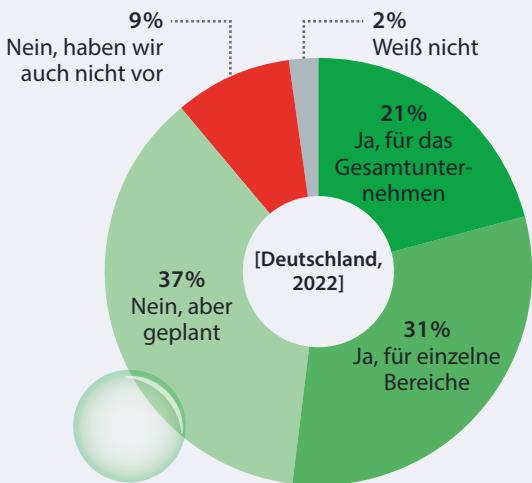
► Zu grün, um wahr zu sein

Die Grafik mit Zahlen aus dem „Corporate Climate Responsibility Monitor 2023“ des New Climate Institute zeigt: Die 24 untersuchten Unternehmen, darunter Google, Microsoft, Amazon, Apple, Foxconn und Samsung Electronics, streben tatsächlich keine klimaneutrale Produktion an.³



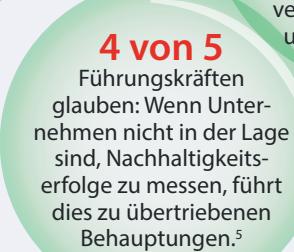
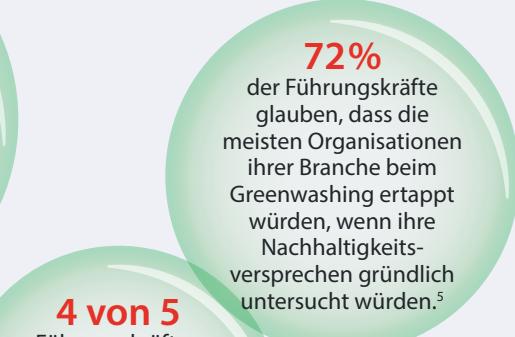
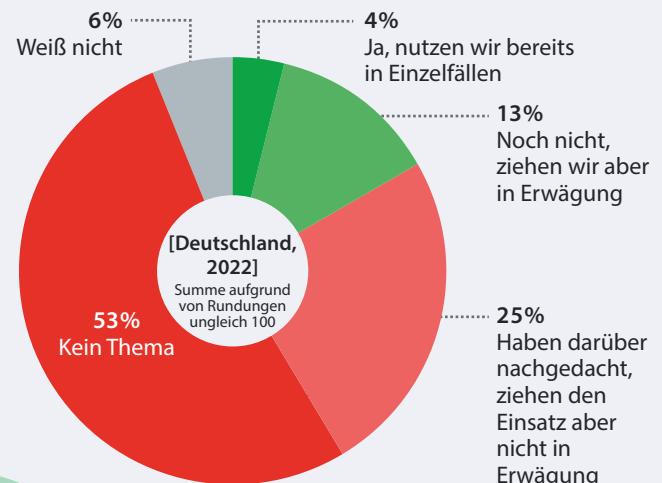
► Strategie vorhanden?

Nur etwa die Hälfte der deutschen Unternehmen verfolgt bereits eine Nachhaltigkeitsstrategie.⁴



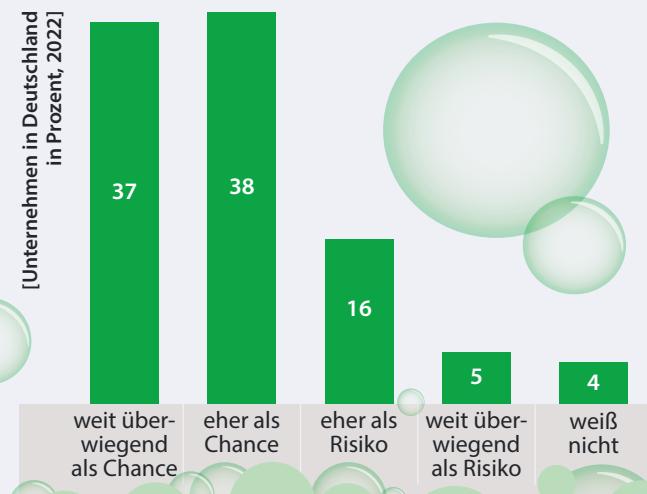
► Ungeliebte Gebrauchtgeräte

Nachhaltiger als Kompensation, zum Beispiel durch Emissionshandel, wäre die systematische Nutzung überarbeiteter Gebrauchtgeräte.⁴



► IT als Chance

Eine Bitkom-Befragung ergab, dass die meisten deutschen Unternehmen die Digitalisierung eher als Chance für die Nachhaltigkeit sehen.⁴



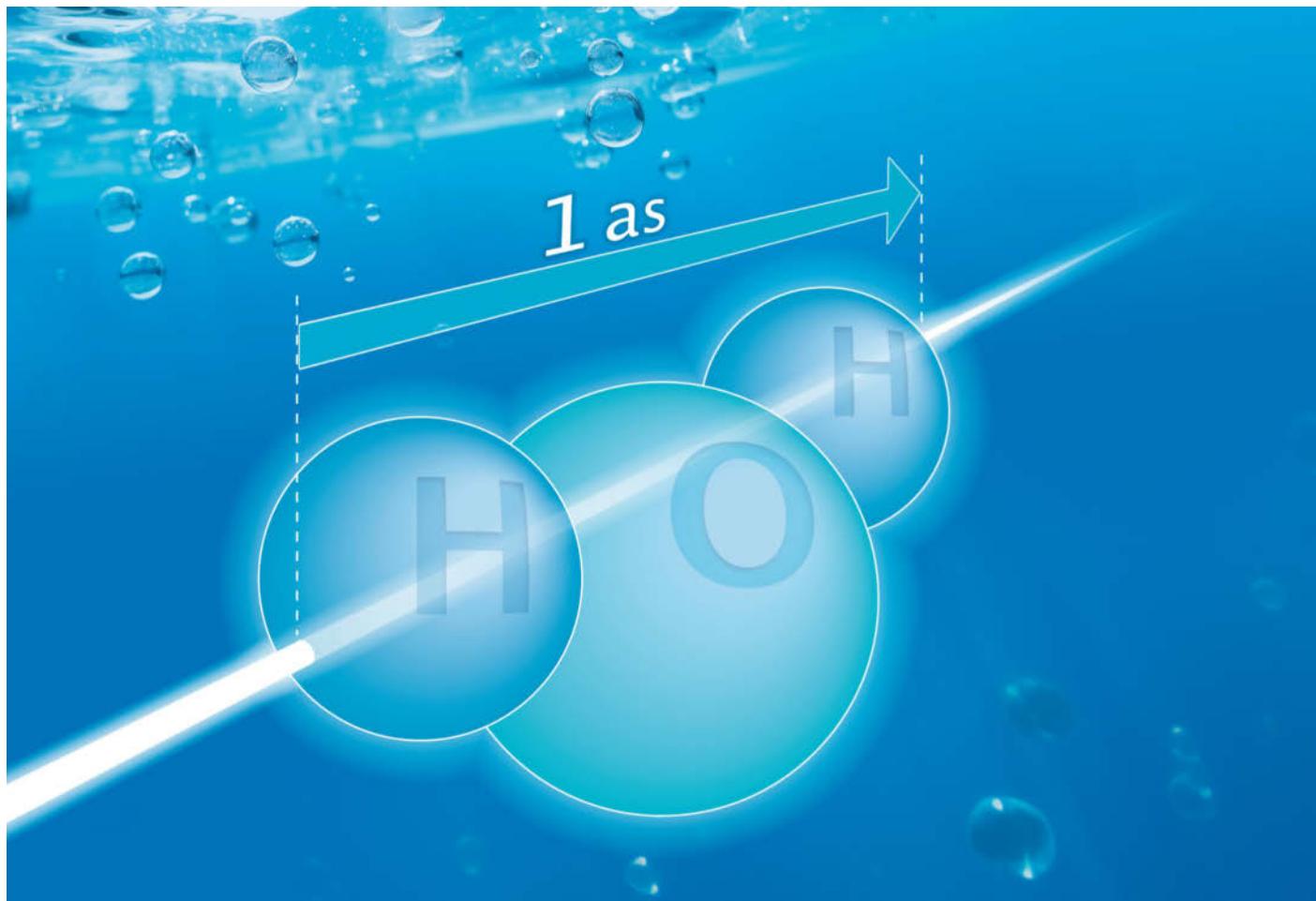


Bild: KI Midjourney / Collage c't

Laserpulse für Elektronenfotos

Attosekundenblitze offenbaren die Bewegungen einzelner Ladungsträger

In einer Attosekunde durchquert ein Lichtstrahl gerade ein Wassermolekül. Laserpulse von ein paar Attosekunden Dauer offenbaren die schnellen Elektronenbewegungen auf atomarer Ebene. Das hilft dabei, besser zu verstehen, was genau in einer Solarzelle bei der Stromerzeugung passiert.

Von Arne Grävemeyer

Jan Vogelsang hat als Postdoktorand an der schwedischen Universität Lund geforscht und gemeinsam mit der frisch gekürten Trägerin des Physiknobelpreises 2023, Anne L'Huillier, ein spezielles Elektronenmikroskop mit Attosekundentechnik ausgestattet. Damit gelangen den Forschern bisher unerreichte Einblicke in die Bewegungen einzelner Elektronen. Vogelsang hat inzwischen eine Nachwuchsgruppe an der Universität Oldenburg und ein Labor aufgebaut, um mit der neuen Technik allgegenwärtige fotoelektrische Phänomene in ihrem zeitlichen Ablauf genau zu ergründen.

Attosekundentechnik erlaubt in der Theorie sehr genaue Analysen im Zeit-

ablauf. Eine Attosekunde ist der milliardste Teil einer Milliardstelsekunde. Eine Sekunde umfasst so viele Attosekunden wie seit der Entstehung des Universums Sekunden verstrichen sind. Mit der Kürze des Zeitintervalls schrumpft auch der Ereignishorizont: Ein Lichtstrahl im Vakuum, der in nur einer Sekunde vom Mond zur Erde gelangt, kann in einer Attosekunde gerade noch den Durchmesser eines Wassermoleküls durchqueren.

Kürzeste Belichtung

Dass eine möglichst kurze Belichtungszeit neue Erkenntnisse über die genauen Abläufe eines Prozesses liefert, zeigte Ead-

weard Muybridge bereits 1878. Der britische Fotograf nahm vorbeigaloppierende Pferde mit einer Belichtungszeit von nur einer Millisekunde auf. Mit seinen Fotografien konnte er einen alten Streitfall klären: Es gibt im Bewegungsablauf des Pferdegalops einen Zeitpunkt, an dem das schwere Tier mit keinem Huf den Boden berührt.

Heutige Forscher der Attosekunden-technik interessieren sich im Vergleich dazu für ungleich schnellere Prozesse, die sich etwa im Zusammenspiel zwischen Molekülen und Photonen abspielen. Wie läuft der Einstinsche Fotoeffekt zeitlich ab und wie lange braucht er? Man wusste seit 1905 eigentlich nur, dass Lichtstrahlen auf einer Oberfläche Elektronen herauslösen können. Erst jüngere Forschungsarbeiten haben die zugrunde liegenden Prozesse genauer untersucht und dabei je nach Material Unterschiede in der Emissionszeit gefunden. Schon 2007 hat beispielsweise eine Gruppe um den späteren Physiknobelpreisträger Ferenc Krausz am Max-Planck-Institut für Quantenoptik in Garching an einer Wolframoberfläche eine Verzöge-rung von 100 Attosekunden beobachtet.

Ultrakurze Laserblitze

Aber wie erzeugt man Attosekundenblitze und wie beobachtet man deren Auswirkungen? Die Laser, die an den Universitäten von Lund und Oldenburg im Betrieb sind, haben schnelle Wiederholraten von 200 Kilohertz. Schon ein grobes Überschlagen zeigt: Offenbar muss man die Wiederhol-rate von der Pulslänge unterscheiden. Anne L'Huillier experimentierte bereits in den Achtzigerjahren mit Lasern, in denen sie viele Farben verschiedener Frequenzen zusammenstellte. Es gelang ihr, die Farben so zu kombinieren, dass sie in Interferenz zueinander treten. Dabei addieren sich die Wellenberge ihrer elektrischen Felder genau an einem Zeitpunkt, an dem sie alle in Phase stehen. Zu jeder anderen Zeit lö-schen sich die Amplituden gegenseitig aus. In den Neunzigerjahren blitzten mit dieser Technik erste Laserpulse von lediglich 10 bis 20 Femtosekunden Dauer (10.000 bis 20.000 Attosekunden) auf.

Bei diesen Versuchen stößt man un-weigerlich auf eine natürliche Grenze: Im sichtbaren Spektralbereich und auch im Nahinfraroten liegt die Oszillationsperiode stets über einer Femtosekunde. Um einen Puls auszulösen, muss das elektrische Feld aber wenigstens einmal schwingen. Laser-pulse mit kürzerer Dauer als eine Femto-

sekunde sind daher im sichtbaren Spektral-bereich physikalisch unmöglich.

Man fand aber heraus, dass man kür-zere Wellenlängen erzeugen kann, wenn man den Laser in ein Gas fokussiert. Es zeigt sich, dass Photonen einzelne Elektronen im Gas kurzzeitig herauslösen und mit Energie aufladen können, ehe diese wieder mit ihren Ursprungsatomen rekombinieren und dabei ihrerseits jeweils ein Photon aus-senden. Je nachdem, wie viele Photonen ihre Energie an ein Elektron abgeben, ent-stehen so neue Photonen mit einer mehr-fachen Energiemenge und entsprechend einer viel höheren Frequenz, die sogenann-ten hohen Harmonischen. Mit dieser Tech-nik gelang L'Huillier der Aufbau eines UV-Lasers. Auch dessen Frequenzen interfe-riieren miteinander; dadurch kann er sehr kurze Laserpulse erzeugen. Mit ihrem UV-Laser in Lund gelangen L'Huillier die ersten Pulse, die weniger als eine Femtosekunde ausmachten. Der aktuelle Weltrekord mit dieser Technik liegt bei 43 Attosekunden, erzeugt von einer Forschergruppe an der ETH Zürich.

Die Technik muss ins Mikroskop

Jan Vogelsang hat in Lund daran mitge-wirkt, diese ultraschnellen Laserpulse in die Messkammer eines speziellen Elektronenmikroskops zu bringen. Er setzte

c't kompakt

- Attosekundentechnik, 2023 das Thema des Physiknobelpreises, ermöglicht ultrakurze Laserpulse.
- Forscher setzen diese Lasertechnik in Verbindung mit Elektronenmikro-skopie ein, um fotoelektrische Pro-zesse im Detail zu verstehen.
- Sehr kurze Zeitabstände richten den Blick automatisch auf räumlich eng begrenzte Vorgänge etwa innerhalb einer Halbleiterstruktur.

dabei auf die Technik der Photoemissions-Elektronen-Mikroskopie (PEEM). Der Vorteil dieser Technik besteht darin, dass sie keine eigene Elektronenquelle nutzt, sondern Elektronen aus der Probe auf-fängt und analysiert. Ein solches Mikroskop (ebenso PEEM) untersucht Elektronen auf ihre kinetische Energie und kann damit auch Informationen über ihre ur-sprünglichen Zustände liefern, bevor sie aus ihrem atomaren Zusammenhalt her-ausgelöst worden sind.

Zusätzlich kann das PEEM eine räum-liche Bestimmung mit einer Auflösung von

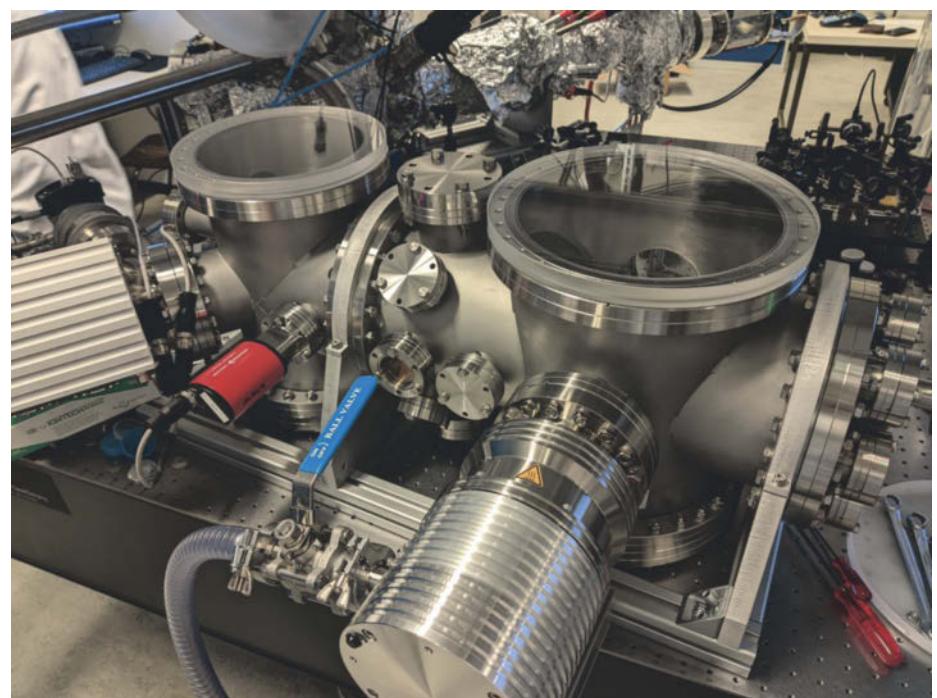


Bild: Uni Oldenburg

Die neue Vakuumkammer ist ein Eigenbau der mechanischen Werkstätten an der Universität Oldenburg. Darin sollen bald Laserblitze von nur einigen Attosekunden Länge pulsen und per Elektronenmikroskop kann man dann atomare Prozesse in kürzesten Zeitskalen beobachten.

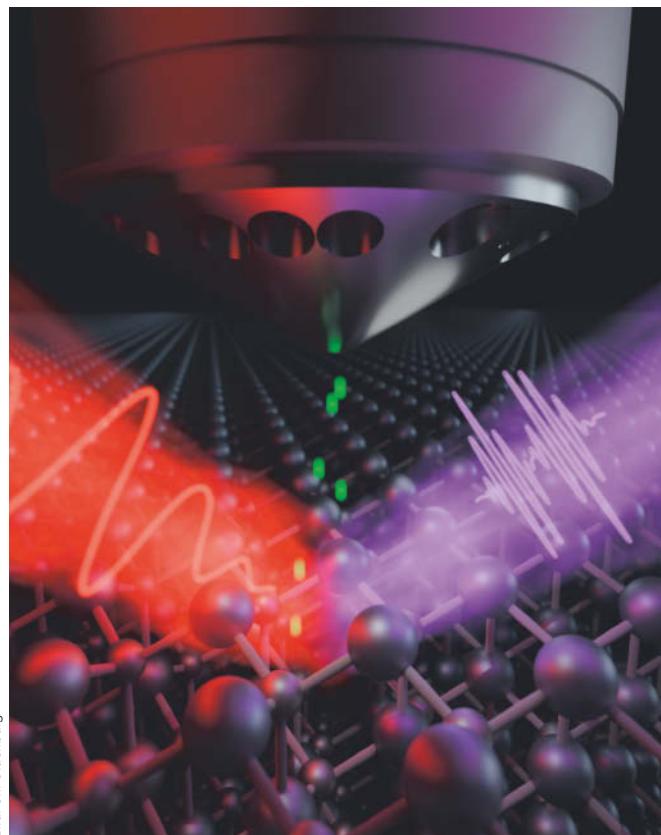


Bild: Uni Oldenburg

Der schematische Versuchsaufbau zeigt einen Laserpuls (rot, von links), der Elektronen anregt, einen hochenergetischen Attosekundenpuls (violett), der Elektronen herauslöst (grün), sowie das Photoemissionselektronenmikroskop (PEEM, oben), das die Zustände der Elektronen erkennt.

ultrakurzen Laserpuls herausgelöst werden sind. Vogelsang plant, mit diesem Aufbau wie auch die Kollegen in Lund reversible Prozesse zu beobachten, die nach jeder Messung wieder in den Ausgangszustand zurückkehren. Dadurch sind dann auch mit dem Elektronenmikroskop Aufnahmen aus verschiedenen aufeinanderfolgenden Prozessphasen möglich. Dazu muss man allerdings den Attosekundenpuls zeitlich variieren, also zu verschiedenen Zeitpunkten innerhalb eines Prozesses auslösen. Das ist möglich, wenn der Versuchsaufbau den zu beobachtenden physikalischen Prozess selbst startet.

Anregepuls – Abfragepuls

Konkret verwendet Vogelsang in seinen Experimenten deshalb stets zwei Laserpulse, die zeitlich genau aufeinander abgestimmt sind. Nachdem der erste Laserpuls Elektronen in der Probe lediglich anregt und einen physikalischen Prozess auslöst, dient der zweite Puls in Attosekundenschärfe dazu, den Moment für die Messung durch das PEEM „einzufrieren“.

Praktisch bedeutet das, dass ein Laserstrahl durch einen Strahleiter in zwei Strahlen aufgeteilt wird. Der eine Arm mit Frequenzen im sichtbaren Spektralbereich beleuchtet die Probe und regt einen Prozess an. Der andere Arm wird auf eine Gasblase fokussiert, erzeugt hohe Harmonische und damit einen Attosekundenblitz, der im Anschluss auf die Probe trifft.

etwa 30 Nanometer liefern. Das ist nicht molekulgenau, aber interessant für die Beobachtung von Nanostrukturen. Zudem könnten die Forscher ihre Probe vor den Messungen durch ein rasterndes Elektronenmikroskop genau untersuchen und somit dessen räumliche Strukturen zuvor genauer bestimmen, als das durch das PEEM möglich ist. Dadurch lassen sich dann die Messungen in der neuen Anlage besser interpretieren.

Technische Probleme bestehen darin, dass das PEEM seine Probe in einer Vakuumkammer vermisst und der Laserstrahl auf dem Weg dorthin bereits im Vakuum eine Gasblase passieren muss, um wie beschrieben die hohen Harmonischen zu bilden. „Eine solche Anlage kann man nicht von der Stange kaufen“, sagt Vogelsang im Gespräch mit c't. Die Forscher in Oldenburg haben sich seit Anfang 2023 mit dem experimentellen Aufbau beschäftigt. In universitätseigenen Werkstätten entstand beispielsweise die Vakuumkammer, die Lasersystem und PEEM integriert. In diese Kammer injiziert eine Düse mit einem Durchmesser von 50 Mikrometern einen fein gesteuerten Gasstrahl, der kurz dahinter direkt wieder abgesaugt wird.

Das PEEM selbst funktioniert übrigens nicht in Attosekundengeschwindigkeit, sondern ganz klassisch mit einer

CMOS-Kamera an einem Bildwandler. Daher unterliegt es den zeitlichen Begrenzungen der Fotografie. Es sind damit also keine schnellen Bilderreihen möglich. Der Versuchsaufbau muss vielmehr gewährleisten, dass das PEEM nur Elektronen aus dem Prozess beobachtet, die durch den

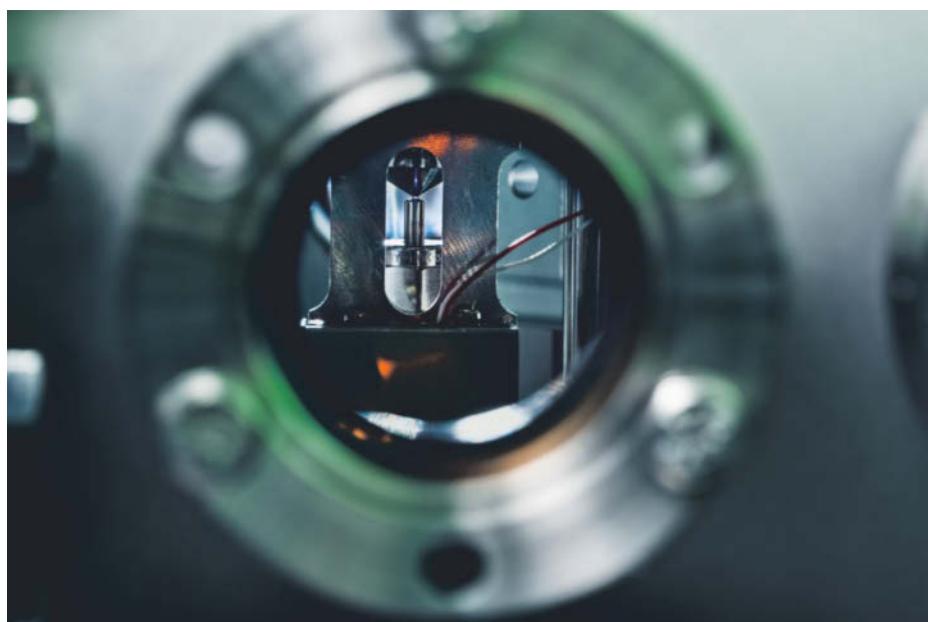


Bild: Universität Oldenburg/Marcus Windus

Beim Blick in die Vakuumkammer erkennt man über der Gasdüse in der Mitte das schwache Leuchten des Gasjets. Direkt darüber sitzt der sogenannte Catcher, der den Gasstrom sogleich wieder abpumpt.

Durch die unterschiedlichen Weglängen beider Arme lässt sich der zeitliche Abstand beider Laserpulse auf die Probe attosekundengenau einstellen.

Mit seiner hohen Energie ist der kurze zweite Puls in der Lage, einzelne Elektronen aus der Probe herauszulösen; diese Elektronen verwendet dann das PEEM. Das Herauslösen einzelner Elektronen ist zwar ein Zufallsprozess, wie Vogelsang anmerkt, aber indem man die Laserleistung anpasst, lässt sich die Wahrscheinlichkeit steigern, genau ein Elektron herauszulösen und nicht etwa zwei, die sich dann in schwer vorhersehbarer Weise gegenseitig beeinflussen würden.

Das PEEM misst nun die Energie des Elektrons, woraus die Forscher wiederum rückschließen können, wie dessen Zustand vor dem Herauslösen gewesen ist. Zudem erkennt das PEEM, wo das Elektron räumlich herkommt. Dabei muss man beachten, dass die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum etwa 300 Nanometer je Femtosekunde beträgt. In nur 100 Attosekunden durchquert das Licht also bereits 30 Nanometer, die Auflösung des Mikroskops.

Allerdings sind Elektronen deutlich langsamer unterwegs. Sie bewegen sich bei Raumtemperatur in einer Femtosekunde nur etwa 0,1 Nanometer. Absorbiert ein Elektron ein Photon, dann erhöht sich seine kinetische Energie zwar deutlich. Trotzdem legt es während der Beleuchtung mit einem Attosekundenpuls noch weniger als einen Nanometer zurück. Diese Überlegungen sind für die Forscher wichtig, um zu entscheiden, ob ein gemessenes Verhalten überhaupt auf einen Laserpuls zurückzuführen ist oder andere Ursachen hat.

„Wir versuchen meist, die Elektronen als klassische Teilchen zu betrachten und so unsere Ergebnisse zu interpretieren; weil das der intuitivere Zugang ist“, sagt Vogelsang. Das gelinge aber nicht immer. Einige Messungen etwa zur Zeitspanne des Fotoeffekts ließen sich nur quantenmechanisch im Wellenbild erklären. Andere aber eben auch klassisch, beispielsweise wenn es um die Zeitspanne geht, die ein Elektron benötigt, um aus einem Festkörper an dessen Oberfläche zu gelangen.

Milliarden Messreihen

Mit ihrem Versuchsaufbau können die Oldenburger Forscher beispielsweise das Verhalten eines Halbleiters bei Anregung durch Sonnenlicht simulieren und beobachten. Die Auswirkungen unterschiedli-



Bild: Universität Oldenburg/Marcus Windus

Im neugeschaffenen Labor für Attosekundenphysik in Oldenburg dominiert das Lasersystem (rechts hinten) und die Vakuumkammer (vorn), in der die Attosekundenpulse entstehen.

cher Nanostrukturen wie Drähte, Kanäle, Ränder oder Grenzflächen zu anderen Materialien lassen sich dabei untersuchen. Eine Idee hinter dieser Grundlagenforschung ist es, den Prozess der Photovoltaik in all seinen zeitlichen Phasen zu verstehen und Verbesserungspotenziale zu erkennen.

Aber das werde nicht von heute auf morgen gehen, erläutert Vogelsang. Für jedes sogenannte Aufnahmebild rechnet er grob geschätzt mit einer Million Wiederholungen, zu verwerfende PEEM-Aufnahmen etwa mit zwei zugleich ausgelösten Elektronen nicht mitgerechnet. Hinzu kommen Variationen in der Zeitverzögerung zwischen Anrege- und Abfragepuls, um tatsächlich die verschiedenen zeitlichen Phasen eines Prozesses unterscheiden zu können. Zusätzlich sind unterschiedliche kinetische Energien der Elektronen von Interesse. Bei etwa 30 verschiedenen Zeitverzögerungen und 30 verschiedenen Messpunkten im Bereich der kinetischen Elektronenenergien errechnen sich dann $30 \times 30 \times 1.000.000$ Messungen, was nahezu eine Milliarde Laserschüsse bedeutet.

Zum Glück können die Forscher auf einen modernen Laser mit einer Wiederholrate von 200 Kilohertz bauen. So sind zumindest theoretisch 200.000 Schüsse in einer Sekunde möglich und die Wissenschaftler können einen Prozess im Laufe eines Vormittags durchmessen – eine Zeitspanne, in der ein Versuchsaufbau tatsäch-

lich stabil erhalten und vermessen werden kann.

Blick auf 2D-Halbleiter

Kurz vor dem Jahreswechsel hat die Oldenburger Gruppe ihre Messanlage aufgebaut. 2024 soll auch in Niedersachsen das Jahr der Attosekunden-Physik werden, wobei man sich bei den Versuchen mit den Kollegen im schwedischen Lund abspricht.

Die Oldenburger haben sich die Untersuchung von 2D-Halbleitern mit Bandlücke aus der Reihe der Übergangsmetall-Dichalkogeniden (Transition metal dichalcogenides, TMDC) vorgenommen. Diese Materialklasse könnte einmal nicht nur für die Stromerzeugung in Photovoltaikanlagen interessant sein, sondern auch für Fotodetektoren, für Lichtemitter oder sogar für superflache digitale Schaltkreise, im Extremfall mit nur einer Atomschicht. Voraussetzung ist allerdings, dass man in der Grundlagenforschung zunächst die Einzelprozesse rund um die beteiligten Ladungsträger in jeder Prozessphase genau versteht.

(agr@ct.de) ct

Literatur

- [1] Jan Vogelsang, Anne L'Huillier et al., Time-Resolved Photoemission Electron Microscopy on a ZnO Surface Using an Extreme Ultraviolet Attosecond Pulse Pair, *Advanced Physics Research*, Dezember 2023, <https://doi.org/10.1002/aprx.202300122>

Informationen und Videos zur Attosekundentechnik: ct.de/y7j6

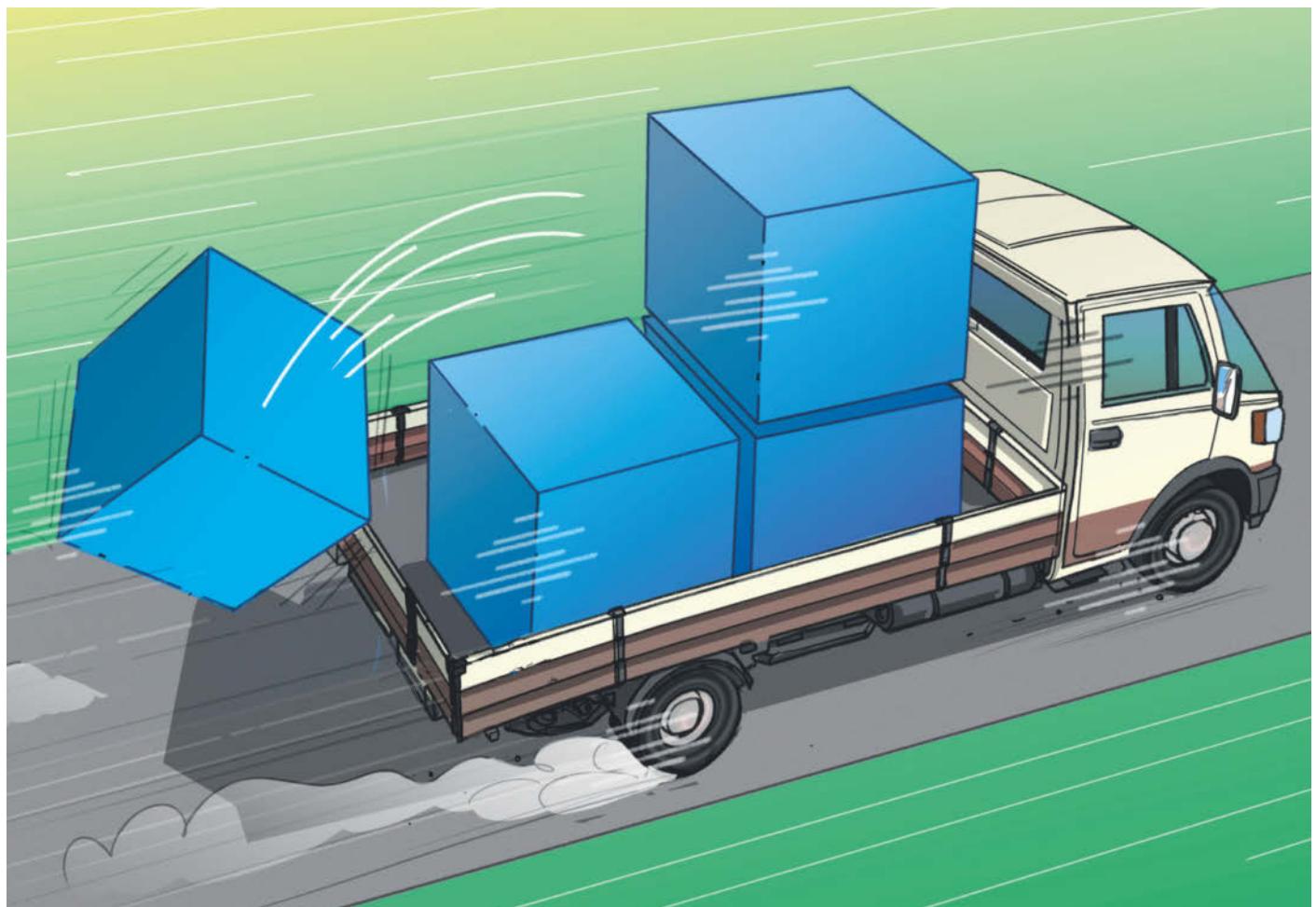


Bild: Thorsten Hübner

Was auf der Strecke bleibt

Ausgemusterte Funktionen in Windows

Bei der Berichterstattung über neue Windows-Funktionen bleibt eines oft eher eine Randnotiz: Im Laufe der Zeit kündigt Microsoft auch etliches ab – vieles davon ist eh nutzlos, manches aber ist ein Verlust. Ein Überblick.

Von Jan Schüßler

Allein über das vergangene Jahr verteilt hat Microsoft 18 Funktionen von Windows 10 und 11 der „Deprecated“-Liste hinzugefügt und damit als veraltet markiert (online verfügbar via ct.de/yyrd). Solche Funktionen sind damit zwar bis auf Weiteres noch in Windows enthalten, werden aber ausdrücklich nicht mehr weiterentwickelt – sie verweilen für einige Monate bis Jahre sozusagen auf einem Abstellgleis, bevor es zum Verschrotten geht. Die Kernaussage, die Microsoft damit an Admins macht: Macht euch am besten *jetzt* mit der Nachfolgefunktion vertraut und stellt eure Abläufe falls nötig um, damit es euch nicht kalt erwischt, wenn das Feature eines Tages wirklich futsch ist.

Der überwiegende Teil solcher Funktionen ist Zeugs, das nicht nur schon lange veraltet, sondern vor allem sicherheitslöchrig ist und allein schon daher nicht mehr benutzt werden sollte. Oder es ist vielleicht gar nicht so alt, es wollte aber nie jemand so recht haben. In die erste Kategorie fällt zum Beispiel das Netzwerkprotokoll SMB v1 (rund 40 Jahre alt), in die zweite die Sprachassistentin Cortana (erst neun Jahre alt, aber ein Rohrkrepierer).

Die jüngsten Rauswürfe

Bei einigen Funktionen, denen Microsoft 2023 die Zuwendung entzogen hat, verwundert es kaum. Es betrifft zum Beispiel die Möglichkeit, auf Geräten mit ARM-

CPU-Architektur Software auszuführen, die als UWP-App (Universal Windows Platform) für 32-bittige ARM-CPUs kompiliert wurde. Wegfallen werden in absehbarer Zeit auch das Microsoft Support Diagnostic Tool (msdt.exe) sowie der Problem Steps Recorder (psr.exe) – beides ur-alte Bordmittel, die Firmenadmins beim Erfassen und Lösen von Problemen helfen konnten.

Eine Funktion, die Microsoft erst mit Windows 10 eingeführt hatte, war die „Timeline“, mit der sich das System merken und auch via Microsoft-Konto auf andere Geräte synchronisieren konnte, wann man mit welchen Apps welche Dokumente bearbeitet hat. Die Funktion hat nicht nur Anwender, sondern auch Entwickler kaltgelassen, denn auch die Apps mussten mit der Timeline kommunizieren, um später im Nutzungsverlauf aufzutreten – und das kam, abgesehen von Microsofts eigenen Programmen, kaum vor. Für normale Microsoft-Konten ist die Funktion schon länger abgeschrieben und in Windows 11 steckt sie auch gar nicht mehr drin – im Oktober letzten Jahres hat Microsoft sie auch für Entra-ID-Konten (vormals Azure AD) abgekündigt.

Auch manche Apps sind betroffen. Zum Beispiel muss die Cortana-App für Windows dran glauben – schon vor Jahren hat Microsoft erkannt, dass die Assistenzfunktion nicht ansatzweise die Beliebtheit erzielt hat, die man sich erhofft hatte. Das Gleiche gilt für die Tipps-App, in der Anwender sich Infos über Windows-Neuerungen anschauen konnten. Auch Windows Mixed Reality soll verschwinden – die Umgebung für Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR), die sich in erster Linie an Endkunden richtet. Dabei soll bis November 2027 nicht nur die App, sondern auch der Mixed-Reality-Support für Steam VR verschwinden. Die vor allem an Geschäftskunden gerichtete AR-Brille Microsoft HoloLens bleibt hingegen ein aktuelles und unterstütztes Produkt.

Während einige Windows-Standardprogramme im Laufe der Zeit aktualisiert und erweitert wurden (prominente Beispiele: das Malprogramm Paint und der Windows-Editor Notepad), hat nun eine andere bekannte Anwendung ihr Ende erreicht: Microsoft WordPad. Das etwas unscheinbare Texteditor-Programm ist seit zig Jahren so etwas wie der ganz kleine Bruder von Microsoft Word – mit ein paar grundlegenden Funktionen zur Textformatierung. Die seltenen Fälle, in

denen man es eventuell noch brauchen kann, betreffen wohl vor allem Dateien im Rich Text Format (RTF), die der reguläre Editor nicht darstellen kann und für die man künftig ein Office-Paket à la Microsoft Office oder LibreOffice hernehmen muss.

Auch die klassische „Windows-Spracherkennung“ bekommt von Microsoft keine Zuwendung mehr. Diese ältere Möglichkeit, Windows mit Sprachbefehlen zu steuern, weicht derzeit Stück für Stück dem deutlich moderneren „Sprachzugriff“ (Voice Access), dessen deutsche Ausgabe allerdings noch nicht ganz fertig ist.

Vormaliges Essenzielles

Manche Komponenten, die aus Windows herausfliegen, sind (oder besser: waren) essenzielle Systembestandteile, die in der jüngeren Vergangenheit aber immer weiter an Bedeutung verloren haben. Dazu gehört zum Beispiel der Legacy-Konsolenhost (conhost.exe), der für die Darstellung von Eingabeaufforderungsfenstern zuständig war, bevor er durch das aktuelle Windows Terminal abgelöst wurde. Ebenso liegt der „Computer Browser“-Dienst nun offiziell auf dem Schrottplatz – ein veralteter Dienst zur Auflistung von Netzwerkgeräten innerhalb eines lokalen Netzwerkes (LAN). Das gleiche Schicksal erfährt der Client für das Netzwerkprotokoll WebDAV. Wer weiterhin WebDAV verwenden will, kann bis auf Weiteres den Windows-eigenen WebDAV-Client von Hand aktivieren – oder gleich einen quelloffenen Client wie WinSCP nehmen. Daneben ist nun auch die Skriptsprache Visual Basic Script (kurz: VBScript) offiziell veraltet. Auch sie kann bis auf Weiteres als optionales

c't kompakt

- Im Jahr 2023 hat Microsoft so viele Windows-Funktionen für veraltet erklärt wie lange nicht.
- Abgekündigtes wird nicht sofort entfernt, sondern verbleibt meist noch Jahre im System.
- Vieles, das wegfällt, dürfte kaum jemand vermissen – doch manchmal trifft es beliebte Features.

Feature installiert werden, bevor sie, voraussichtlich in wenigen Jahren, komplett aus Windows verschwindet.

Weitere Netzwerkprotokolle, die Microsoft langsam, aber sicher abwürgt, sind zum Beispiel das katastrophal veraltete Kurznachrichtensystem Remote Mailslots (mancher Leser mag sich eventuell an „Messenger Service“-Fensterchen erinnern), die uralten und inzwischen löschen Versionen 1.0 und 1.1 des Verschlüsselungsprotokolls TLS sowie das IoT-Framework AllJoyn.

Etwas seltsam klingt auf den ersten Blick, dass nun auch das Sicherheitsfeature Windows Defender Application Guard für Office und für Edge for Business auf dem Abstellgleis steht, inklusive des Isolated App Launcher API. Handelte es sich dabei nicht eigentlich um Security-Features, die jedes Unternehmen verwenden sollte? Ja – allerdings werden die Funktionen nicht komplett abgeschafft, sondern umstrukturiert. Admins sollten sich zumindest zeitnah damit auseinandersetzen, auf Attack Surface Reduction Rules und Windows Defender Application Con-



Die Wordpad-Dämmerung hat begonnen – die Mini-Textverarbeitung bekommt keinen Support mehr.

trol umzusteigen (siehe auch Microsofts ausführliche Doku via [ct.de/yyrd](#)).

Schon länger weg

Von 2020 bis 2022 sind hingegen vergleichsweise wenige Funktionen weggefallen. Das kommt nicht von ungefähr, denn Microsoft hat Windows zu Anfang der 2020er-Jahre kaum weiterentwickelt: Nicht nur trat Windows 10 funktionstechisch weitgehend auf der Stelle, auch Windows 11 war in seiner ersten Fassung in erster Linie ein optisches Update zu Windows 10. Allzu viel Nennenswertes findet sich daher nicht in der Liste.

Ähnlich wie die oben genannten Funktionen des Window Defender Application Guard hat Microsoft Windows Information Protection (WIP) Mitte 2022 als veraltet markiert. Das Feature, mit dem Admins seit Windows 10 Version 1607

einen Schutz gegen versehentliche Leaks sensibler Daten durch Mitarbeiter konfigurieren konnten, stirbt aber nicht ersatzlos, sondern wird von Microsoft Purview Information Protection abgelöst. Seit Frühling 2021 kümmert sich Microsoft zudem nicht mehr um die Funktion, Desktop-Personalisierungseinstellungen wie Hintergrundbild, Akzentfarbe und Ähnliches zu synchronisieren.

Kaum verwunderlich ist es außerdem, dass Microsoft nicht mehr garantieren wird, dass Wechseldatenträger, die mit der Laufwerksverschlüsselung BitLocker To Go verschlüsselt sind, künftig noch auf Windows XP und Vista mit der dafür entwickelten Reader-Applesbar sein werden. Ausgemustert ist auch die Legacy-Version des Webbrowsers Edge (also die bis 2019 gebräuchliche Version, die noch nicht auf Chromium fußte, sondern auf Microsofts selbst entwickelter EdgeHTML-Engine). Das Ende droht auch den „dynamischen“ Datenträgern – seit Windows 8 gibt es mit Storage Spaces eine viel flexiblere Alternative.

Huch!

Manchmal hat Microsoft auch Funktionen rausgeworfen und Anwender damit kalt erwischt. Ein schönes Beispiel dafür sind die sogenannten Heimnetzgruppen, eine mit Windows 7 eingeführte Funktion mit einem eigentlich tollen Ansatz: Windows-7-Rechner ließen sich untereinander innerhalb eines Heimnetzes durch einmalige Eingabe einer zehnstelligen Passphrase miteinander vernetzen, um mit minimalem Aufwand Dateien auszutauschen, Drucker gemeinsam zu nutzen und Ähnliches. In einfachen Szenarien funktionierte das auch recht ordentlich, allerdings führte es beim Zusammenspiel mit anderen Netzwerkfreigaben gerne mal zu einem Berechtigungschaos, das sich auch nach dem Verlassen einer Heimnetzgruppe mitunter nur schwer bändigen ließ. Weil Geräte immer mobiler und Cloudspeicher immer beliebter wurden, gab Microsoft die Weiterentwicklung letztlich auf und entfernte die Heimnetzgruppen aktiv mit dem Update auf Windows 10 Version 1803 – sehr zum Leidwesen jener, die sie immer noch verwendeten, weil sie bei ihnen tadellos funktionierten.

Eine Funktion, die Microsoft Anfang 2018 (auch mit Windows 10 Version 1803) abgeschrieben, aber bis dato noch nicht entfernt hat, kann man durchaus als Verlust betrachten: die Software Restriction Policies (SRP). Mit ihnen lassen sich

Whitelisting-Regeln konfigurieren. Benutzt man dafür ein Tool wie unseren Restrict'or [1], funktioniert das sogar mit der Home-Edition von Windows, weil das Feature sich nicht nur über Gruppenrichtlinien, sondern auch über Registry-Einträge steuern lässt. Leider ist die Funktion nicht mehr uneingeschränkt nutzbar, denn die SRP beharken sich mitunter mit dem relativ neuen, reputationsbasierten Smart App Control (SAC). Der SRP-Nachfolger Microsoft AppLocker ist eine Ecke komplizierter zu konfigurieren [2].

Beliebt, aber nie so richtig gut war die Funktion „Systemabbild erstellen“ (Englisch: System Image Backup Solution), die manchen Anwendern besser unter dem Namen „Sichern und Wiederherstellen“ bekannt sein dürfte. Dieses Bordmittel sollte unkomplizierte System-Backups ermöglichen. In der Praxis scheiterten Wiederherstellungen bemerkenswert oft, wenn etwa zwischenzeitlich das Partitionslayout verändert wurde, oder aus anderen nicht nachvollziehbaren Gründen (verständliche Fehlermeldungen gab es nicht). Bizarreweise ist das Programm auch in einem aktuellen Windows 11 Version 23H2 nach wie vor enthalten.

Weil solch ein Verhalten gerade für ein Backup-Programm aber völlig inakzeptabel ist, raten wir seit Langem dringend davon ab, das Tool überhaupt anzufassen – und auch Microsoft selbst bittet darum, entweder seine eigenen Dateien in den OneDrive-Cloudspeicher zu sichern oder sich nach einer Backup-Software eines anderen Herstellers umzuschauen. Dem fügen wir gerne einen Hinweis auf unser Backup-Skript c't-WIMage hinzu (siehe [ct.de/wimage](#)).

Fazit

Die meisten Funktionen verschwinden zum Glück nicht schlagartig, sondern mit Vorankündigung – im Regelfall sogar mit jahrelanger Vorlaufzeit. In keinem Fall kann es daher schaden, zumindest gelegentlich einen Blick auf die Microsoft Abkündigungsliste zu werfen, um nicht irgendwann kalt erwischt zu werden.

(jss@ct.de) 

Literatur

[1] Axel Vahldiek, Pflegeleichter Wachhund, Windows absichern mit Restrict'or, c't 20/2023, S. 64

[2] Hajo Schulz, An der kurzen Leine, AppLocker: Profi-Schutz für Windows, c't 20/2023, S. 70

Abkündigungen und Doku der Security-Funktionen: [ct.de/yyrd](#)

Kennen Sie den Problem Steps Recorder (psr.exe)? Der steckt seit Jahrzehnten in Windows – aber nicht mehr lange.

TAUCHE EIN IN DIGITALE WELTEN – MIT DEM c't DIGITALABO

Jetzt 6 × c't lesen

für 23,40 €
statt 30,90 €



35%
Rabatt!



c't MINIABO DIGITAL AUF EINEN BLICK:

- 6 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/digitalangebot](https://www.ct.de/digitalangebot)





Bild: KI Midjourney | Collage c't

Wegweiserschwarm

Admin-Know-how: Das Domain Name System

Kaum ein anderes Element ist so essenziell für das Internet wie das Domain Name System. Ruckelts mal im DNS, reagieren Webseiten und überhaupt alle Internetanwendungen gleich langsamer oder gar nicht. Doch um Fehlerursachen zu ermitteln und zu beseitigen, brauchen Firmen- und Heim-Admins ein weitreichendes Verständnis der Zusammenhänge.

Von Johannes Weber

Was ist ein Domain-Name-System-Server und wofür braucht man ihn? Wahrscheinlich haben alle ITler sofort eine Antwort auf diese vermeintlich einfache Frage: Ein Gerät schickt eine DNS-Anfrage, also einen Domänennamen mit der Bitte um Auflösung an den DNS-Server und bekommt darauf eine Antwort in Form einer IP-Adresse.

Das ist nicht falsch, doch genau besehen ist das DNS ein Schwarm von unterschiedlichen DNS-Servers mit klar definierten Rollen. Ebenso gibt es viele Arten von DNS-Anfragen und -Antworten. Wir haben die wesentlichen Elemente, Funktionen und Datenflüsse in einer großen Infografik auf Seite 134 zusammengefasst, sodass Bezüge und auch

Widersprüche ersichtlich werden. Daran orientiert, erläutern wir die wichtigsten DNS-Anfragen und -Antworten.

Zunächst zu den Hauptmerkmalen: Das DNS ist eine weltweit verteilte Datenbank auf Grundlage des Internetprotokolls (IP). Hierarchisch gesehen sind die ver-



schiedenen Server dezentral in einer Baumstruktur gegliedert. Die Hauptaufgabe besteht darin, Beziehungen von Domänennamen (kurz Domains) zu IP-Adressen vorzuhalten und die IP-Adressen auf Anfrage von Inter- und Intranethosts (Clients) herauszugeben.

Denn Hosts wie PCs, Smartphones, Smart-TVs oder Router kommunizieren mit Servern und Clouddiensten zwar aus-

schließlich anhand von IP-Adressen, doch sie wären damit überlastet, sich die IP-Adressen sämtlicher Server der Welt zu merken und brauchen auch nur einen Bruchteil davon.

Weil sich Serveradressen immer mal ändern können, hat man mit dem DNS eine Abstraktionsebene zur Ermittlung der Adressen aufgesetzt: Hosts und Internetnutzer verwenden Domainnamen als Platzhalter für Server, die sie ansprechen wollen und holen sich vom DNS nur die aktuell erforderlichen IP-Adressen. Nur die Betreiber von DNS-Servern können Adresszuordnungen ändern, löschen oder ergänzen, und zwar nur auf dem Server, der für ihre Domain zuständig ist (autoritativ).

Domains bestehen aus verketteten Labeln, die durch Punkte getrennt und eigentlich auch mit einem Punkt abgeschlossen werden, zum Beispiel „www.ct.de.“. Der abschließende Punkt trennt das Label der ersten Hierarchieebene von der Wurzel (englisch root, leeres Label) und Domains gelten streng genommen nur dann als vollständig, wenn sie mit einem Punkt abschließen (Fully Qualified Domain Name, FQDN).

Bei Eingaben lässt man den abschließenden Punkt meist weg und Anwendungen, Server und Betriebssysteme gehen damit verschieden um: Viele ergänzen den abschließenden Punkt stillschweigend für ihre eigene Arbeit. Aber wer Server konfiguriert, muss peinlich genau auf die abschließenden Punkte achten, sonst kann das misslingen.

Manche Anwendungen helfen, indem sie den abschließenden Punkt erzwingen, darunter der DNS-Server BIND9 und der DHCP-Server Kea. Doch es gibt auch Anwendungen, die keinen abschließenden Punkt akzeptieren. Als Faustregel gilt daher: Bei DNS-Software wie Servern und DNS-nahen Anwendungen wie DHCP-Servern muss man den Punkt angeben, in den meisten anderen Fällen kann man ihn weglassen.

Nach dem äußersten rechten Punkt folgen entgegengesetzt der Leserichtung und in der Hierarchie absteigend: die Top-Level-Domain (TLD wie de, com, net), die Second-Level-Domain (z. B. ct, nrw,...) und schließlich der Hostname (mail, www, chat oder eine andere Zeichenkette).

Eine Domain kann man unterhalb der TLD mittels beliebig vielen Labels weiter unterteilen (zum Beispiel erste.ampel.ausfahrt.stadumgehung.hannover.de), jedoch darf der Name inklusive aller Punkte höchstens 255 Bytes lang sein.

ct kompakt

- Das Domain Name System erspart es Intra- und Internet-Hosts, eine vollständige IP-Adressdatenbank aller Server der Welt zu führen, ist deshalb aber für fast jegliche Internetkommunikation unverzichtbar.
- Für die Fehlersuche im DNS-Umfeld sind Grundkenntnisse über die Aufgaben und die Kommunikationsmethoden der dezentral organisierten Server erforderlich.
- Mit der wünschenswerten Verbreitung von DNS-Verschlüsselungen kommen neue Problemstellungen auf.

Zu Beginn der Internetära in den 70er Jahren haben Admins noch simple Textdateien als generische Datenbank für Netzwerkinformationen verwendet und darin neben Netzwerkadressen beispielsweise auch Betriebssystemnamen und Dienste ferner Hosts erfasst. Solche Dateien müssen aber auf jedem Host per Hand gepflegt werden.

Anfang der 1980er hat die Internet Engineering Task Force das DNS dann ebenfalls als generische Datenbank konzipiert (RFC 882 und 883, inzwischen abgelöst durch RFC 1034 und 1035). Diese muss man nur noch auf allen Hosts einbinden (also den DNS-Resolver per DHCP-Anfrage erfragen und konfigurieren), was die Datenpflege sehr vereinfacht. Dabei sind Domains und IP-Adressen nur zwei von vielen Datentypen. Dennoch wurde das DNS zu Beginn meist nur für Adresseninformationen und Mailrouting verwendet.

Möchte ein Client die IP-Adressen zu einem Hostnamen herausfinden, sendet er eine rekursive Anfrage an den konfigurierten DNS-Server (Resolver). Dabei setzt er im DNS-Paket das RD-Bit (Recursion desired). Rekursiv bedeutet: Der Client wünscht nur die finale Antwort (positiv oder negativ) und keine Zwischenantworten von Servern in der Abfragekette sowie auch keine unvollständigen Antworten.

Auf Windows holt der Powershell-Befehl `Resolve-DnsName -Name www.ct.de` die IPv6- und IPv4-Adressen des ct-Webservers vom Resolver (vom fehlerhaften

`nslookup` raten wir ab), auf Linux der Befehl `host www.ct.de`.

Im DNS sind die Informationen als Ressource Records gespeichert (RR). IPv6-Einträge heißen AAAA-Records (auch Quad-A gesprochen), IPv4-Einträge heißen A-Records.

Umgekehrt kann man das DNS auch nach den Domainnamen zu einer IP-Adresse befragen. Diese Art DNS-Eintrag nennt man Pointer Ressource Record (PTR RR). Anfragen nach PTRs senden beispielsweise Firewall-Log-Programme, aber auch Netzwerkanalyse-Tools wie Wireshark. Dabei liegen zunächst nur IP-Adressen vor und für weitergehende Untersuchungen sowie zur Verbesserung der Übersicht holt man sich die Domains.

Doch hier wartet ein Stolperstein: Manche Admins fragen die PTRs ab, um alle Domains zu ermitteln, auf die aus ihrem Netzwerk heraus zugegriffen wird, etwa bei Sicherheitsprüfungen. Doch da man mehrere Domains unter derselben IP-Adresse registrieren kann, aber nicht alle Hoster alle Adress-Domain-Bezüge eintragen, können PTR-Abfragen ein unvollständiges Bild liefern.

Auch entnimmt manche Log-Software den DNS-Antworten nicht alle Namen, sondern nur den generischen des Webservers; die vielen Kundendomains von Webhostern fehlen dann trotzdem (siehe Infografik „Anfragen nach IP-Adressen und Pointern“). Für ein vollständiges Bild der angefragten Webseiten braucht man daher Werkzeuge, die in die Pakete hineinschauen (Deep Packet Inspection).

Neben AAAA, A und PTR sind viele weitere Ressource Records definiert (siehe [ct.de/ymdv](#)). Darunter ist der HTTPS-Record derzeit der dritthäufigst angefragte (nach A/AAAA). Moderne Browser wie Firefox, Chrome, Edge sowie Vivaldi und fast alle HTTP/REST-basierten Clients auf macOS, iOS, iPadOS und watchOS verwenden diesen Record, um Webseiten und Diensteserver zu finden. Außerdem gebräuchlich sind MX-Records für Mailserver-Domains, TXT-Records für reinen Text (etwa zur Spam-Bekämpfung per Sender Policy Framework) und Canonical Name Records (CNAME), die auf andere Domains verweisen (Alias-Einträge).

Autoritative und rekursive DNS-Server

Eine Schlüsselrolle bei der Analyse von DNS-Verbindungen spielt die Einordnung

von DNS-Servern und DNS-Nachrichten. Aus Clientsicht scheint es so, als gäbe es nur den einen DNS-Server, der Domänenamen zu IP-Adressen auflöst.

Doch genau besehen handelt es sich dabei um einen rekursiven DNS-Server, kurz Resolver (Farbe Lila in der Infografik auf dieser Seite). Er entlastet die Clients ganzer Netzwerke, indem er für sie die Namen zu IP-Adressen auflöst und für späteren Gebrauch im Cache sammelt. So muss ein Client nur eine Anfrage an den Resolver schicken (rekursiver DNS-Query, graue Pfeile) und bekommt von ihm darauf auch nur eine Antwort, egal, wie tief der Resolver im DNS graben musste.

Die Antwort holt der Resolver von jenem DNS-Server, der für die jeweilige Domain zuständig ist (autoritativ). Dort trägt der DNS-Admin die IP-Adresse in der DNS-Zone ein, die in einer Textdatei oder einer Datenbank steckt. Um Ausfällen vorzubeugen, sollten auf jede Domain mindestens zwei Nameserver verweisen

(NS), die sich in verschiedenen Layer-3-Subnetzen befinden. Die Zone wird nur auf dem autoritativen Server, dem Primary, gepflegt. Diese enthält den Start of Authority (SOA) Record, der Auskunft über die Zone gibt.

Wird eine Zone geändert, erhalten die Secondaries die aktualisierte Fassung per Zone Transfer über das Transmission Control Protocol (grüne Pfeile). Dieser Zonentransfer besteht aus DNS-Paketen des Typs AXFR oder IXFR (AXFR: transfer of an entire zone, IXFR: incremental transfer).

DNS-Auflösung im Detail

So wie die Hosts keine vollständige Datenbank aller Server der Welt brauchen, so kommen auch Resolver ohne eine Liste aller Server aus, die für die Domains der Welt zuständig sind. Das geht, weil alle Domains des DNS eindeutig sind und weil man die jeweils zuständigen Server zweifelsfrei ermitteln kann, indem man die DNS-Hierarchie von oben nach unten be-

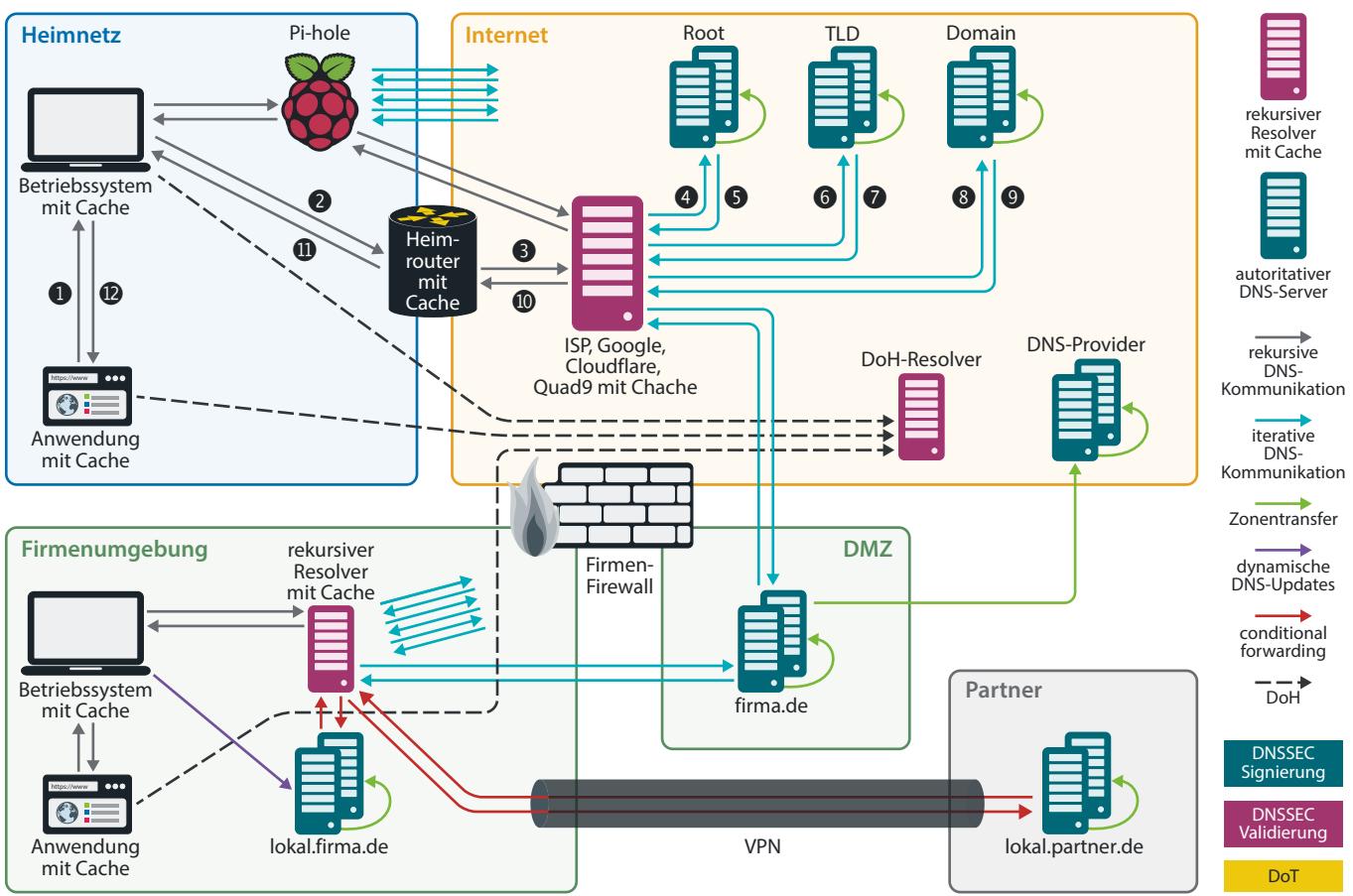
ziehungsweise entgegen der Leserichtung abklappert.

Dabei startet der Resolver bei den Root-Servers, deren IP-Adressen er ab Werk an Bord hat und holt mittels iterativen DNS-Queries (türkise Pfeile) jeweils den Namen und die IP-Adresse der für die nächste Hierarchieebene zuständigen DNS-Server. Er bekommt den angefragten Record erst im letzten Schritt. Alle vorherigen enthalten nur Verweise auf NS-Records von übergeordneten autoritativen DNS-Servern.

Tippt der Benutzer in seinen Browser eine URL wie www.ct.de ein, startet die Namensauflösung. Der Browser fragt das Betriebssystem (1), das die Frage an den konfigurierten DNS-Resolver, beispielsweise einen Fritzbox-Router, schickt (2). Dieser enthält jedoch keinen vollständigen Resolver, sondern nur einen DNS-Proxy (DNS-Forwarder). Er reicht die Anfrage an den tatsächlichen Resolver weiter (3). Der Resolver klopft dann beim Root-Server an (4), um den Rest des DNS-Baums abzuklappen.

DNS-Pakete aller Couleur

Vom einfachen rekursiven DNS (grau, Anfragen von Clients an Resolver), über iterative Anfragen (türkis, Auflösung entlang des DNS-Baums) bis hin zu Zone Transfers (grün) und verschlüsseltem DNS (gestrichelt) – das Bild des Domain Name System ist komplex.



Der Root-Server antwortet mit dem Verweis auf die Nameserver von de (5). Einer davon liefert den Verweis auf die Nameserver von ct.de (6 & 7). Schließlich beantwortet der authoritative Server von heise.de den FQDN www.ct.de (8 & 9; die c't-Redaktion gehört zum Verlag Heise Medien). Mit den Nachrichten 10, 11 und 12 landen die IP-Adressen im Browser, der nun die HTTP(S)-Verbindung zum Webserver aufbaut.

Im Übrigen laufen DNS-Anfragen sowohl per IPv6 als auch IPv4 und über beide Protokolle lassen sich sämtliche definierte DNS-Records abfragen. So kann man etwa einen Resolver per IPv6 nach der IPv4-Adresse (A-Record) einer Domain befragen. Doch Windows hält eine kleine Falle bereit: Das Betriebssystem sendet DNS-Anfragen in Dual-Stack-Umgebungen nur dann per IPv6, wenn man den Resolver per DHCPv6 bekannt gibt. Wenn man ihn hingegen per Router Advertisement (RDNSS Option) konfiguriert, sendet Windows seine DNS-Anfragen trotzdem über IPv4.

UDP, TCP und EDNSO

Es gibt aber viele weitere Fehler und die Ursachenforschung kann vertrackt sein. Die DNS-Auflösung läuft nämlich nur dann reibungslos ab, wenn alle an der Übertragung beteiligten Netzwerkelemente (Server, Firewalls, Loadbalancer, etc.) nicht nur das User Datagram Protocol auf Port 53 für DNS durchlassen, sondern auch TCP auf Port 53 (RFC-Spezifikation 7766) und erweiterte DNS-Pakete gemäß der Spezifikation EDNS0 (RFC 6891). Das klappt nicht immer, denn manche Hersteller implementieren die DNS-Protokolle fehlerhaft oder lassen Dinge weg. Die Internet Engineering Task Force hat im RFC-Dokument 8906 eine Vielzahl von Hindernissen zusammengetragen.

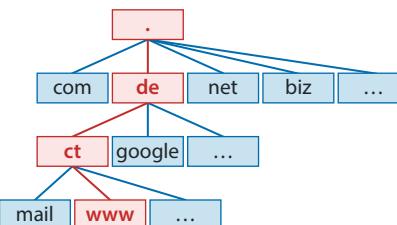
Beispielsweise fassen manche Hersteller die DNS-Kommunikation über TCP als Option auf und lassen sie weg. Deshalb kommt es vor, dass die Namensauflösung stillschweigend scheitert. Eine Ursache ist, dass DNS-Antworten nur dann ohne Weiteres ans Ziel kommen, wenn sie kleiner sind als 512 Bytes. Der Grund dafür ist, dass manche Firewall-Admins größere UDP-Pakete verwerfen lassen, weil sie die dafür erforderliche Fragmentierung fälschlich als Attacke auffassen.

Solche Fehlkonfigurationen fallen immer öfter auf, weil DNS-Antworten zunehmend über DNSSEC abgesichert wer-

DNS-Baum

In der DNS-Hierarchie steht der Punkt (Wurzelement) zuoberst. Dann folgen die Top-Level-Domains (z. B. de), die Domain (z. B. ct) und schließlich das erste von mehreren möglichen Labeln (z. B. www).

www.ct.de.



den, und durch die DNSSEC-Signaturen werden DNS-Pakete oft größer als 512 Bytes. Ein DNS-Server muss solche Pakete entweder per UDP gemäß EDNS0 senden (dann sind maximal 4096 Byte erlaubt) oder TCP verwenden. Für TCP ist zwar keine Obergrenze definiert, aber wegen des 3-Way-Handshakes ist es langsamer als UDP.

Beides kann wegen fehlkonfigurierter Firewalls, fehlerhafter Loadbalancer oder veralteter DNS-Server an beliebigen Stellen im Internet scheitern, sodass der Resolver keine DNS-Antwort bekommt und der Client die Webseite nicht ansteuern kann. Wohl dem, der in seiner Firewall für eingehendes DNS sowohl UDP als auch TCP freigegeben hat oder besser gleich eine Next-Generation Firewall hat, die die DNS-Applikation unabhängig vom Transportprotokoll erkennt und passieren lässt.

Tipp fürs Heimnetz: Setzen Sie wie in der Grafik auf Seite 134 eingezeichnet, einen Pi-hole in Ihrem LAN ein. Mittels kostenfreier Listen blockiert er DNS-Anfragen für gängige Werbenetzwerke, Tracker und Malware-Sites.

Pro-Tipp: Richten Sie ihn gleich mit einem DNS-Resolver inklusive DNS-Anonymisierung und DNSSEC-Validierung ein, beispielsweise mit DNSCrypt-Proxy (türkise Pfeile vom Raspberry Pi ausgehend). Andernfalls servieren Sie Ihre Surfziele den Betreibern öffentlicher DNS-Resolver auf dem Silbertablett (graue Pfeile vom Raspi zum Public Resolver).

Caching: Es geht ums Timing

Eine sinnvolle, aber nicht unproblematische Technik ist das DNS-Caching: Um die teils langwierigen DNS-Anfragen ab-

zukürzen, speichern viele Clients und auch Server die erhaltenen DNS-Antworten in Caches. Die Dauer hängt vom TTL-Wert ab (Time-To-Live, nicht zu verwechseln mit dem TTL des IPv4-Paketheaders).

Den TTL-Wert für Domains trägt der DNS-Admin im autoritativen Server ein (Minuten, Stunden, Tage, ...). Je kürzer der TTL-Wert, desto schneller verschwindet der Eintrag aus dem Cache, was bei Tests hilfreich ist. Je länger der TTL, desto seltener wird der autoritative DNS-Server von Resolvern belätscht.

DNS-Caches sind in Resolvern, DNS-Proxies, Betriebssystemen und Anwendungen wie Browsern implementiert. Für jeden Cacheeintrag zählen sie den TTL-Wert sekundenweise herunter und tilgen ihn, wenn er 0 erreicht hat. Falls ein Client nach dem Löschen dieselbe Domain wieder ansteuern will, läuft die komplette DNS-Auflösung von vorn ab.

Dass das Cachen besonders die Resolver entlastet, wird schnell klar, wenn man die Menge der für die Auflösung erforderlichen DNS-Pakete kennt: Um bloß die Domain www.netflix.net aufzulösen, muss ein Resolver satte 110 DNS-Pakete senden und empfangen (ct.de/ymdv).

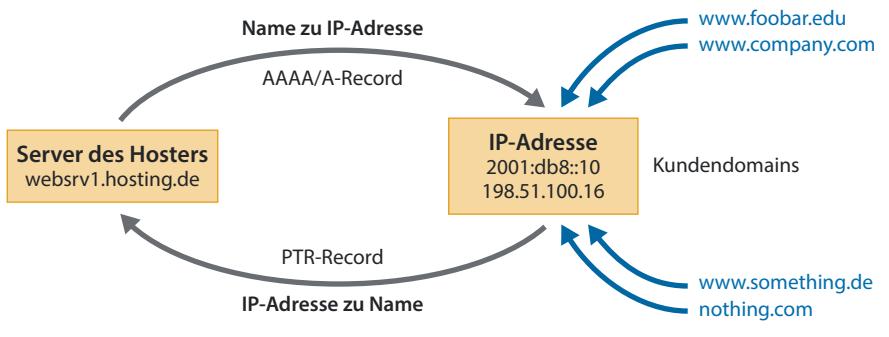
Die Ursache ist, dass Netflix und viele andere Anbieter ihre Server weltweit in Rechenzentren aufstellen, und die Verkehrslast bedarfsgerecht verteilen (Content Delivery Networks, Load-Balancing). Das erfordert unter anderem eine Vielzahl von Weiterleitungen per CNAME, die alle einzeln aufgelöst werden. Doch wenn die Information im Cache liegt, liefert sie ein Resolver innerhalb von Millisekunden und spart dabei CPU-Zyklen und Übertragungsvolumen, weil der Rattenschwanz an DNS-Paketen wegfällt.

Herausfordernd wird ein DNS-Cache, wenn sich die Zone ändert, sodass Cache-einträge überholt sind. Beispiel: Die Webseite Ihrer Firma muss wegen eines Webserverproblems kurzfristig umziehen. Dafür ändern Sie im autoritativen Server die AAAA- und A-Records, sodass sie zum Ersatzwebserver zeigen.

Doch ungünstigerweise beträgt die TTL der Records des defekten Webservers sieben Tage. Die Folge: Alle Resolver, die innerhalb der letzten sieben Tage die Domain Ihrer Firma aufgelöst haben, füttern die Clients aus dem Cache mit veralteten IP-Adressen, bis die TTL abläuft. Folglich können die Browser die Webseite Ihrer Firma trotz aktueller DNS-Einträge nicht öffnen.

Anfragen nach Adressen und Pointern

Während Anwendungen in der Regel nur die IP-Adressen von Domains erfragen (oben), holen sich Logging-Programme anhand von IP-Adressen die zugehörigen Domains aus dem DNS. Aber Achtung: Es hängt vom Hoster und von der Logging-Software ab, ob alle Anfragen nach Namen korrekt beantwortet und in Logs auch aufgeführt werden.



Viel kann man in dieser Situation nicht tun: In Ihrer eigenen Umgebung können Sie die DNS-Caches leeren (flush). Aber auf alle anderen Resolver dieser Welt haben Sie keinen Einfluss. Um solchen Fällen vorzubeugen, empfiehlt es sich, die TTL vorausschauend zu kürzen, beispielsweise auf zehn Minuten.

Auch das negative Caching kann Kopfschmerzen verursachen: Mit negative Caching ist gemeint, dass Resolver auch die Resource Records für nicht vergebene Domains cachen (NXDomain-Antwort für beispielsweise katzenfrust.de oder riesenzwerg.org). Dafür ist auf dem autoritativen Server je Zone ein Default-TTL hinterlegt. Das RIPE empfiehlt eine Stunde beziehungsweise 3600 Sekunden (ct.de/ymdv).

Zu Problemen kann das führen, wenn Sie Ihr DNS-Team beauftragen, eine neue Domain anzulegen und vorher aber getestet haben, ob sie bereits vergeben ist. Damit landet die NXDomain-Info in jedem Resolver auf dem Weg zum autoritativen Server. Wenn Ihr DNS-Team dann die neue Domain registriert, erhalten Sie trotzdem erst mal NXDomain-Antworten, denn die TTL für den veralteten NXDomain-Eintrag muss ja erst ablaufen. Schon mehr als einmal hat dieses Szenario für unberechtigten Unmut und Support-Tickets gesorgt.

Fremde Resolver

In Firmenumgebungen sollte man öffentliche DNS-Resolver wie die von Google (8.8.8.8) oder Cloudflare (1.1.1.1) strikt meiden. Schließlich spiegelt die Liste der angefragten Hostnamen eins zu eins das Surfverhalten aller Mitarbeiter wider und

gibt damit Aufschluss über Firmenaktivitäten. Auch Privatpersonen sollte das zu denken geben, aber eine Firma gibt so unter Umständen Geschäftsgeheimnisse preis.

Daher sollten Firmen einen eigenen rekursiven Resolver betreiben. Ein weiterer Grund dafür ist, dass DNSSEC-signierte Antworten, die der Resolver geprüft und als vertrauenswürdig klassifiziert hat, möglichst kurz bis zu den Clients reisen sollten, um nachträgliche Manipulation möglichst auszuschließen.

Den autoritativen Server für die eigenen Domains können Firmen zwar ebenfalls selbst betreiben, aber oft weichen sie auf DNS-Provider aus, weil diese vielfach erprobte, hochverfügbare DNS-Server anbieten. Die Zonen solcher Server administriert man per Webportal oder API.

Bei der Variante „Hidden Primary“ betreibt die Firma den primären autoritativen DNS-Server (mit der beschreibbaren Zone) verborgen in ihrer DMZ, aber ohne den DNS-Port zum Internet zu öffnen. So ist er vor Angriffen aus dem Internet geschützt und intern hochverfügbar.

Damit die Domain trotzdem auch aus dem Internet ansprechbar ist, lagert man die Secondaries beim DNS-Provider aus. Wird die Zone geändert, sendet der Hidden Primary die kompletten Daten per Zonentransfer an die Secondaries. In der großen Infografik steckt der autoritative Server in der DMZ und antwortet auf Anfragen für die beispielhaft genannte Domain firma.de.

In Firmenumgebungen ist es üblich, die rekursiven DNS-Server von den autoritativen Servern für die internen Domains zu trennen. Gründe hierfür sind besser

überschaubare Zugriffsregeln und die Möglichkeit, die Serverleistung bedarfsgerecht zu dimensionieren.

Damit die Resolver bei Anfragen an interne Zonen mit den richtigen autoritativen DNS-Servern sprechen, bedarf es einer passenden Routing-Policy, Conditional Forwarding, siehe die roten Pfeile in der Infografik. Beispiele dafür sind interne Zonen oder auch über ein VPN erreichbare interne Zonen von Partnern.

Umsicht bei internen Zonen

Generell sollte man für interne Domains entweder eine Subdomain unter der für diesen Zweck reservierten Domain home.arpa verwenden (RFC 8375) oder eine Subdomain der Hauptdomain der Firma, die jedoch nicht im Internet delegiert wird, zum Beispiel lokal.firma.de.

Die naheliegende TLD .local sollte man unbedingt vermeiden, weil sie für mDNS reserviert ist, das inzwischen nicht nur iOS, macOS, Android und Linux, sondern auch Windows zur lokalen, serverlosen Namensauflösung verwenden. Auch von „Erfindungen“ wie .lokal oder .privat sollte man die Finger lassen, denn die IANA könnte solche Namen irgendwann als TLD definieren. Wenn das passiert, dann muss man die gesamte DNS-Infrastruktur der Firma umkrepeln, oft auch das Active Directory. Das ist sehr kostspielig.

Eine gern missverstandene DNS-Kommunikation geht auf das dynamische DNS-Update zurück, das vor allem im Active Directory von Windows eine Rolle spielt; nicht zu verwechseln mit dem DynDNS von Heimroutern, die ihre dynamisch zugewiesene WAN-IP-Adresse dem DynDNS-Provider per HTTPS melden. Das dynamische DNS-Update nutzt ein Client, nachdem er eine IP-Adresse per DHCP empfangen hat, um sie mitsamt seinem Hostnamen an den autoritativen DNS-Server der Domäne zu schicken (lila Pfeil).

Sind nun die DNS-Server im Firmennetz in rekursive und autoritative Server getrennt, kann es den Netzadmin irritieren, dass scheinbar alle möglichen Clients DNS-Anfragen nicht nur an den Resolver schicken, sondern auch an den autoritativen Server. Doch der Eindruck täuscht: Dabei handelt es sich mitnichten um DNS-Queries, sondern eben um dynamische DNS-Updates, was man im DNS-Header

am zugehörigen Flag erkennt (OpCode 5, siehe ct.de/ymdv).

DNS-Security

Übliche DNS-Pakete sind unverschlüsselt und meist über das zustandslose Transportprotokoll UDP unterwegs. Was bedeutet: Angreifer mit Zugriff auf den Netzwerkverkehr können nicht nur sämtliche DNS-Anfragen mitlesen, sondern auch nach Belieben verändern (Spoofing).

Dagegen hilft DNSSEC (Domain Name System Security Extensions). Dafür signiert ein Admin auf seinen autoritativen Servern die Zonen und gibt ein Digest (Hash) seines Public Key an den Admin der Elternzone weiter. Der Admin der Elternzone signiert den Digest und legt ihn in der Elternzone ab.

Fortan liefert der autoritative DNS-Server überprüfbare signierte Antworten und ein Resolver kann damit sicherstellen (validieren), dass deren Inhalt unverfälscht ist und die Antwort von einer vertrauenswürdigen Quelle stammt. Eine ausführliche Beschreibung dieses Vorgangs finden Sie über ct.de/ymdv. Daher gilt für alle Betreiber von DNS-Resolvern die klare Empfehlung: Validieren Sie per DNSSEC, wann immer möglich.

Doch auch signierte DNS-Pakete sind unverschlüsselt und somit von Dritten lesbar. Um auch noch unerwünschte Mitleser auszuschließen, empfiehlt es sich, den Verkehr zwischen Client und Resolver zu verschlüsseln. Dafür kann man verschiedene

Methoden verwenden. Zu den jüngeren zählen DNS-over-HTTPS (DoH), DNS-over-TLS (DoT) und DNS-over-QUIC (DoQ). In der Grafik auf Seite 134 haben wir beispielhaft nur DoH aufgeführt (gestrichelte Linien), das den klassischen HTTPS-Kanal auf TCP Port 443 nutzt.

Eine Besonderheit bei verschlüsseltem DNS-Verkehr ist, dass einzelne Apps wie Browser den konfigurierten Resolver umgehen und ihre Anfragen direkt an einen Resolver im Internet senden (etwa Firefox und Chrome). Das hat vor allem in Firmenumgebungen unerwünschte Folgen: So konfigurierte Browser finden lokale Server nicht, weil externe Resolvers keine internen Server kennen und sie umgehen DNS-Security-Mechanismen. Dann schützen DNS-Resolvers und Firewalls, die DNS-Anfragen zu böswilligen Domains blockieren sollen, plötzlich nicht mehr.

Um beides zu verhindern, können Sie auf den PCs Ihrer Mitarbeiter DoH, DoT, DoQ und was auch immer mittels Gruppenrichtlinien verbieten. Noch besser: Aktivieren Sie DoH und DoT in Ihrem Firmen-Resolver und machen Sie ihn für Ihr gesamtes Netz verpflichtend, denn interne Netze sind nicht vertrauenswürdiger als das Internet (Zero-Trust-Ansatz).

Das weniger verbreitete DoT ist das verschlüsselnde Pendant zum üblichen DNS für rekursive Anfragen; es sichert den DNS-Verkehr zwischen dem Client oder dem Router und dem Resolver ab. Der Verkehr läuft über den dafür reservierten

TCP-Port 853. Wie der Name schon sagt, verschlüsselt DoT per Transport Layer Security (TLS). Android bringt DoT ab Werk mit, Router auf Basis von OpenWrt und die von AVM gefertigte Fritzbox ebenfalls. Linux, macOS und Windows kann man mit Stubby nachrüsten (ct.de/ymdv).

Noch eins drauf setzen die ganz modernen Protokolle Oblivious-DNS (ODNS, siehe Grafik unten) und eine Variante des Protokolls DNSCrypt: Beide verschlüsseln den DNS-Verkehr nicht nur, sondern verschleiern auch noch die IP-Adresse des Clients. Oblivious-DNS wurde unter dem Dach der IETF standardisiert. Seit rund zwei Jahren setzen die Technik mehrere Firmen in kommerziellen Produkten ein: Apple in Private Relay für macOS und iOS, Google in One VPN für macOS, iOS und Android, Microsoft unter Zulieferung von Cloudflare in Windows und der ursprüngliche Erfinder Invisiv in Pretty Good Phone Privacy für Android.

Ich weiß, dass ich nichts weiß

Zum Schluss noch der Hinweis, dass dieser Artikel nur die Spitze des Eisbergs sehen lässt. Viele Details rund um DNS haben wir der Übersicht halber nur angerissen oder gar nicht erläutert, beispielsweise TSIG, DNS-Cookies, die Sicherheitstechniken DANE, TLSA, SSHFP oder CAA.

Nicht zu vergessen die lokalen serverlosen DNS-Auflösungen auf Grundlage der Multicast-Technik mDNS, SSDP und LLMNR. Erst damit finden Smartphones im Heimnetz Drucker, Fernseher oder Lautsprecher automatisch. Aber das ist eine andere Geschichte. Sie möchten sich trotzdem einen Überblick über die DNS-Spezifikationen verschaffen? Keine triviale Aufgabe, gibt es doch knapp 300 (!) davon. Eine Übersicht finden Sie über ct.de/ymdv.

Ausblick

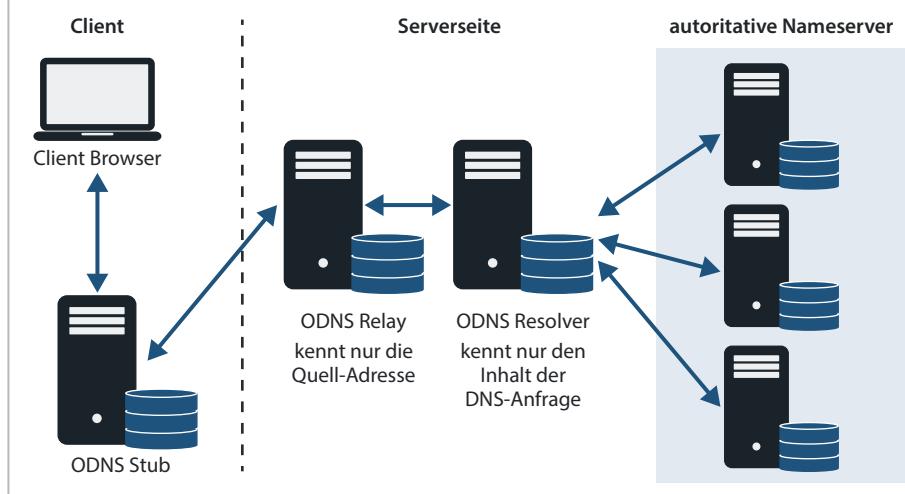
Die Phrase „It's always DNS“ und daran angelehnte Memes in den sozialen Netzwerken sind berühmt-berüchtigt, denn wenn es mal knirscht, liegt der schwarze Peter sehr oft beim DNS. Um so wichtiger, dass man als IT-Admin die wichtigsten Abläufe in Grundzügen kennt. Mit etwas Übung und geeigneten Tools, die wir in einem der kommenden Hefte vorstellen, kommt man auch komplexen Problemen auf die Schliche.

(dz@ct.de) ct

DNS-Infos, Spezifikationen, Empfehlungen: ct.de/ymdv

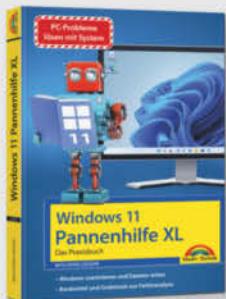
Namensauflösung mit Anonymisierung

Eine zusätzliche Schicht in der DNS-Hierarchie verbirgt die Quell-IP-Adresse des Clients vor dem Resolver. Der Resolver-Betreiber kann so keine Nutzerprofile mehr erstellen. Voraussetzung dafür ist, dass Relay und Resolver verschiedene Institutionen oder Firmen betreiben.



Für Wissenshungrige...

Ausgewählte Fachliteratur



Wolfram Gieseke

Windows 11 – Power-Tipps

Ob ein externes Gerät nicht erkannt wird, Programme nicht mehr wie gewohnt laufen oder ein Ihnen unbekannter Update-Fehler auftritt: Wenn Sie den unterschiedlichen Fehlermeldungen selbst auf den Grund gehen möchten, hilft Ihnen dieses Buch weiter.

19,95 €



Brian Svidergol, Bob Clements, Charles Pluta

Microsoft 365 Mobilität und Sicherheit

Bereiten Sie sich auf die Microsoft-Prüfung MS-101 vor und zeigen Sie, dass Sie die erforderlichen Fähigkeiten und Kenntnisse für die Verwaltung von Mobilität und Sicherheit in Microsoft 365 sowie die damit verbundenen Verwaltungsaufgaben in der Praxis beherrschen. Dieses Prüfungstraining wurde für erfahrene IT-Profis entwickelt.

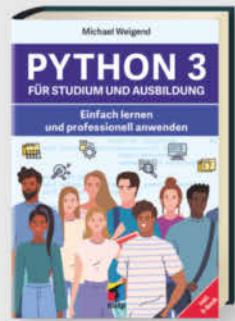
49,90 €



Eric Amberg, Daniel Schmid
Hacking – Der umfassende Praxis-Guide (2. Auflage)

Dies ist ein Leitfaden für angehende Hacker, Penetration Tester, IT-Systembeauftragte, Sicherheitsspezialisten und interessierte Poweruser. Mithilfe vieler Workshops sowie Tipps und Tricks lernen Sie die Vorgehensweise eines professionellen Hacking-Angriffs kennen.

49,99 €



Michael Weigend
Python 3 für Studium und Ausbildung

Alle wichtigen Grundlagen der Python-Programmierung werden erklärt. Es sind keine Vorkenntnisse notwendig und die Themen werden fachunabhängig erläutert.

19,99 €



Christian Immler
Haus und Wohnung smart vernetzt

Ob Sie Daten, Musik und Medien im ganzen Haus nutzen, Ihr WLAN optimieren oder per App aus der Ferne Ihre Heizung anstellen, diese und weitere relevante Themen rund um Ihr vernetztes Zuhause werden in diesem Buch ausführlich besprochen.

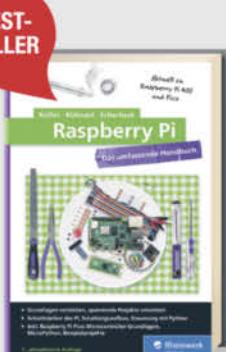
19,95 €



Thomas Kaffka
3D-Druck – Praxisbuch für Einsteiger (3. Auflage)

Entdecken Sie die nahezu unbegrenzten Möglichkeiten des 3D-Drucks in allen Varianten: vom Einsatz des eigenen 3D-Druckers zu Hause über die Verwendung von öffentlich zugänglichen Druckern bis hin zur Nutzung von 3D-Druckservices.

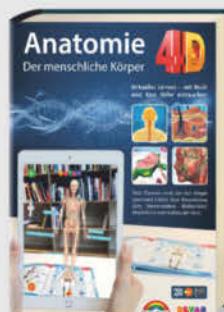
29,99 €



Michael Kofler, Charly Kühnast,
Christoph Scherbeck
Raspberry Pi (7. Auflage)

Das Standardwerk in 7. Auflage, aktuell zum Raspberry Pi Pico. Die RasPi-Experten Michael Kofler, Charly Kühnast und Christoph Scherbeck bieten Ihnen auf über 1.000 Seiten das komplette Wissen, damit Sie mit dem Raspberry Pi richtig durchstarten.

44,90 €



Thomas Kaffka
Anatomie 4D – Der menschliche Körper

Mithilfe einer kostenlosen App und bahnbrechender Augmented Reality kann der Aufbau der Knochen, die Muskeln in Aktion, das Nerven- und Kreislaufsystem sowie das größte menschliche Organ, die Haut, beobachtet werden.

14,95 €



shop.heise.de/highlights2023

PORTOFREI AB 20 € BESTELLWERT INNERHALB DEUTSCHLANDS

...und Nerds



shop.heise.de/highlights2023

Zubehör und Gadgets



Oxocard Artwork Creative Coding

Mit dem leistungsfähigen Dual-Core Chip ESP32 liefert die Oxocard genügend Power für Ihre Experimente. Lernen Sie in kurzer Zeit wie man beeindruckende visuelle Effekte erzeugt, wie wir sie aus Spielen und Filmen kennen.

69,90 €



musegear® finder Version 2

Finden Sie Schlüssel, Handtasche oder Geldbeutel bequem wieder statt ziellos zu suchen. Mit dem Finder können Sie z.B. das Smartphone klingeln lassen oder Wertgegenstände einfach tracken und noch mehr.

24,90 €



Joy-IT LCR-T7 Messgerät

Mit Hilfe des LCR Messgerätes können Sie die Induktivitäten (L) von Spulen, Kapazitäten (C) von Kondensatoren und deren Widerstände (R) als Verlust messen. Die automatische Bauteilerkennung von dem Messgerät kann elektronische Komponenten (Dioden, Z-Dioden, Dioden, Widerstände, Kondensatoren, Induktoren, Thyristoren, Triacs, Feldeffekttransistoren, Bipolartransistoren und Batterien) erkennen.

29,90 €



Nitrokey 3A NFC

Der Nitrokey 3 vereint die Funktionen vorheriger Nitrokey Modelle: FIDO2, Einmalpasswörter, OpenPGP Chipkarte, Curve25519, Passwort-Manager, Common Criteria EAL 6+ zertifiziertes Secure Element, Firmware-Updates. Damit werden Ihre Accounts zuverlässig gegen Phishing und Passwort-Diebstahl geschützt.

59,90 €



Joy-IT OR750i: Freifunk- & OpenWrt-Dual-Band-Router

Der Einstieg in die Freifunk- und OpenWrt-Welt kann oft schwierig sein. Deshalb hat Joy-IT in Zusammenarbeit mit Freifunk Hannover und c't den OR750i entwickelt. Dank Webinterface kann man beliebige Firmwares einfach hochladen – ohne komplizierte Kommandos oder inkompatible Hardware-Revisionen; ideal für OpenWrt-Einsteiger und solche, die Freifunk einfach nur nutzen wollen.

39,90 €



JOY-IT DSO-138 M mini Oszilloskop

Das Mini- Oszilloskop mit einer Bildschirmgröße von 2,4“ kann per USB oder Akku betrieben werden. Eine Verbesserung ist der externe Triggereingang, welcher TTL- und LVTTL-Signale als Quelle akzeptiert und serielle Ausgabe von Wellenformdaten.

54,90 €



Die Reise mit dem micro:bit V2

Mit der Electronic Adventure Experimentier-Box ab 8 Jahren lernt man in aufeinander aufbauenden Lektionen wie sich auf Basis des BBC micro:bit spannende Experimente verwirklichen lassen.

49,90 €



REINER SCT Authenticator

Der REINER SCT Authenticator speichert die elektronischen Schlüssel für die Logins sicher in seiner Hardware und generiert die TOTP-Einmalpasswörter hochgenau alle 30 Sekunden. Er arbeitet ohne Internetverbindung und kann deshalb online nicht angegriffen werden. Zusätzlich kann seine Funktion noch mit einem PIN-Schutz abgesichert werden.

44,90 €

Aufsichtlich informiert

Recherchieren auf der BaFin-Homepage

Im Finanzsektor tummeln sich redliche, aber auch reichlich unseriöse Unternehmen. Die Website der Finanzdienstleistungsaufsicht hilft zu prüfen, ob man ein Geschäft mit ihnen wagen kann oder lieber die Finger davon lässt.

Von Markus Montz

Manche Anlageangebote im Netz riechen sofort nach Betrug. Andere kommen subtiler daher und angeln sich so selbst vorsichtige Kunden. Immer wieder stoßen Menschen auf Zahlungs- und Finanzdienstleister, deren Namen sie nicht kennen und daher nicht einschätzen können, ob der Dienst vertrauenswürdig ist.

Helfen kann in solchen und anderen Fällen die Homepage der Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht (BaFin). Sie bietet Ratgeber sowie Bulletins und Datenbanken, um unbekannte Namen in der Finanzbranche zu prüfen. Die Bundesbehörde beaufsichtigt den größten Teil des Finanzsektors. Wir stellen Ihnen Tools auf der BaFin-Webpräsenz vor, mit denen Sie an erste, oft schon richtungweisende Informationen kommen. Zunächst werfen wir einen kurzen Blick auf die BaFin und klären, was die Behörde tut.

Wann die BaFin helfen kann

Die BaFin ist zuständig für deutschlandweit tätige Universalbanken mit breitem Angebot sowie für die regional tätigen Sparkassen und Volks- und Raiffeisenbanken. Hinzu kommen Spezialbanken, die zum Beispiel nur Kredite vergeben. Die BaFin beaufsichtigt außerdem Zahlungs- und E-Geld-Institute, die nach dem Zah-

lungsdiensteaufsichtsgesetz (ZAG) reguliert werden. Dazu gehören viele Zahlungsabwickler für den Einzelhandel. Zuständig ist sie außerdem für Finanzdienstleistungsinstitute, zu denen etwa Leasinggesellschaften, aber auch Kryptowährer zählen.

Den zweiten großen Teilesktor bilden Versicherungen. Dazu zählen Lebensversicherer, private Krankenversicherer, Haftpflichtversicherer sowie Pensions- und Sterbekassen und Pensionsfonds. Für Versicherungen, die in nur einem Bundesland aktiv sind, ist eine Landesaufsichtsbehörde zuständig; für die gesetzliche Sozialversicherung gibt es ebenfalls eigene Behörden.

Drittens beaufsichtigt die BaFin den Wertpapierhandel und das Investmentgeschäft. Darunter fallen sogenannte Wertpapierinstitute wie Investmentgesellschaften und die meisten Neobroker, aber auch Wertpapierfonds. Die Behörde prüft zudem Wertpapierprospekte auf formale (nicht inhaltliche!) Richtigkeit. Sie wacht auch darüber, dass Aktienunternehmen keinen Insiderhandel betreiben, Meldevorschriften beachten und soll gegen Kurs- und Marktmanipulationen vorgehen. Für den Anleger- und Gläubigerschutz, Handelsplätze und deren Betrieb sind dagegen

die Börsenaufsichten der Bundesländer zuständig.

Die BaFin registriert außerdem „vertraglich gebundene Vermittler“, also Anlagevermittler und -berater, die auf Rechnung und unter Haftung eines Finanzinstituts arbeiten. Nicht zuständig ist sie für sogenannte „Finanzanlagenvermittler“, um die sich die Gewerbeaufsichtsbehörden der Kommunen kümmern. Ein Verzeichnis findet man bei der Deutschen Industrie- und Handelskammer unter ct.de/ytka.

Bei Gesetzesverstößen kann die BaFin Unternehmen abmahnen und Bußgelder verhängen. In gravierenderen Fällen darf sie Sonderprüfungen anordnen und Prüfer bestellen. Diese dürfen je nach Mandat zum Beispiel Geschäftsunterlagen einsehen oder sogar selbst Maßnahmen gegenüber einer Bank oder einem anderen Institut anordnen. Im schlimmsten Fall kann die BaFin einem Unternehmen teilweise oder ganz die Zulassung entziehen.

Informationstool „Suche“

Die Behörde prüft aber nicht nur, sie informiert auch die Kundschaft der Finanzunternehmen. Mithilfe der Suchfunktion der Homepage können Verbraucher checken, ob ein Unternehmen bereits bei der BaFin auffällig geworden ist. Dazu genügt es, den Namen des Unternehmens in die Suchmaske oben auf der BaFin-Homepage einzugeben. Wichtig ist die exakte Schreibweise des Namens: Gerade Fake-Firmen lehnen ihren Namen gerne an echte Firmen an. Die Sortierung nach Änderungsdatum liefert die neuesten Meldungen samt Updates. Die BaFin veröffentlicht regelmäßig Nachrichten über illegale Angebote; findet sich das gesuchte Unternehmen da, hat man bereits eine Antwort.

Wenn die BaFin gegen ein Unternehmen ermittelt oder vor dessen Angeboten warnt, beschreibt sie in der Meldung auch,

The screenshot shows the BaFin search results page with the following details:

- Search term:** Zins Vergleich
- Number of results:** 2.657
- Sort order:** Sortiert nach Erscheinungsdatum
- Page navigation:** 1 von 133 Seiten
- Result preview:** Meldung vom 08.01.2024: Thema Unerlaubte Geschäfte, Verbraucherschutz zinsvergleich.news: BaFin warnt vor Zins Vergleich
- Text below preview:** Die Finanzaufsicht BaFin warnt vor Angeboten der „Zins Vergleich“. Die bisher unbekannten Betreiber geben einen angeblichen Geschäftssitz in Frankfurt am Main an. Auf ihrer Website zinsvergleich.news bieten sie ohne Erlaubnis die Eröffnung von Tages- und Festgeldkonten bei in- und ausländischen Banken an. Darüber hinaus werden dort auch weitere Geldanlagemöglichkeiten, wie beispielsweise Aktien, ...

Mithilfe der Suchfunktion kann man schnell prüfen, ob die BaFin einen Dienstleister bereits als schwarzes Schaf identifiziert hat.

um welche Verstöße es geht. Oft schalten die Firmen Anzeigen auf Websites und in sozialen Medien und werben für Kredite, Anlagen und Wertpapiere, aber auch für Sparangebote. Zwar kann man die Grundregel nicht oft genug wiederholen, dass exorbitante Renditeversprechen zu schön sind, um wahr zu sein, und dass man sich über unbekannte Anlageprodukte und Unternehmen in Ruhe und unabhängig informieren sollte. Doch Betrüger, die das eingezahlte Geld unterschlagen wollen, passen sich an. Sie tarnen ihre Fallen zum Beispiel mit gerade noch realistischen Renditeversprechen.

Möchte man sich einen Überblick über alle Meldungen der zurückliegenden Wochen verschaffen, kann man auch im Reiter „Verbraucher“ über den Punkt „Warnungen und Aktuelles für Verbraucher“ in die Suche einsteigen. Die dort befindlichen Links grenzen die Suche durch Filter im Vorfeld etwas ein. Zur Auswahl stehen „Unerlaubte Geschäfte“, „Warnungen vor Marktmanipulation“, „Warnungen vor Verletzung der Prospektpflicht“ (bei Wertpapieren, Fonds und anderen Anlagen) sowie „Weitere Meldungen für Verbraucher“. In der reinen Suchfunktion fehlen diese Filter. Wer auf dem Laufenden bleiben möchte, kann alle Meldungen auch als E-Mail-Newsletter beziehen. Stößt man auf dubiose Anbieter, vor denen die BaFin bisher nicht gewarnt hat, kann man ihr unter if@bafin.de einen Hinweis geben.

Verbraucherbildung

Die BaFin bietet im Bereich „Verbraucher“ einen Fundus an Ratgebern und Merkblättern zu Finanzthemen. Außerdem produziert sie Videos sowie Podcasts, zum Beispiel über die Beschwerden über die Postbank. Zusammen mit den Angeboten der Verbraucherzentralen, Stiftung Warentest und privaten Seiten wie Finanztip liefert sie Informationen zu Themen von A wie Aktie bis Z wie Zahlungsauslösungen. Profitieren kann man als Verbraucher mit Durchbeißfähigkeiten auch von den Fachinformationen, die die BaFin für Unternehmen und Juristen veröffentlicht, etwa zur Auslegung von Gesetzen und Vorschriften. Über das Verbrauchertelefon erhält man bei Bedarf nähere Informationen.

Unternehmen			
Sparkasse Lüneburg			
Gattung: CRR-Kreditinstitut			
An der Münze 4 - 6 21335 Lüneburg Deutschland			
BaFin ID: 10100748 Bak Nr.: 100748 Reg Nr.: —			
Schlichtungsstelle: Schlichtungsstelle beim Deutschen Sparkassen- und Giroverband e.V. www.dsgv.de			
Erlaubnisse/Zulassung/Tätigkeiten			
Erlaubnisnr./Zulassung	Erteilungsdatum	Ende am	Endegrund
Abschlußvermittlung (§ 1 Abs. 1a Satz 2 Nr. 2 KWG)	01.01.1998		
Anlageberatung (§ 1 Abs. 1a Satz 2 Nr. 1a KWG)	01.11.2007		
Anlagevermittlung (§ 1 Abs. 1a Satz 2 Nr. 1 KWG)	01.01.1998		
Anlageverwaltung (§ 1 Abs. 1a Satz 2 Nr. 11 KWG)	26.03.2009		
Depotgeschäft (§ 1 Abs. 1 Satz 2 Nr. 5 KWG)	10.07.1991		
Diskontgeschäft (§ 1 Abs. 1 Satz 2 Nr. 3 KWG)	10.07.1991		
Drittstaaten-einlagenvermittlung (§ 1 Abs. 1a Satz 2 Nr. 5 KWG)	01.01.1998		
E-Geld-Geschäft (§ 1 Abs. 1a Satz 2 Nr. 11 KWG)	01.07.2002	30.04.2011	Inkrafttr. d. Gesetzes z. Umsetzung d. 2. E-GeldRL
Eigengeschäft (§ 1 Abs. 1a Satz 3 KWG)	01.11.2007	31.12.2010	Ende nach Art 1 des CRD II-Umsetzungsgesetzes
Eigengeschäft (§ 12 Abs. 1a KWG)	31.12.2010		
Eigenhandel (§ 1 Abs. 1a Satz 2 Nr. 4 KWG a.F.)	01.01.1998		
Einlagen-Geschäft (§ 1 Abs. 1 Satz 2 Nr. 1 KWG)	10.07.1991		
Emissionsgeschäft (§ 1 Abs. 1 Satz 2 Nr. 10 KWG)	01.01.1998		
Factoring (§ 1 Abs. 1a Satz 2 Nr. 9 KWG)	25.12.2008		
Finanzierungsleasing (§ 1 Abs. 1a Satz 2 Nr. 10 KWG)	25.12.2008		
Finanzkommissionsgeschäft (§ 1 Abs. 1 Satz 2 Nr. 4 KWG)	10.07.1991		
Finanzportfolienverwaltung (§ 1 Abs. 1a Satz 2 Nr. 3 KWG)	01.01.1998		
Finanztransfersgeschäft (§ 1 Abs. 1a Satz 2 Nr. 6 KWG)	01.01.1998	31.10.2009	Ende nach Art 2 Zahlungsdienstumsetzungsgesetz
Garantiegeschäft (§ 1 Abs. 1 Satz 2 Nr. 8 KWG)	10.07.1991		
Geldkartengeschäft (§ 1 Abs. 1 Satz 2 Nr. 11 KWG a.F.)	01.01.1998	30.06.2002	Ende nach § 64f KWG (4. FMFG)
Girogeschäft (§ 1 Abs. 1 Satz 2 Nr. 9 KWG)	10.07.1991	30.10.2009	Ende nach Art 2

Die Unternehmensdatenbank liefert detaillierte Informationen darüber, welche Produkte und Dienstleistungen ein Institut anbieten darf.

Die BaFin gibt auch bekannt, wenn sie bei etablierten Unternehmen größere Probleme beobachtet oder gar Sanktionen verhängt. Ein prominentes Beispiel ist die IT-Migration der Postbank 2023: Zunächst ließ die BaFin nach zahlreichen Beschwerden und intensiver Medienberichterstattung verlauten, dass sie sich den Fall bereits ansehe. Einige Wochen später meldete sie, dass ein Sonderbeauftragter bei der Konzernmutter Deutsche Bank darüber wachen soll, dass diese die Probleme zügig behebt.

Info-Tool Datenbanken

Unter dem Reiter „Publikationen & Daten“ wird es interessant, denn hier gibts eine Reihe von Datenbanken. Vor allem die Unternehmensdatenbank ist ein guter Gradmesser für den Nährwert eines Unternehmens. Darin finden sich sämtliche Firmen, die ihrer Aufsicht unterliegen. Rechtlich eigenständige Tochterunternehmen von Konzernen führt das Verzeichnis unter deren Namen. Findet man ein Unternehmen nicht in der Datenbank, sollte man mindestens genauer hinsehen – und im Zweifel Geschäfte mit einer Firma, die sich der Aufsicht entzieht, lieber vermeiden. Die Unternehmensdatenbank klärt auch die Frage, ob die BaFin der richtige Empfänger ist, wenn man sich über ein Institut beschweren will. Ein passendes Formular samt Hinweisen zur Nutzung findet sich dann unter „Verbraucher“/„Beschwerden“.

Gerade bei weniger bekannten Dienstleistern kann man sich mithilfe der Datenbank über ihre Seriosität verwisern, etwa bei den sogenannten Kontoinformations- und Zahlungsauslösungen, wenn sie in AGBs oder vor einem Zustimmungskästchen kurz vor dem Checkout beim Onlinekauf auftauchen. Solche Dienste holen sich die Erlaubnis, über spezielle Bankenschnittstellen auf Girokonten von Verbrauchern zuzugreifen. Oft arbeiten die Dienste im Auftrag anderer Unternehmen. Zu finden sind sie auch im „Zahlungsinstituts- und E-Geld-Instituts-Register“, das sich ebenfalls im Bereich „Datenbanken“ befindet.

In weiteren Datenbanken verzeichnet die BaFin jeweils die vertraglich gebundenen Vermittler (immerhin fast 20.000), unabhängige Honorar-Anlageberater, aber auch Investmentfonds und Pfandbriefbanken. Hinzu kommen bestimmte Prospekte und Informationsblätter für Wertpapiere und Vermögensanlagen sowie für Kryptowertpapiere, die deren Emittenten bei der BaFin hinterlegt haben. Für Transparenz im Wertpapierhandel sollen außerdem die Datenbanken „Eigengeschäfte von Führungskräften“ und „bedeutenden Stimmrechten“ sorgen.

(mon@ct.de) ct

BaFin-Homepage, Vermittlerregister:
ct.de/ytka

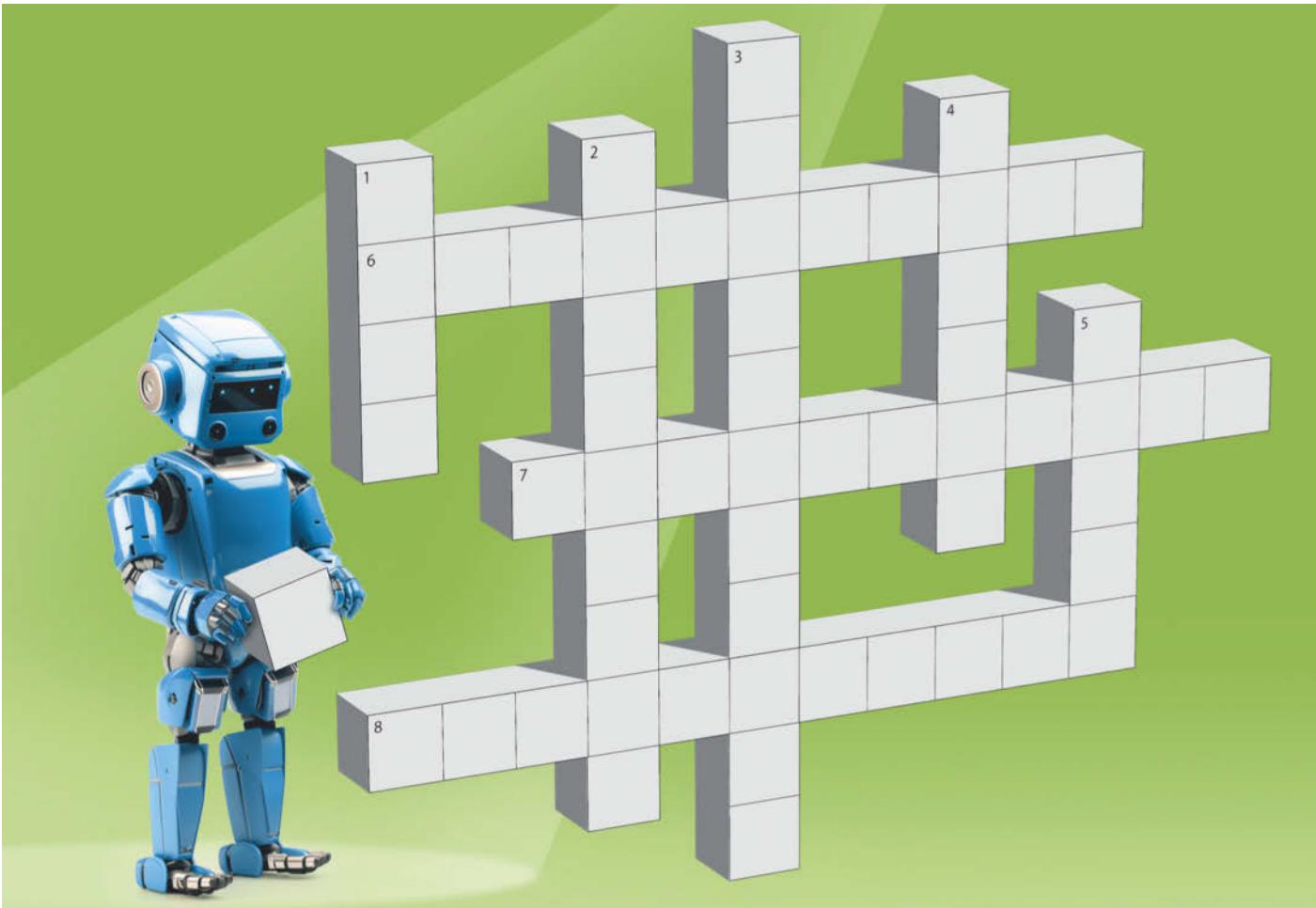


Bild: KI Midjourney | Collage c't

Rätsel-Spaß mit KI

Quizze und Kreuzworträtsel mit ChatGPT erstellen

Quizsendungen wie „Wer wird Millionär“ sind Dauerbrenner im TV-Programm. Das simple Frage-Antwort-Prinzip lässt sich auch für den privaten Partyspaß oder das spielerische Lernen in der Schule nutzen. Quizze im Team mit ChatGPT zu entwickeln macht nicht nur Spaß, sondern stellt ein einsteigertaugliches Beispiel für sinnvollen KI-Einsatz dar.

Von Stefan Spohn

Die sogenannten Single-Choice-Aufgaben vieler TV-Quizformate bestehen aus einer Frage plus mehrerer Antwortvorgaben; nur eine davon ist richtig. Der Schwierigkeitsgrad ergibt sich unter anderem aus der inhaltlichen oder sprachlichen Ähnlichkeit der falschen Vorgaben zur Lösung.

Der Webdienst Kahoot! (siehe ct.de/yruh) hat sich zum Erstellen und Spielen eigener Single-Choice-Quizze bewährt. Über den Link zum Artikel finden Sie ein Kennenlernbeispiel mit fünf Fragen rund um c't, das demonstriert, wie Kahoot funktioniert. Beantworten Sie die Fragen durch Anklicken oder -tippen einer der vier Vorgaben. Die Mitspieler sind dabei noch virtuell. Später treten Sie gegen reale Personen an. Kahoot aktualisiert nach jeder Frage den Punktestand, der sich aus dem

Tempo ergibt, in dem die Spieler die richtige Antwort finden. Eine standesgemäße Siegerehrung beendet die Quizrunde.

Kahoot-Quizze lassen sich ohne Benutzerkonto spielen. Nur zum Gestalten eines eigenen Spiels muss man sich registrieren. Dabei entscheiden Sie sich zunächst für den Verwendungszweck Ihres Benutzerkontos: „Lehrkraft“, „Lernende/r“, persönlich oder beruflich. Von der Antwort hängen die nachfolgenden Fragen ab. Abschließend legen Sie Benutzername und Passwort fest. Die Option des kostenlosen Basic-Kontos finden Sie, wenn Sie etwas herunterscrollen.

Einige kostenpflichtige Varianten – etwa „Kahoot! 360 Pro“ und „Kahoot!+ Max for students“ – bringen einen KI-gestützten Fragengenerator mit. In dieser Praxisanleitung zeigen wir, wie Sie mit

einem kostenfreien Basic-Konto aus Ihren eigenen Fragen und Antwortvorgaben ein Quiz zusammenstellen. Mit der kostenlosen Version von ChatGPT können Sie sich von der KI beim Formulieren der Inhalte helfen lassen.

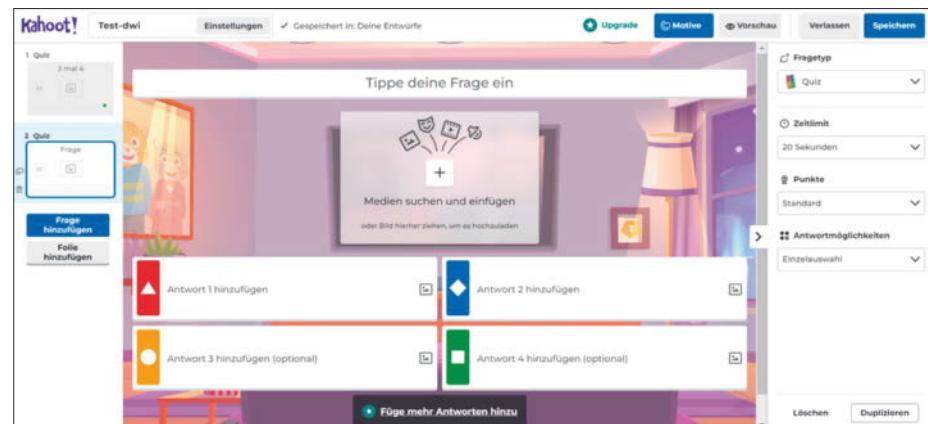
Das erste Quiz

Nachdem Sie sich eingeloggt haben, beginnen Sie mit einem Klick auf den blauen „Erstellen“-Knopf oben rechts. Wählen Sie „Kahoot/Leere Leinwand“. Geben Sie im Arbeitsfenster am oberen Bildschirmrand die erste Quizfrage ein. Unten fügen Sie vier Antwortvorgaben hinzu und markieren die richtige Antwort mit einem Mausklick. Das „Plus“-Zeichen in der Mitte der Leinwand dient dazu, die Frage optional um ein Bild oder ein YouTube-Video zu ergänzen. Durch Zeitangaben für Start und Ende kann man bei Videos sekundengenau einen Ausschnitt aus einem Video festlegen.

Wenn alles passt, wechseln Sie mit „Frage hinzufügen“ zur nächsten Aufgabe. Beim ersten Speichern fordert die Software dazu auf, dem Quiz einen Titel zu geben. Alle Quizspiele – auch „Kahoots“ genannt – speichert der Dienst in der Bibliothek.

Falls das fertige Quiz im Freundeskreis oder in der Schule mit Schülern gespielt werden soll, benötigt jeder Mitspieler ein eigenes digitales Endgerät. Auf Tablet oder Smartphone kann man die Kahoot-App einrichten oder im Browser mitspielen. Sie als Quizmaster sind mit Ihrem Laptop oder Tablet idealerweise mit einem Beamer oder externen Bildschirm verbunden.

Um ein Quiz zu starten, klicken Sie in der Bibliothek auf den zugehörigen Eintrag. Wählen Sie im nächsten Schritt den „Klassischen Modus“. Die Software generiert nun die PIN für das geplante Spiel. Teilnehmer mit der mobilen Kahoot-App gelangen über Schaltflächen mit der Aufschrift „Beitreten“, „Teilnehmen“ oder „Enter PIN“ zur Eingabe der PIN. Noch schneller geht es, wenn die Mitspieler den mit der PIN angezeigten QR-Code zum Quiz scannen. Teilnehmer, die via Browser mitspielen, werden direkt zur Eingabe der PIN aufgefordert. Sobald alle auch noch einen Nickname eingetippt haben und auf Ihrem Bildschirm als Teilnehmer zu sehen sind, kann es losgehen. Nutzen Sie das Schlosssymbol am rechten Rand des Bildschirms, um das Spiel für unbekannte externe Spieler zu sperren. An-



Wenn man ein neues Quiz anlegt, fragt Kahoot nach dem Text von Frage und Antwortvorgaben sowie nach einigen weiteren Parametern.



Die Spieler lösen der Reihe nach alle Aufgaben aus dem laufenden Quiz. Dabei läuft ein Countdown, denn Kahoot erwartet Antworten innerhalb einer vorab festgelegten Zeitspanne.

schließend können Sie mit einem Klick auf Start die erste Frage aufrufen. Den weiteren Verlauf steuern Sie mit der Weiterschaltfläche rechts oben.

ChatGPT, bitte übernehmen!

Statt die Fragen und Antwortvorgaben einzeln von Hand einzugeben, kann man sie Kahoot auch in Form einer Tabelle im XLSX-Format übergeben. Beim Einfügen einer neuen Frage erscheint dazu der unscheinbare Eintrag „Tabellenblatt importieren“. Ein Blick in die Tabellenvorlage und das bereits vorhandene Beispiel ist hilfreich. Die Software erwartet die Inhalte spaltenweise in dieser Form: Frage (maximal 120 Zeichen), Antwort 1, Antwort 2, Antwort 3, Antwort 4 (je maximal 75 Zeichen), Zeitlimit in Sekunden, Nummer der richtigen Antwort. In der Vorlage ist dabei von mehreren richtigen Antwortmöglichkeiten die Rede. Diese Option ist aber nur bei einem kostenpflichtigen Account verfügbar.

Im folgenden Beispiel für ein Kahoot zur Fußball-Bundesliga soll ChatGPT eine Tabelle mit allen Quizinhalten liefern. Das Quiz soll sich an langjährige Fußballfans richten, also durchaus anspruchsvolle Fragen bieten. Die Anweisungen oder Prompts für ChatGPT zum Einholen der Inhalte sollen so formuliert sein, dass die tabellarische Anordnung den Vorgaben entspricht. Die Formulierung für den Inhalt folgt dem Rat aus [1], eine ChatGPT-Anweisung durch Nennen einer speziellen Rolle zu präzisieren:

Du bist ein langjähriger Fan der Fußball-Bundesliga. Erstelle ein Single-Choice-Quiz mit 10 Fragen. Zu jeder Frage sollen vier Antworten gehören.

Die folgende Aufforderung sorgt dafür, dass ChatGPT Fragen und Antwortvorgaben gemäß der Kahoot-Vorlage auf Tabellenspalten verteilt:
Schreib die Fragen und Antworten als Tabelle mit folgenden Spalten: 1. Spalte Frage, 2. Spalte Antwort a, 3. Spalte Antwort b,

SP Du bist ein langjähriger Fan und detaillierter Kenner der Fußball-Bundesliga. Erstelle ein Single-Choice-Quiz mit 10 Fragen. Zu jeder Frage sollen vier Antworten gehören.

Natürlich, ich erstelle gerne ein Single-Choice-Quiz zur Fußball-Bundesliga für dich. Hier sind 10 Fragen mit jeweils vier Antwortmöglichkeiten:

Frage 1: Wer ist der Rekordtorschütze in der Geschichte der Bundesliga?

- a) Gerd Müller
- b) Miroslav Klose
- c) Robert Lewandowski
- d) Claudio Pizarro

Frage 2: Welcher Verein gewann die Bundesliga in der Saison 2020/2021?

- a) FC Bayern München
- b) Borussia Dortmund
- c) RB Leipzig
- d) Borussia Mönchengladbach

Mit einem geeigneten Prompt entlockt man ChatGPT Vorschläge für Fragen und Antwortvorgaben.

Frage	Antwort a	Antwort b	Antwort c	Antwort d	Zeit	Korrekte Antwort
Wer ist der Rekordtorschütze in der Bundesliga-Geschichte?	Gerd Müller	Miroslav Klose	Robert Lewandowski	Claudio Pizarro	30	1
Welcher Verein gewann die Bundesliga 2020/2021?	FC Bayern München	Borussia Dortmund	RB Leipzig	Borussia Mönchengladbach	30	1

ChatGPT kann die Vorschläge so in Tabellenspalten und -zeilen verteilen, dass Kahoot sie anschließend problemlos übernimmt.

4. Spalte Antwort c, 5. Spalte Antwort d, 6. Spalte Zeit immer den Wert 30 und letzte Spalte die korrekte Antwort für a=1, b=2, c=3 und d=4. Die Spalten 2 bis 5 sollen nicht mehr als 75 Zeichen enthalten. Die Spalte 1 soll höchstens 120 Zeichen enthalten.

Eventuell müssen Sie im Browser ein wenig nach rechts scrollen, um alle Spalten der Ergebnistabelle einzusehen zu können. Als Nächstes wird diese Tabelle in die heruntergeladene Vorlage übertragen: Dazu markieren Sie in ChatGPT alle relevanten Tabellenzeilen (Spaltenbezeichner und Ergänzungen unterhalb der Tabelle weglassen) und kopieren den Inhalt in die Zwischenablage. Klicken Sie in Ihrer Tabellekalkulation in die Zelle B9 und fügen den Inhalt der Zwischenablage ein. Die Spalte A sowie die Zeilen 1 bis 8 sind in der Vorlage durch Erläuterungen belegt. Checken Sie alle Fragen und Antworten sorgsam auf Richtigkeit. Wenn alles korrekt ist, speichern Sie die Datei im XLSX-Format.

Der Import in Kahoot ist schnell erledigt: Klicken Sie in Ihrem Quiz auf „Frage erstellen“ und dann auf „Tabellenblatt importieren“. Nach dem Hochladen der Datei beenden Sie den Dialog mit „Fragen hinzufügen“. Um ein wenig manuelle Nacharbeit kommen Sie nicht herum: Löschen Sie die erste, leere Frage in Ihrem Quiz. Ansprechende Abbildungen zu den einzelnen Fragen sollten auch nicht fehlen. Dann ist es so weit: Der Quizabend mit Fußball-Experten kann kommen!

Kreuz und quer

Auch beim Austüfteln von Kreuzworträtseln kann man sich von ChatGPT unterstützen lassen. Für das folgende Beispiel haben wir das Online-Tool XWords verwendet (siehe ct.de/yruth). XWords erstellt aus den Beschreibungen und Lösungswörtern, die der Nutzer eingibt, klassische Kreuzworträtsel, die man online zur Ver-

fügung stellen oder als Grafik ausdrucken kann.

Eingaben erwartet XWords entweder von Hand in einer strukturierten, selbst erklärenden Eingabemaske oder als kompaktes Ganzes im CSV-Format. Für ein Beispiel-Rätsel zur Geschichte der Bundesrepublik Deutschland soll ChatGPT wieder die Inhalte liefern:

Du bist eine Lehrkraft für das Fach Geschichte in einer 10. Klasse. Erstelle 10 Fragen für ein Kreuzworträtsel. Das Thema lautet „Die Geschichte der Bundesrepublik Deutschland“. Schreib zu jeder Frage die Antwort dazu. Die Antwort darf nur ein Wort haben. Die Antwort darf keine Jahreszahl enthalten.

Dieser Prompt lieferte im Test schon eine gute Ausgangsbasis. Einige Vorschläge fielen jedoch ungeeignet aus, darunter diese beiden Frage/Antwort-Kombinationen: Welches deutsche Grundgesetz trat 1949 in Kraft?, Antwort: Grundgesetz sowie Welches Ereignis im Jahr 1989 führte zur Öffnung der Berliner Mauer?, Antwort: Fall. So fordern Sie ChatGPT zum Nachbessern auf:

Ersetz die Fragen Nr. 3 und Nr. 10 durch andere Fragen zum Thema „Die Geschichte der Bundesrepublik Deutschland“. Die Antwort darf nur ein Wort haben. Die Antwort darf keine Jahreszahl enthalten.

Wichtig: Achten Sie nicht nur darauf, dass die Vorschläge formal geeignet sind, sondern prüfen Sie alles, was ChatGPT liefert, konsequent auf inhaltliche Richtigkeit. Wenn alles passt, folgt die Anweisung für das Ausgabeformat:

Übertrag das Ergebnis ins CSV-Datenformat.

Aus dem Ausgabefenster übernimmt man die Beschreibungen und Lösungswörter mit Klick auf „Copy code“ in die Zwischenablage und fügt sie von dort in XWords ein („CSV importieren“). Löschen Sie die erste Zeile mit den Spaltenbezeichnern „Frage, Antwort“. Eventuell gibt es noch ein paar Details, mit denen Sie die eine oder andere Frage nach dem Import optimieren können. Anschließend generieren Sie das Rätsel durch Klick auf den gleichnamigen Button.

Beim sogenannten Veröffentlichen können Sie als Autor wählen, ob Ihr Rätsel der XWords-Community zugänglich sein soll oder jeglicher Zugriff nur Ihnen als Autor vorbehalten bleibt. Über die Teilen-Funktion lassen sich Links zu Kreuzworträtseln beispielsweise im Rahmen des Schulunterrichts an Schüler weitergeben, die das Rätsel dann ohne Eingabe persönlicher Daten spielen können.

Sobald der Spieler den Beschreibungstext antippt, springt der Cursor im Rätsel in das erste Feld für das Lösungswort. Kleines Manko beim Unterrichtseinsatz: Eine detaillierte Auswertung der Schülerleistungen erfolgt nicht – XWords verrät lediglich, wie oft das Rätsel erfolgreich gelöst wurde. Falls ein Kreuzworträtsel für ein gedrucktes Arbeitsblatt gedacht ist, empfiehlt sich der Export als SVG-Datei, die Sie anschließend in Ihr Textdokument einfügen.

Rätseln und lernen

Beim Einsatz in der Schule kann ChatGPT Ihnen während der Unterrichtsvorbereitung weitere Arbeiten abnehmen, etwa aus Sachtexten oder Sprechertexten zu Unterrichtsfilmen inhaltsbezogene Unterrichtsquize erstellen.

Bevor Sie aber vorschnell auf YouTube als Videoquelle zurückgreifen, sollten Sie das Medienangebot des kommunalen Medienzentrums in Ihrer Region sichten. Dort finden Sie eine Fülle hochwertiger, online verfügbarer Unterrichtsfilme für die rechts-

sichere Verwendung im Unterricht. Zusätzlich zum Film sind hilfreiche, ergänzende Unterrichtsmaterialien im Download-Paket enthalten: fertige Arbeitsblätter für Ihre Schüler, ergänzende Grafiken sowie meist auch der verschriftlichte Sprechertext in Form einer PDF-Datei. ChatGPT kann dieses Script verwenden, um ein Quiz oder Kreuzworträtsel passend zum Film zu erstellen. Kopieren Sie dazu den Sprechertext in die Zwischenablage, wechseln Sie zu ChatGPT und formulieren Sie einen Prompt wie den folgenden:

Erstell aus dem nachfolgenden Text ein Single-Choice-Quiz mit 10 Fragen. Zu jeder Frage sollen vier Antworten gehören.

Fügen Sie den Sprechertext aus der Zwischenablage hinzu und überlassen Sie ChatGPT die weitere Arbeit.

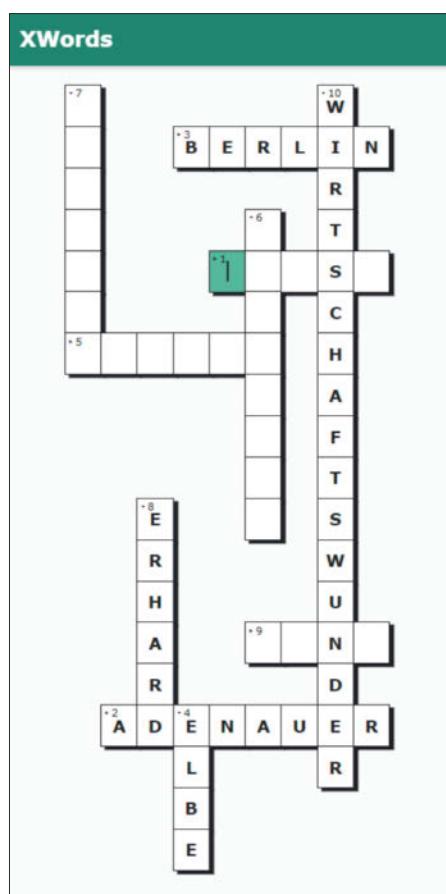
Kahoot und XWords haben sich in der Schule in fast allen Jahrgangsstufen als motivierende Unterrichtswerkzeuge zur Übung und Wiederholung etabliert. Mit einem Quiz oder Rätsel lassen sich Sachtexte oder Unterrichtsfilme im Unterricht spielerisch erschließen.

Wenn die Schüler selbst KI-gestützt Quizfragen zusammenstellen oder Kreuzworträtsel erstellen, lernen sie die Nutzung von ChatGPT als Co-Pilot anhand eines anschaulichen, leicht nachvollziehbaren Ablaufs kennen. Die wichtigste Erkenntnis bei der eigenen KI-assistierten Rätselproduktion: Alle generierten Inhalte müssen stets sorgfältig überprüft werden. ChatGPT liefert oft verblüffend gute Inhalte, aber es können sich auch jederzeit Fehler und Ungenauigkeiten einschleichen. Es gilt die Regel: Wer ein Rätsel veröffentlicht, ist für dessen Inhalt verantwortlich – daher dürfen KI-generierte Fragen und Antworten niemals ungeprüft übernommen werden. (dwi@ct.de) ct

Literatur

- [1] Jo Bager, Instruieren und verifizieren, Tipps und Tools, mit denen Sie Sprachmodelle produktiv nutzen, ct 21/2023, S. 26

Kahoot!, XWords, Rätselbeispiele:
ct.de/yruth



XWords-Kreuzworträtsel lassen sich selbst auf kleinen Smartphone-Displays gut handhaben.

YouTube im Unterricht?

YouTube-Videos sind mit unterschiedlichen Lizzenzen versehen: Außer der Standard-YouTube-Lizenz gibt es die Creative-Commons-Lizenz. Die Nutzung der YouTube-Inhalte – auch der von YouTube Kids und YouTube Music – ist standardmäßig für den privaten, nichtkommerziellen Gebrauch gestattet. Von dieser Einschränkung ausgenommen sind lediglich Inhalte, die der Urheber mit einer Creative-Commons-Lizenz (CC-Lizenz) versehen hat. Im Detail handelt es sich bei YouTube um eine „CC-by“-Lizenz, die eine Verbreitung des Films unter Angabe der Quelle erlaubt. Dazu gehört es laut der US-amerikanischen Non-Profit-Organisation Creative Commons auch, „... abgewandeltes Material zu erstellen, zu vervielfältigen und zu verbreiten.“ (Details siehe ct.de/yruth). Nur YouTube-Videos mit CC-by-Lizenz dürfen im Unterricht eingesetzt und als Grundlage für eigenes Unterrichtsmaterial verwendet werden.

CC-Videos finden Sie in YouTube, indem Sie die Ergebnisse einer Schlagwortsuche im Filtermenü oberhalb der Filmauflistung mit der Einstellung „Crea-

tive Commons“ eingrenzen. Den Sprechertext eines Films – das Transkript – kann man sich in YouTube anzeigen lassen. Der Knopf dafür ist jedoch wenig versteckt: Klicken Sie in der Inhaltsbeschreibung auf „...mehr“, und scrollen Sie nach unten bis ans Ende der Infobox. „Transkript anzeigen“ blendet den Text zum Video neben dem Wiedergabefenster ein. Die Zeitstempel lassen sich über das Dreipunkt-Menü des Transkriptfenseters ausblenden. Mit Copy/Paste gelangt der Text in ChatGPT, um ihn für Aufgabenstellungen zu verwenden.

Bei der Suche nach geeigneten YouTube-Filmen mit Creative-Commons-Lizenz ist allerdings ein wenig Vorsicht geboten: Beim Wiedergeben eines Films innerhalb der gefilterten Creative-Commons-Auflistung unterbreitet YouTube in einer Seitenleiste wie gewohnt weitere Vorschläge. Diese unterliegen jedoch nicht unbedingt der CC-Lizenz. Da hilft nur, mit der browser-eigenen Navigation zur Suche zurückzukehren und die Recherche von der Liste der gefilterten Ergebnisse aus fortzusetzen.



Bild: KI Midjourney | Collage c't

Will it run Doom?

Doom auf einem grafikfähigen Taschenrechner installieren

Nerds aus aller Welt portieren den Code des Ballerspielklassikers Doom auf jedes erdenkliche Gerät und beantworten die Frage, ob es Doom abspielt. Wir sind da keine Ausnahme und erklären, wie Sie auf einen TI Nspire CX CAS Doom zocken können.

Von Wilhelm Drehling

Auf Knopfdruck startet das Spiel. Die Buchstaben DOOM zerfließen auf dem Bildschirm und der pixelige Startraum erscheint. Doomguy zückt die Pistole und los gehts. Eine Tür geht auf und die ersten Gegner erwidern das plötzliche Eindringen mit Schüssen. Alles wirkt vertraut, so echt, dabei spielen sich die Szenen nicht am Computerbildschirm ab, sondern auf dem eines Taschenrechners.

Kein Witz: Wir haben einen mehr als zehn Jahre alten Taschenrechner aus seinem Winterschlaf erweckt und hauchen ihm ein neues Leben als nerdige Spielekonsole ein. Und welches Spiel eignet sich zum Ausprobieren besser als der Klassiker Doom, der getreu dem Internetphänomen „Will it run Doom?“ (zu Deutsch: Spielt es Doom ab?) auf so gut wie jedem Gerät läuft (siehe Kasten „It runs Doom!“)?

Frisch aus
c't Nerdistan

ct kompakt

- Der Taschenrechner Nspire CX CAS von Texas Instruments ist zwar schon in die Jahre gekommen, hat aber ein Touchpad und ein Farb-LCD.
- Damit man Spiele wie Doom darauf installieren kann, muss man den Taschenrechner zuvor jailbreaken.
- Erschwerend hinzu kommt, dass das Programm für die Übertragung der Daten zehn Jahre alt ist.

Als Testobjekt dient der Taschenrechner Nspire CX CAS von Texas Instruments, ein grafikfähiger Rechner mit vielen Visualisierungsfunktionen und einem Touchpad. Er verfügt über ein 16-Bit-Farb-LCD mit 320×240 Pixeln, rund 100 MByte Speicher und einen ARM962EJ-S-Prozessor mit 132 MHz. Stolze 150 Euro kostete der Rechner damals neu und trotz seines Alters erzielt er auf dem Gebrauchtmarkt immer noch Preise von 70 bis 80 Euro.

Damit Anwendungen auf dem Nspire laufen können, für die er eigentlich nicht gedacht ist, müssen Sie den Taschenrechner jailbreaken. Danach können Sie Spiele wie Doom, Quake und Pokémon oder auch nützlichere Dinge wie Linux darauf ausführen. Zwar mag für solche Zwecke ein Raspberry besser geeignet sein, dafür wartet der Taschenrechner mit einem gewissen Nerd faktor auf.

Startschwierigkeiten

Damit Sie den Jailbreak und die Doom-Spieldateien auf den Taschenrechner laden können, benötigen Sie das uralte Transferprogramm TI-Nspire Computer Link, das Sie direkt vom Hersteller bekommen (siehe ct.de/yjnb). Der Anschluss des Rechners an den PC klappt über ein USB-Mini-Kabel.

Das Transferprogramm überträgt zwar zuverlässig Dateien zum Taschenrechner, aber das wars auch schon. Unter macOS Monterey wirkt die grafische Oberfläche matschig und Buchstaben laufen ineinander. Unter Windows 10 ist die Optik zwar besser, aber das Programm startet nur nach Lust und Laune; manchmal bleibt es beim Ladebildschirm hängen und lässt sich dann nur per Task-Manager deaktivieren.

Sollte bei Ihrem Windows 10 das Programm ein ähnliches Verhalten aufweisen, können Sie die Chancen auf einen erfolgreichen Start mit ein paar Handgriffen verbessern. Öffnen Sie dazu den Speicherort, an dem die EXE-Datei von Computer Link liegt. Diesen erreichen Sie über Rechtsklick auf die Desktopverknüpfung des Programms und mit Klick auf „Dateipfad öffnen“. Anschließend öffnen Sie mit Rechtsklick auf die EXE-Datei und Einstellungen ein Kontextmenü, in dem Sie die Kompatibilität anpassen können. Wählen Sie den gleichnamigen Reiter oben in der Leiste aus, setzen einen Haken bei „Kompatibilitätsmodus“ und wählen „Windows Vista (Service Pack 2)“ aus. Mit einem Klick auf „Übernehmen“ und danach auf „OK“ schließen Sie das Fenster.

Manchmal setzt Windows von sich aus noch einen Haken bei „In Bildschirmauflösung 640×480 ausführen“. Wenn Sie nicht wollen, dass Ihr Bildschirmfenster beim Start auf wenige Pixel zusammenschrumpft, sollten Sie diesen Haken entfernen (siehe Screenshot auf S. 148). Nun startet das Programm weitaus zuverlässiger, sollte es sich trotzdem mal aufhängen, können Sie es über den Task-Manager beenden und Ihr Glück erneut versuchen.

Noch eine Sache: Beim erstmaligen Start unter Windows verlautet die Firewall in Warnmeldungen, dass ein paar Funktionen des Programms blockiert wurden. Das ist nicht weiter tragisch, es geht um ein paar Zugriffe, die für die Nutzung des Programms keine Rolle spielen. Sie kön-



Ein Jailbreak später kann der Taschenrechner extra Programme wie Doom ausführen. Ton gibt es nicht, aber das steht dem Spielspaß nicht im Wege.

nen bei beiden Fenstern einfach den Haken bei „Öffentliche Netzwerke“ herausnehmen und anschließend auf „Abbrechen“ klicken.

Betriebssystem upgraden

Nachdem das Programm einsatzbereit ist, können Sie Dateien von dem PC auf den Rechner schieben. Doch bevor Sie das mit dem Jailbreak und Doom machen, müssen Sie vermutlich das Betriebssystem des Ta-

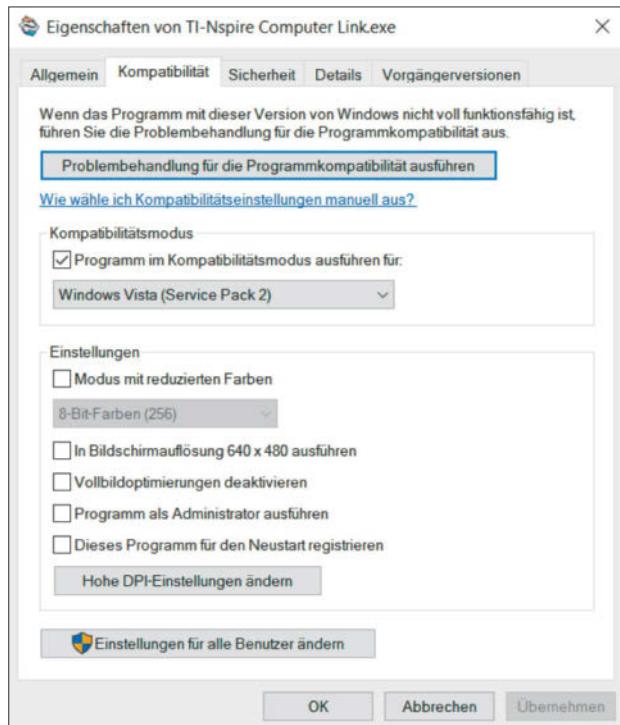
It runs Doom!

Wenige Jahre nach der Veröffentlichung von Doom gab 1999 das damalige Entwicklerstudio id Software den Code zur Doom Engine frei. Von nun an konnte jeder den Code für nichtkommerzielle Zwecke verwenden und nach Belieben verändern. Das war die Geburtsstunde eines Memes – eines Internetwitzes – mit dem Ziel, Doom auf jedem erdenklichen Gerät zum Laufen zu bringen.

Alles, was ein Bildschirm besitzt, dingt sich als Spielkonsole für Doom an: von Smart Watches über Haushaltsgeräte wie Mikrowellen bis hin zu Digitalkameras, MP3-Players und Smartphones. Auch ungewöhnliche Optionen, wie ein

Geldautomat, ein Schwangerschaftstest (da wurde aber ein bisschen geschummelt und Hardware getauscht) oder Ikea-Lampen blieben nicht verschont. Die MIT-Studentin Lauren Ramlan hat sich sogar daran versucht, Doom auf e-Coli-Bakterien darzustellen. Der Spielspaß hält sich aber in Grenzen, wenn sich das Bild alle acht Stunden aktualisieren würde.

Das Meme lebt und wächst dank einer fleißigen Community weiter. In einem Subreddit teilen Nutzer aus aller Welt ihre Erfolge. Links zu den aufgezählten Eroberungen von Doom finden Sie unter ct.de/yjnb.



Unter Windows gleicht der Start von Computer Link einem Glücksspiel: Ihre Chancen verbessert aber die Änderung der Kompatibilität auf „Windows Vista (Service Pack 2)“.

schenrechners updaten. Denn der Jailbreak funktioniert nicht für jede Version: Die letzte kompatible Version, auf die der Jailbreak läuft, ist 4.5.4.48.

Welche Betriebssystemversion der Taschenrechner verwendet, erfahren Sie, indem Sie im Homescreen auf „Einstellungen“ gehen und dann auf „Status“ klicken; dort finden Sie die Versionsnummer (siehe Screenshot unten). Sollte Ihr Taschenrechner eine neuere Version wie zum Beispiel 4.5.5.79 haben, ist der Taschenrechner für den verwendeten Jailbreak nicht länger geeignet. Eine Sperre in den höheren Versionen verhindert ein Downgrade auf eine ältere Version. Selbst ein Reset auf Werkseinstellung inklusive Neuinstallation eines älteren Systems trickst die Sperre nicht aus. Sie müssten also leider auf eine dies umschifffende Version des Jailbreaks warten.

Sollte dagegen die Betriebssystemversion unter 4.5.4.48 liegen, können Sie den Taschenrechner auf genau diese Version upgraden. Es ist ohnehin ratsam, auf die letzte Version zu wechseln, die mit dem Jailbreak kompatibel ist. Damit haben wir den Jailbreak ausführlich getestet und für gut befunden.

Die Betriebssystemversion 4.5.4.48 bekommen Sie von der Webseite tiplanet.org. Das Taschenrechnerforum enthält nicht nur sehr viele Spiele für den Nspire, sondern auch ein Archiv aller OS-Versionen. Von dort laden Sie die Version 4.5.4.48

herunter (siehe ct.de/yjnb), das ist eine Datei mit der Endung .tcc von knapp 14 MByte.

Die Datei stammt zwar laut Windows aus keiner vertrauenswürdigen Quelle, die Gefahr hält sich aber in Grenzen, da der Taschenrechner weder Bluetooth noch einen Internetzugang hat und Sie die Datei nicht auf Ihrem Computer ausführen müssen. Wir haben die Datei vorsorglich durch den Scanner von VirusTotal gejagt, der nichts zu meckern hatte.

Starten Sie nun Computer Link – wenn nicht schon geschehen –, um das Betriebssystem zu aktualisieren. Die Oberfläche besteht aus zwei sehr großen Fenstern: Oben zeigt es Ihre Dateien an und unten die vom Taschenrechner. Unten rechts



Über Einstellungen/Status im Taschenrechner lässt sich die aktuelle Betriebssystemversion des Taschenrechners anzeigen.

über das Taschenrechnersymbol können Sie den via Kabel verbundenen Taschenrechner auswählen.

Nun wählen Sie im oberen Fenster den Ordner aus, in dem die Datei mit der neuen Betriebssystemversion liegt und ziehen Sie diese via Drag & Drop einfach vom oberen Fenster ins untere Fenster. Computer Link fragt nach, ob Sie nun ein Betriebssystemupdate durchführen wollen. Bestätigen Sie das. Anschließend ploppt auf dem Taschenrechner ein Fenster mit der Info auf, dass das Update läuft. Dafür benötigt der Rechner einen Akkustand von Minimum zehn Prozent, sonst moniert Computer Link, der Akkustand sei zu niedrig. Nach ein paar Minuten startet der Taschenrechner neu. Anschließend wählen Sie auf dem Rechner Sprache und Schriftgröße aus – fertig ist das Update.

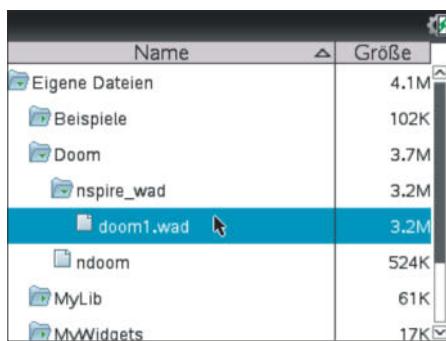
Taschenrechner knacken

Damit Sie nicht proprietäre Software auf dem Taschenrechner laufen lassen können, muss er jailbreakt werden. Die Aufgabe übernimmt das Programmchen Ndless. Es handelt sich dabei um ein Open-Source-Projekt von Fabian Vogt, mit dem man alten Taschenrechnern einen neuen Sinn verleihen kann. Mit Ndless sind Hunderte von Spielen und Programmen auf dem Taschenrechner ausführbar. Die Webseite hackspire enthält eine Anleitung für Entwickler, damit diese eigene Software für den TI Nspire schreiben können (sämtliche Links dafür finden Sie unter ct.de/yjnb).

Auf der GitHub-Seite des Projekts laden Sie die neueste Datei als Zip herunter, in unserem Fall war es ndless-r2019.zip (siehe ct.de/yjnb). Entpacken Sie das Zip-Archiv an einem Ort Ihrer Wahl. Im dabei entstehenden Verzeichnis befinden sich mehrere Dateien, davon sind drei relevant: ndless.cfg.tns, ndless_resources.tns und der Installer ndless_installer_4.5.3-4.5.4.tns.

Erstellen Sie über Computer Link einen neuen Ordner im Taschenrechner (Rechtsklick, „neuer Ordner“) und geben Sie ihm beispielsweise den Namen „Ndless“. Wählen Sie im oberen Fenster von Computer Link die Datei mit dem Inhalt von Ndless aus und schieben Sie wie schon zuvor beim Betriebssystemupgrade die Dateien auf den Taschenrechner.

Navigieren Sie anschließend im Taschenrechner auf „Eigene Dateien“ und wählen Sie den von Ihnen erstellten Ordner „Ndless“ aus. Klicken Sie auf die Ins-



Auf dem Taschenrechner starten Sie Doom über den Ordner nspire_wad mit einem Klick auf doom1.wad.

taller-Datei (ndless_installer_4.5.3-4.5.4). Nach ein paar Sekunden bestätigt er oben links auf dem Bildschirm in grüner Schrift „ndless installed“ die erfolgreiche Installation.

Zeit für DOOM!

Jetzt können Sie alles installieren, was Ihr Herz begehrte: Tetris, Pac-Man, Super Mario oder wie schon mehrfach im Artikel erwähnt: DOOOOOM – zu Ehren des Spiels, das vor Kurzem 30 Jahre alt wurde. Spiele bekommen Sie von TI-Planet oder ticalc.org, beide Seiten werden von Ndless empfohlen (siehe ct.de/yjnb).

Doom laden Sie von ti-planet.org herunter. Das Zip-Archiv (etwa 2,5 MByte) haben wir auch von VirusTotal prüfen lassen, es gab wieder keine Bedenken. Entpacken Sie die Zip-Datei; für Doom sind die darin enthaltene Datei ndoom.tns und der Ordner nspire_wad nötig. Ähnlich wie schon beim Betriebssystemupdate oder beim Jailbreak schieben Sie die Dateien über Computer Link auf den Taschenrechner.

Navigieren Sie im Taschenrechner zum Ordner, in den Sie Doom abgelegt haben. Wählen Sie dort den Ordner nspire_wad aus und klicken Sie auf die Datei doom1.wad. Es sollte sich ein Fenster öffnen und das Banner DOOM zeigen. Eine Beschreibung, wie das Spiel funktioniert, wird kurz nach Start eingeblendet. In aller Kürze: Doomguy bewegen Sie mit dem Touchpad, Türen öffnen Sie mit der Taste Enter und mit „del“ oder „ctrl“ ballern Sie los. Die Waffen wechseln Sie mit den ersten Buchstaben der Tastatur. Ein kleines Video, wie Doom auf dem Taschenrechner läuft, haben wir unter ct.de/yjnb verlinkt.

Zwei Tipps noch: Den Kontrast schrauben Sie über die Wipp-Tasten „+“

und „-“ nach oben oder unten. Das Display ist winkelabhängig, am besten funktioniert es, wenn Sie den Taschenrechner beim Spielen leicht nach vorne neigen.

Zurücksetzen und letzte Worte

Sollten Sie am Ende nicht mehr glücklich damit sein, den Taschenrechner jailbreakt zu haben, können Sie den Taschenrechner problemlos auf die Werkseinstellungen zurücksetzen. Das geht zum Beispiel im Menü über die Einstellungen und die Option „Werksstandardwerte wiederherstellen“. Eine ausführliche Anleitung finden Sie unter ct.de/yjnb.

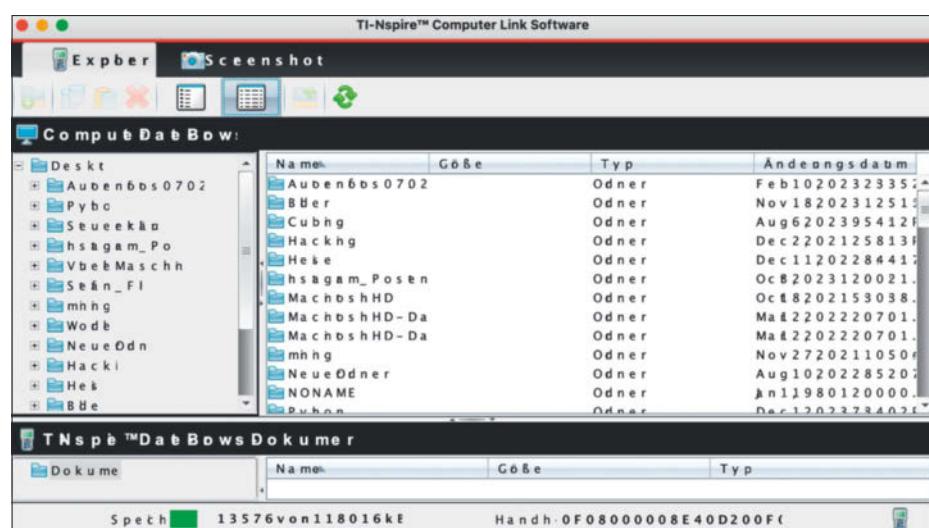
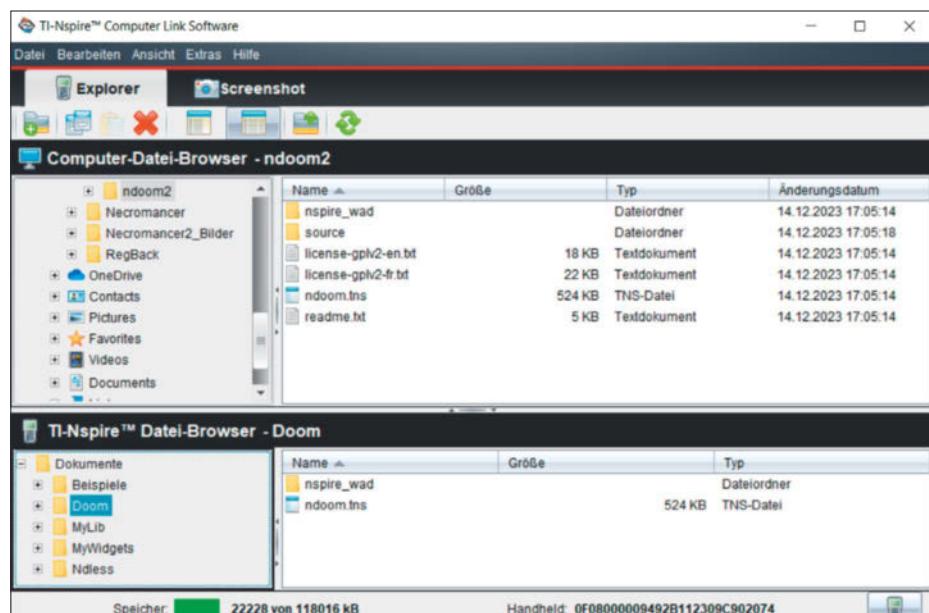
Es kann passieren, dass Sie versehentlich den Taschenrechner über den Reset-Knopf auf dem Rücken des Geräts neu

starten. Das ist kein Weltuntergang, denn die Dateien bleiben gespeichert. Klicken Sie nach dem Hochfahren wieder auf den Ndless-Installer und führen Sie den Jailbreak erneut aus. Danach sollten alle Extra-Programme wie Doom wieder wie gewünscht laufen. Sollte mal der Akku leerlaufen, müssen Sie den Jailbreak erneut durchlaufen.

Abgesehen von Spielen wie Doom, Pokémon oder Super Mario gibt es noch viele weitere Möglichkeiten, den Taschenrechner aufzupimpen. Weitere Software finden Sie in den Archiven der verlinkten Seiten.

(wid@ct.de)

**Jailbreak, Spiele und noch viel mehr:
ct.de/yjnb**



Der Aufbau des Programms unterscheidet sich zwischen macOS (unten) und Windows (oben) kaum, das Aussehen dagegen schon.



Nachverschlüsselt

Linux-Installationen nachträglich verschlüsseln

Verschlüsselte Linux-Installationen verhindern, dass ein Gerätiediebstahl zur Datenschutzkatastrophe mutiert. Doch bei vielen Distributionen geht das nicht, wenn Windows parallel installiert bleiben soll. Mit unserer Anleitung verschlüsseln Sie Ihre Linux-Installation nachträglich und nach entsprechender Vorbereitung im laufenden Betrieb.

Von Mirko Dölle

Verschlüsselte Datenträger sind heute ein Muss. Kaum auszudenken, was ein unehrlicher Finder Ihres Notebooks oder der Einbrecher mit Ihrem PC anstellen könnte, auf wie viele Internetdienste man damit zugreifen könnte und welche Einblicke in Ihre Finanzen und persönlichen Daten er damit bekäme. Auch bei Reklamationen ist es ideal, wenn die Festplatte verschlüsselt ist.

Wofür bei Windows Bitlocker zuständig ist, das erledigt unter Linux das Linux Unified Key Setup, kurz LUKS. Allerdings ist Bitlocker ungleich komfortabler, wenn es darum geht, Datenträger nachträglich zu verschlüsseln: Windows erledigt das mit wenigen Mausklicks im laufenden Betrieb. Unter Linux müssen Sie die Voraussetzungen von Hand schaffen, damit ein bestehendes Dateisystem nachträglich verschlüsselt wird. Allerdings ist das mitunter die einzige Chance, ein Linux voll verschlüsselt zu be-

treiben, denn noch immer weigern sich die Installer mancher Linux-Distributionen, auf Systemen mit parallel installiertem Windows verschlüsselte Dateisysteme anzulegen.

Starthilfe

Der Knackpunkt einer voll verschlüsselten Linux-Installation ist die Bootpartition: Der Linux-Bootloader Grub kann selbst nichts mit verschlüsselten Laufwerken anfangen, weshalb Grub, der Kernel sowie die Initial Ramdisk auf einer unverschlüsselten Partition vorliegen müssen. Die auf heute üblichen UEFI-Systemen vorhandene EFI-Bootpartition genügt dafür nicht, denn dort liegt lediglich der (meist signierte) EFI-Bootloader Shim, der wiederum Grub nachlädt und eben-

ct Hardcore

falls nicht mit verschlüsselten Laufwerken zurechtkommt.

Auch Rechner ohne (aktiviertes) UEFI benötigen eine Bootpartition. Dort steckt im Master Boot Record der Loader-Teil des Bootloaders, der die restlichen Teile des Bootloaders lokalisieren und laden muss. Auch dieser sogenannte Stage 1 Bootloader ist mit maximal 446 Bytes viel zu klein, um mit verschlüsselten Dateisystemen umgehen zu können, weshalb Sie auch in diesem Szenario eine unverschlüsselte Bootpartition benötigen.

Erst der Linux-Kernel enthält die nötigen Treiber zum Entschlüsseln einer LUKS-Partition. Die nötigen Informationen, welche Partitionen überhaupt zu entschlüsseln sind sowie die Programme, die den Anwender nach dem Passwort fragen, stecken in der sogenannten Initial Ramdisk. Wie der Bootvorgang im Detail aussieht, erklärt der Kasten „Verschlüsselt Booten“ für moderne UEFI-Systeme und Rechner im klassischen CSM-Modus.

Die Initial Ramdisk (Initrd) ist ein mit dem Befehl `cpio` verpacktes, komprimiertes Linux-Dateisystem mit den wichtigsten Bibliotheken, Systemprogrammen und hardwarenahen Diensten nebst Konfigurationsdateien. Diesem sind oft Microcode-Updates für AMD- und Intel-Prozessoren vorangestellt, weshalb Sie heutige Initrd-Images nicht mehr einfach mit `cpio` entpacken können. Verwenden Sie stattdessen `unmkinitramfs`, falls Sie einmal einen Blick in Ihre Initial Ramdisk werfen möchten.

Die für ein LUKS-verschlüsseltes Linux essenziellen Teile der Initrd sind das Programm `cryptsetup` mit seinen Bibliotheken und die Konfigurationsdatei `/etc/crypttab` (auf der Initrd im Verzeichnis `/cryptroot`): Sie enthält die Namen der zu entschlüsselnden Laufwerke. Deshalb muss, wenn sich etwas an der Verschlüsselung eines Linux-Systems ändert, auch die Initrd mit dem Befehl `update-initramfs` oder manuell per `mkinitramfs` eine neue Initial Ramdisk erzeugt werden. Bei Kernel-Updates und wenn Sie für den Bootprozess relevante Tools installieren, passt das üblicherweise automatisch.

Abgetrennt

Manche moderne Linux-Distribution wie zum Beispiel Ubuntu 22.04 LTS verzichtet bei einer unverschlüsselten Installation auf eine separate Bootpartition und legt nur noch eine einzelne Partition für das gesamte Linux-System an. Sie müssen sich

also Platz für eine Bootpartition abknappen. Dazu empfehlen wir Ihnen, Ubuntu 22.04 LTS vom USB-Stick als Live-System zu booten. Wir empfehlen Ubuntu deshalb, weil das Live-System bereits mit allen Tools für LUKS ausgestattet ist, die Sie für den Umgang mit verschlüsselten Linux-Systemen benötigen. Bevor Sie jedoch das grafische Programm GParted starten und die Partitionierung verändern, sollten Sie Ihre Daten sichern. Denn geht bei Arbeiten an Partitionen oder Dateisystemen etwas schief oder lassen Sie später das falsche Dateisystem verschlüsseln, sollen sie nicht verlorengehen.

Verkleinern Sie mit GParted die Root-Partition um 1 bis 2 GByte. Dazu benötigen Sie nur wenige Mausklicks. Anschließend legen Sie im freigewordenen Bereich die Bootpartition an. Wählen als Dateisystem `ext4` und geben als Partitionsnamen (`PARTLABEL`) sowie als Bezeichnung (`LABEL`) „boot“ an, dadurch können Sie die Partition anhand ihres Namens leichter einbinden.

Für die nächsten Schritte bemühen Sie das Terminal und mounten das Root-Dateisystem Ihres Linux-Systems im Live-System unterhalb von `/mnt`. Wie der Gerätename lautet, können Sie mithilfe der Befehle `sudo lsblk` oder `sudo blkid` anhand von Größe und Dateisystem ermitteln. Angenommen, Ihre Root-Partition ist `/dev/sda3`, dann lautet der Befehl:

```
sudo mount /dev/sda3 /mnt
```

Benennen Sie das alte Boot-Verzeichnis um und legen Sie stattdessen ein neues Verzeichnis zum Mounten der Bootpartition an:

```
sudo mv /mnt/boot /mnt/boot.old
sudo mkdir /mnt/boot
```

Die gerade eingerichtete Bootpartition binden Sie unterhalb von `/mnt` im Verzeichnis `/boot` Ihres Root-Dateisystems ein:

```
sudo mount LABEL=boot /mnt/boot
```

Nun kopieren Sie den Inhalt des bisherigen Bootverzeichnisses auf die neue Bootpartition:

```
sudo cp -a /mnt/boot.old/* /mnt/boot/
```

Nun müssen Sie noch die Datei `/mnt/etc/fstab` Ihres Root-Dateisystems erweitern, damit beim nächsten Start die neue Boot-

partition unter `/boot` eingebunden wird. Fügen Sie folgende Zeile an:

```
LABEL=boot /boot ext4 defaults 0 2
```

Nach einem Neustart sollte Ihr Linux-System dann die neue Bootpartition korrekt eingebunden haben, was Sie mit `sudo lsblk` prüfen können. Hat das geklappt, können Sie das Verzeichnis `/boot.old` löschen.

Auf Vorrat

Das Linux-System erst nachträglich zuverschlüsseln ist auch eine gute Alternative für Distributionen, deren Installer bei einer Parallelinstallation neben Windows kein verschlüsseltes Setup anbietet, etwa bei Ubuntu und Debian. Sie können sich dann den in [1] beschriebenen Workaround ersparen. Sie sollten dann allerdings unsere Anleitung aus [2] befolgen, um Windows zu verkleinern, ohne dass dies negative Auswirkungen auf die Wiederherstellungspartition hat – die Linux-Installer nehmen darauf nämlich keine Rücksicht.

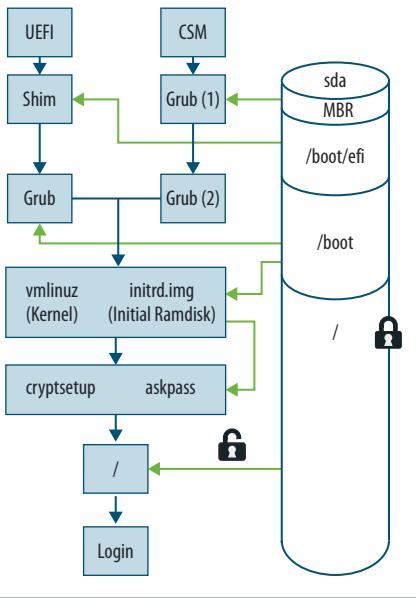
Zurück im Installationsprogramm der gewünschten Linux-Distribution können Sie sich die nachträgliche Verschlüsselung erleichtern, indem Sie zusätzlich zur Root-Partition eine Bootpartition anlegen. Auf eine Swap-Partition sollten Sie möglichst verzichten. Besteht aber der Installer auf einer Swap-Partition, so legen Sie diese besser mit einer Größe von 1 bis 2 GByte an, verzichten vorerst auf die Bootpartition und ersetzen später Swap durch eine Bootpartition.

c't kompakt

- Unverschlüsselte Festplatten sind bei Einbruch oder Diebstahl ein Risiko, enthalten sie doch eine große Menge sehr persönlicher Daten.
- Bei Parallelinstallationen bieten viele Linux-Installer keine Komplettverschlüsselung, Workarounds sind je nach Distribution sehr aufwendig.
- Das Root-Dateisystem nachträglich im laufenden Betrieb zu verschlüsseln ist eine gute Alternative zu Workarounds während der Installation und für bestehende Systeme.

Verschlüsselt booten

Die Bootloader Shim und Grub können nicht mit verschlüsselten Dateisystemen umgehen, weshalb Bootloader, Kernel und Initial Ramdisk auf einer unverschlüsselten Boot-Partition liegen müssen. Erst die Initial Ramdisk kann das Root-Dateisystem per cryptsetup entschlüsseln und einbinden.



Ausgetauscht

Eine eigenständige, unverschlüsselte Swap-Partition ist ein Sicherheitsrisiko, diese sollten Sie unbedingt löschen, bevor Sie Ihr Linux-System verschlüsseln: Denn dort könnte zu irgendeinem Zeitpunkt der kryptografische Schlüssel zwischengespeichert werden und schlimmstenfalls für Wochen und Monate herumliegen, bevor der Swap-Bereich irgendwann wieder in Anspruch genommen und der Schlüssel überschrieben wird. Angreifer könnten in der Zwischenzeit bei ausgeschaltetem Rechner nach dem Schlüssel oder Schlüsselfragmenten suchen und so Zugriff auf das verschlüsselte System bekommen. Deshalb sollten Sie einfach eine Swap-Datei auf Ihrem künftig verschlüsselten Root-Dateisystem statt auf einer unverschlüsselten Swap-Partition verwenden.

Bei der Umwandlung einer Swap- in eine Bootpartition beginnen Sie damit, im laufenden, noch unverschlüsselten System eine 2 GByte große Swap-Datei im Root-Dateisystem anzulegen. Dazu geben Sie folgenden Befehl im Terminal ein:

```
sudo dd if=/dev/zero of=/swap \
bs=1M count=2048
```

Wichtig ist, dass nur Root Zugriff darauf bekommt:

```
sudo chmod 600 /swap
```

Anschließend formatieren Sie die Datei als Swap-Bereich:

```
sudo mkswap /swap
```

Die nächsten Schritte sind, die aktuell benutzte Swap-Partition zu deaktivieren und stattdessen die Swap-Datei zu nutzen:

```
sudo swapoff -a
sudo swapon /swap
```

Anschließend passen Sie den Eintrag für die Swap-Partition in der Datei /etc/fstab an, sodass künftig die Swap-Datei und nicht mehr die Swap-Partition benutzt wird:

```
/swap none swap sw 0 0
```

Um aus der früheren Swap-Partition eine Bootpartition zu machen, bemühen Sie wiederum den Ubuntu-Live-Stick. Dort starten Sie das grafische Partitionierungsprogramm GParted, löschen die alte Swap-Partition und legen stattdessen eine Bootpartition in der gleichen Weise an, wie wir es zuvor bei einer verkleinerten Root-Partition beschrieben haben. Der Abschluss ist, dass Sie die Bootpartition in die /etc/fstab eingetragen, das noch unverschlüsselte Linux-System zur Kontrolle neu gestartet und schließlich das alte Bootverzeichnis gelöscht haben.

Mit Köpfchen

Die Besonderheit von LUKS-verschlüsselten Laufwerken ist, dass sie mit der Zeichenfolge „LUKS“ als sogenannte Magic Bytes gekennzeichnet sind und einen Kopfbereich (LUKS Header) mit einer Schlüsselverwaltung für bis zu 32 Benutzer besitzen. Die Ver- und Entschlüsselung des dahinter liegenden Datenbereichs, der ausschließlich aus ungekennzeichneten verschlüsselten Daten besteht, übernimmt dm-crypt (Device Mapper, „Crypt“).

Wie groß der LUKS-Header einer bestehenden verschlüsselten Partition ist, können Sie leicht mit den Befehl sudo cryptsetup luksDump gefolgt vom Gerätename ermitteln. Sie finden die Angabe

unter offset in der Rubrik Data segments; es sind standardmäßig 16 und maximal 32 MByte.

Für die Umwandlung Ihrer Root-Partition in eine LUKS-Partition müssen Sie an deren Anfang 32 MByte Platz für den LUKS-Header schaffen, erst dahinter dürfen die verschlüsselten Daten stehen.

Da die Partition komplett vom Root-Dateisystem belegt ist, müssen Sie damit beginnen, nur das Dateisystem, nicht aber die Partition um mindestens 32 MByte zu verkleinern. Diese Funktion bietet GParted jedoch nicht, weshalb Sie im Ubuntu-Live-System auf das Kommandozeilenprogramm resize2fs im Terminal ausweichen müssen:

```
sudo e2fsck -f /dev/sda3
sudo resize2fs /dev/sda3 500G
```

Der erste Befehl überprüft das Dateisystem auf /dev/sda3 auf Fehler und muss vor Änderungen aufgerufen werden. Mit dem zweiten Befehl verkleinern Sie das Ext-Dateisystem von /dev/sda3 auf 500 GByte.

Schlüsseldienst

Als Nächstes stoßen Sie die Umwandlung der Root-Partition in ein LUKS-Laufwerk an:

```
sudo cryptsetup reencrypt --encrypt \
--init-only --reduce-device-size 32m \
/dev/sda3 sda3_crypt
```

Der Parameter `reencrypt` schaltet `cryptsetup` in den Wiederverschlüsselungsmodus, durch `--encrypt` legt es einen neuen LUKS-Header an. Den nötigen Platz dafür beschafft der Parameter `--reduce-device-size 32m` und lagert automatisch die bisher am Anfang liegenden Daten dorthin aus, sodass nichts verloren geht. Durch `--init-only` stoppt `cryptsetup` die Umwandlung jedoch, sobald der LUKS-Header mit der Passphrase zur Entschlüsselung auf /dev/sda3 eingerichtet ist.

Das LUKS-Laufwerk ist, wenn auch noch unverschlüsselt, sofort einsatzbereit und wird auch gleich als Laufwerk /dev/mapper/sda3_crypt eingebunden. Da voll betriebsklar, können Sie es auch gleich wieder auf die maximale Größe bringen:

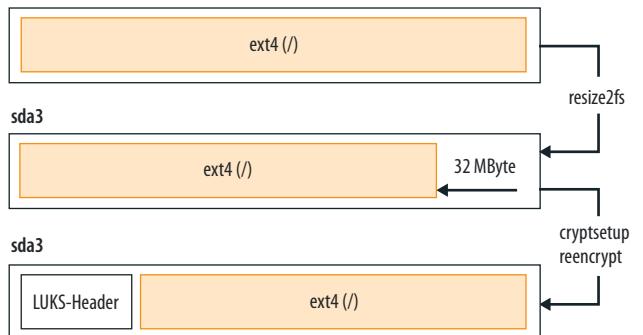
```
sudo e2fsck -f /dev/mapper/sda3_crypt
sudo resize2fs /dev/mapper/sda3_crypt
```

Ab diesem Zeitpunkt bootet Ihr Linux-System nicht mehr, denn noch fehlen

Nachverschlüsselt

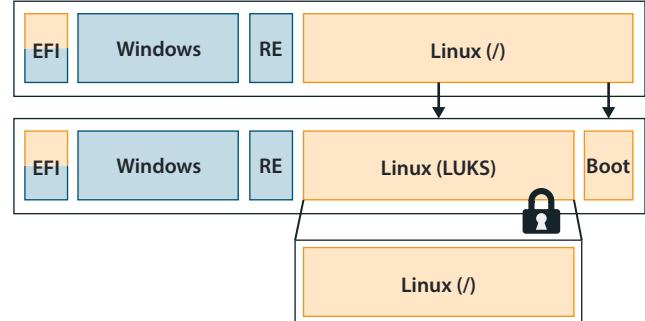
Um auf der Root-Partition Platz für den 16 bis 32 MByte großen LUKS-Header mit seiner Schlüsselverwaltung zu schaffen, wird zunächst das Dateisystem entsprechend verkleinert.

sda3



Ausgebootet

Verschlüsselte Linux-Distributionen benötigen eine unverschlüsselte Bootpartition mit Kernel und Initrd, da die EFI-Loader und der Bootloader Grub selbst keine Laufwerke entschlüsseln können.



`cryptsetup` nebst Tools im Root-Dateisystem sowie in der Initrd, außerdem gibt es noch keine Dateisystemtabelle `/etc/crypttab`, die beschreibt, welche Laufwerke wie entschlüsselt werden sollen. Um das alles nachzurüsten, müssen Sie Ihr Linux-System vollständig unterhalb des Ubuntu-Live-Systems einbinden. Dazu mounten Sie zunächst Root, Boot und die EFI-Partition unterhalb von `/mnt`:

```
sudo mount /dev/mapper/sda3_crypt /mnt
sudo mount /dev/sda2 /mnt/boot
sudo mount /dev/sda1 /mnt/boot/efi
```

Um Ihr installiertes Linux beleben zu können, benötigen Sie noch einige Systemverzeichnisse aus dem Live-System – sonst würde es keine Devices und keine Netzwerkverbindungen finden. Das erledigt folgende Schleife, sie mappt die Verzeichnisse vom Live-System in Ihr Linux-System:

```
for d in dev sys proc tmp; do sudo >
  mount --bind /${d} /mnt/${d}; done
```

Damit können Sie Ihr Linux-System via Changeroot betreten und als erstes `cryptsetup` installieren:

```
sudo chroot /mnt
apt-get install cryptsetup
```

Ermitteln Sie mit dem Befehl `sudo blkid` die UUID von Ihrem entschlüsselten Root-Dateisystem, in den bisherigen Beispielen war das `sda3_crypt`, sowie von dem zugehörigen LUKS-Laufwerk `sda3`. Bearbeiten Sie nun die Datei `/etc/fstab`, etwa mittels `pico`, und aktualisieren Sie dort die UUID

für den Eintrag Ihres Root-Dateisystems. Das sieht dann ungefähr so aus:

```
UUID=321...def / ext4 errors=1
remount-ro 0 1
```

Es fehlt noch der Eintrag zum Entschlüsseln des LUKS-Laufwerks in der Datei `/etc/crypttab`, auch hier verwenden Sie die entsprechende UUID:

```
sda3_crypt UUID=321...def none luks,
discard
```

Damit ist es an der Zeit, neue Initial Ramdisks mit `cryptsetup` an Bord zu bauen, den Bootloader noch einmal neu zu installieren und auch die Bootloader-Konfiguration zu aktualisieren:

```
update-initramfs -c -k all
grub-install
update-grub
```

Dabei dürfen Sie etwaige Fehlermeldungen ignorieren, dass die EFI-Variablen nicht aktualisiert werden können oder dass der Verschlüsselungsalgorithmus nicht bestimmt werden konnte. Gibt es keine weiteren Fehlermeldungen, ist die Umstellung abgeschlossen und Sie können aufräumen. Dazu verlassen Sie zunächst mit `exit` die Changeroot-Umgebung, umounten alle Laufwerke und schließen das LUKS-Laufwerk:

```
exit
for d in dev sys proc tmp boot/efi ; do sudo umount /mnt/${d}; done
sudo cryptsetup close sda3_crypt
```

Fahren Sie das Ubuntu-Live-Linux herunter und booten Sie Ihr reguläres Linux-System. Dabei wird die zuvor eingegebene Passphrase für das LUKS-Laufwerk abgefragt, auch wenn Ihre Daten noch immer nicht verschlüsselt sind. Die finale Verschlüsselung stoßen Sie im Terminal auf dem Desktop mit folgendem Befehl an:

```
sudo cryptsetup reencrypt \
--active-name sda3_crypt
```

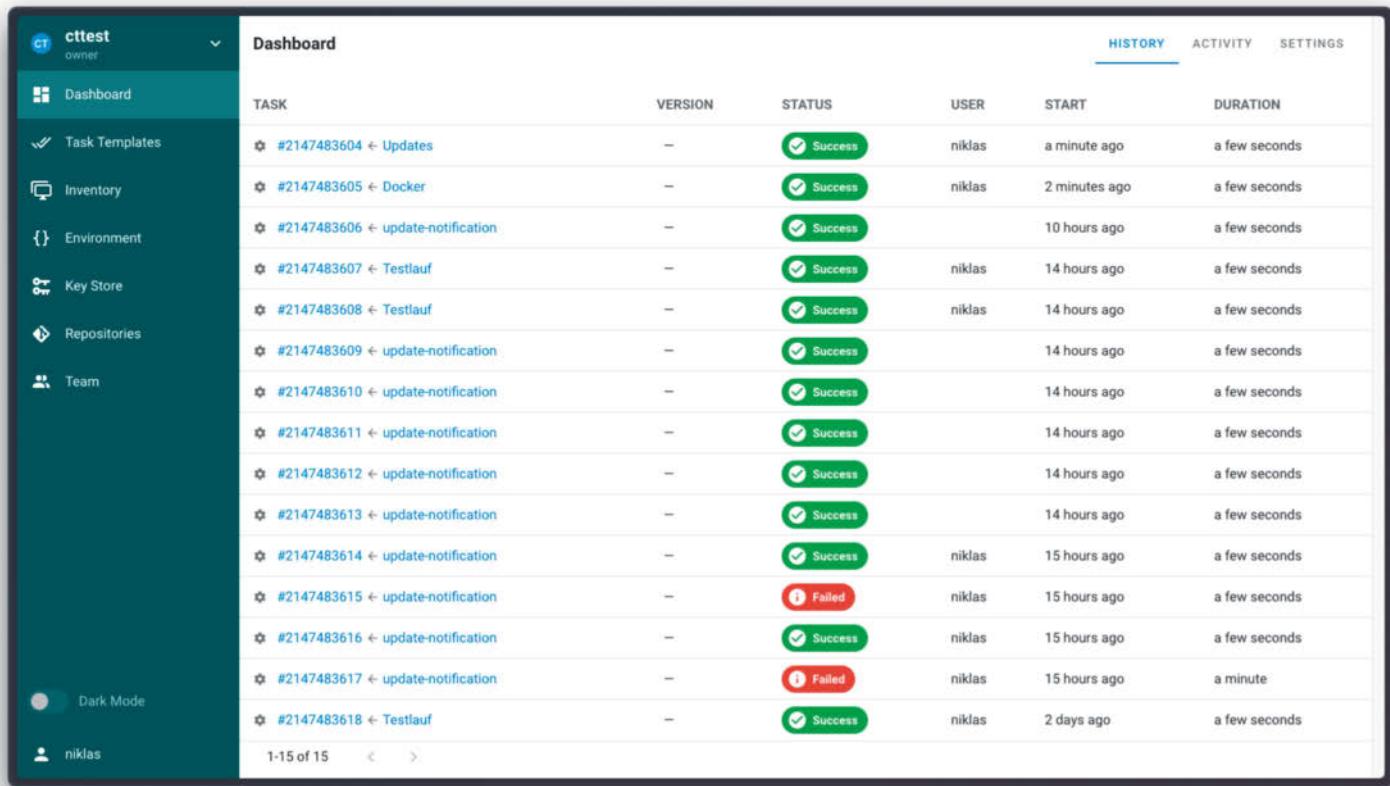
Dieser Vorgang dauert je nach Laufwerksgröße und CPU-Leistung eine oder gar mehrere Stunden. In dieser Zeit dürfen Sie Ihren Rechner ganz normal benutzen – und auch die Verschlüsselung jederzeit mit Strg+C abbrechen, etwa um den Rechner wieder herunterzufahren. Beim nächsten Start geben Sie den letzten Befehl einfach noch einmal ein und setzen damit die Verschlüsselung fort.

So komfortabel wie unter Windows ist die nachträgliche Verschlüsselung eines Linux-Systems zwar nicht, aber deutlich leichter und schneller, als das Root-Dateisystem erst auf ein externes Laufwerk und später zurückzukopieren. Indem Sie bei zukünftigen Linux-Installationen gleich eine Partition als Bootpartition vorsehen, können Sie sich außerdem einigen Aufwand bei einer späteren Umwandlung ersparen.

(mid@ct.de) ct

Literatur

- [1] Mirko Dölle, Mitbewohner, Debian und Ubuntu verschlüsselt neben Windows installieren, c't 18/2022, S. 22
- [2] Axel Vahldiek, Platz da!, Tipps zum Verkleinern der Windows-Partition, c't 18/2022, S. 16



The screenshot shows the Semaphore web interface. On the left is a dark sidebar with navigation links: Dashboard, Task Templates, Inventory, Environment, Key Store, Repositories, Team, Dark Mode, and a user profile for niklas. The main area is titled "Dashboard" and contains a table of Ansible task history. The columns are: TASK, VERSION, STATUS, USER, START, and DURATION. There are 15 tasks listed, all of which have completed successfully ("Success"). The tasks are: #2147483604 + Updates, #2147483605 + Docker, #2147483606 + update-notification, #2147483607 + Testlauf, #2147483608 + Testlauf, #2147483609 + update-notification, #2147483610 + update-notification, #2147483611 + update-notification, #2147483612 + update-notification, #2147483613 + update-notification, #2147483614 + update-notification, #2147483615 + update-notification, #2147483616 + update-notification, #2147483617 + update-notification, and #2147483618 + Testlauf. The tasks were performed by user niklas, starting from a minute ago up to 2 days ago, with durations ranging from a few seconds to a minute.

TASK	VERSION	STATUS	USER	START	DURATION
#2147483604 + Updates	-	Success	niklas	a minute ago	a few seconds
#2147483605 + Docker	-	Success	niklas	2 minutes ago	a few seconds
#2147483606 + update-notification	-	Success		10 hours ago	a few seconds
#2147483607 + Testlauf	-	Success	niklas	14 hours ago	a few seconds
#2147483608 + Testlauf	-	Success	niklas	14 hours ago	a few seconds
#2147483609 + update-notification	-	Success		14 hours ago	a few seconds
#2147483610 + update-notification	-	Success		14 hours ago	a few seconds
#2147483611 + update-notification	-	Success		14 hours ago	a few seconds
#2147483612 + update-notification	-	Success		14 hours ago	a few seconds
#2147483613 + update-notification	-	Success		14 hours ago	a few seconds
#2147483614 + update-notification	-	Success	niklas	15 hours ago	a few seconds
#2147483615 + update-notification	-	Failed	niklas	15 hours ago	a few seconds
#2147483616 + update-notification	-	Success	niklas	15 hours ago	a few seconds
#2147483617 + update-notification	-	Failed	niklas	15 hours ago	a minute
#2147483618 + Testlauf	-	Success	niklas	2 days ago	a few seconds

Schaltzentrale für den Server

Weboberfläche für Ansible mit Semaphore

Pakete aktualisieren, Docker installieren, Server neu starten: Das praktische Kommandozeilenwerkzeug Ansible hilft Admins dabei, nervige Aufgaben zu automatisieren und versetzt Serverflossen in einen reproduzierbaren Zustand. Semaphore erweitert Ansible um eine praktische Weboberfläche.

Von Niklas Dierking

Ansible kümmert sich zuverlässig um Konfigurationsaufgaben, indem es Todo-Listen abarbeitet, die im Ansible-Jargon Playbooks heißen. Auf einem frischen Server installieren Admins so in Windeseile wichtige Pakete und versetzen das System in einen klar definierten Zustand. In [1] und [2] lesen Sie eine Einführung in Ansible und wie Sie mit unserem Ansible-Projekt telerec't eine Reihe von containerisierten Diensten auf einem Heim- oder Mietserver einrichten, die sich bewährt haben.

Üblicherweise läuft Ansible auf dem lokalen System des Administrators (Control-Host). Es kann es sich aber lohnen, Ansible auf ein dediziertes System auszulagern. Beispielsweise, wenn man möchte, dass der Server (Ziel-Host) jede Nacht prüft, ob es Updates gibt und diese einspielt. Als dedizierter Control-Host reicht eine schmale VM oder ein älterer Raspberry Pi in Ihrem Heimnetzwerk.

Das Open-Source-Projekt Semaphore erweitert Ansible um eine Weboberfläche, die als Schaltzentrale für Ihre Serverflotte dient. Für Nutzer, die mit der Kommandozeile weniger vertraut sind, erleichtert Semaphore den Einstieg in die Automatisierung mit Ansible. In diesem Artikel erfahren Sie, wie Sie Semaphore in Betrieb nehmen und damit Aufgaben auf entfernten Systemen ausführen. Ein Grundverständnis für Ansible und SSH ist dafür hilfreich.

Installation

Am einfachsten installieren Sie Semaphore auf einem Ubuntu-Host als Snap-Paket:

```
sudo snap install semaphore
```

Wir haben für unsere Testläufe Ubuntu Server 22.04 LTS genutzt, das wir von einem anderen Rechner im Netz via SSH

bedienen. Snap hat den Vorteil, dass Ansible, die Datenbank BoltDB und weitere Abhängigkeiten mit im Snap-Container stecken und nicht zusätzlich installiert werden müssen. Wenn Sie Snap meiden oder eine andere Linux-Distribution als Ubuntu vorziehen, beschreibt die Semaphore-Dokumentation (ct.de/y4au) weitere Installationswege, beispielsweise mittels Docker, oder Sie laden ein Debian- oder RPM-Paket herunter, installieren Semaphore und eine kompatible Datenbank manuell.

Nach der Installation müssen Sie Semaphore stoppen und ein Benutzerkonto für den Administrator anlegen:

```
sudo snap stop semaphore

sudo semaphore user add --admin \
--login cttest \
--name=Testuser \
--email=cttest@example.com \
--password=geheim
```

Ersetzen Sie cttest durch einen eigenen Benutzernamen und cttest@example.com durch Ihre E-Mail-Adresse. Setzen Sie außerdem ein sicheres Passwort. Damit Ansible seine Arbeit verrichten kann, müssen Sie Zugangsdaten für die Ziel-Hosts in Semaphore hinterlegen. Eine ungeschützte Semaphore-Instanz dient Hackern als Generalschlüssel. Wir raten deswegen dazu, Semaphore nur im lokalen Netzwerk

zu nutzen und nicht in das Internet zu hängen.

Starten Sie Semaphore mit `sudo snap start semaphore`, rufen in Ihrem Browser `http://semaphore-host:3000` auf und melden sich dann mit den zuvor konfigurierten Zugangsdaten an. Ersetzen Sie `semaphore-host` durch den Hostnamen oder die IP-Adresse des Servers, der Semaphore ausführt.

Semaphore anfütern

Als ersten Schritt legen Sie ein Projekt an und benennen es. Projekte dienen in Semaphore dazu, Automatisierungsaufgaben logisch zu trennen, beispielsweise eine Produktions- von einer Testumgebung. Sie können später beliebig viele weitere Projekte hinzufügen. Jetzt begrüßt Sie die Semaphore-Weboberfläche, die mit einigen Informationen gefüttert werden will, bevor Sie Ihr erstes Playbook ausführen.

Statten Sie zuerst dem Key Store einen Besuch ab, den Sie über die Seitenleiste auf der linken Seite des Fensters erreichen. Er verwaltet Zugangsdaten für Ziel-Hosts und Git-Repositorien. Ansible führt Aufgaben auf Ziel-Hosts mittels SSH aus.

Dabei sollten Sie die Authentifizierung mittels SSH-Schlüsseln stets Passwörtern vorziehen. Damit das klappt, müssen Sie private SSH-Schlüssel in Semaphore hochladen, die als Gegenstück zu den öffentlichen Schlüsseln auf den

c't kompakt

- Ansible kümmert sich um Konfigurationsaufgaben und Automatisierung, hat aber eine steile Lernkurve.
- Semaphore stellt Ansible eine Weboberfläche zur Seite, die den Einstieg in Ansible erleichtert und dabei hilft, die eigene Serverflotte im Griff zu behalten.
- Wir zeigen, wie Sie Semaphore installieren, Tasks für Ansible erstellen und zu festgelegten Zeitpunkten ausführen.

Ziel-Hosts dienen. Schützen Sie Ihre Semaphore-Instanz gut. Eine kompromittierte Instanz ist eine Art Generalschlüssel für Angreifer.

Legen Sie einen Eintrag vom Typ „SSH Key“ an, fügen den privaten Schlüssel ein und geben ihm einen Namen. Wie Sie SSH-Schlüsselpaare erstellen und verwalten, lesen Sie in [3]. Die Anmeldung erfolgt standardmäßig mit dem Benutzer root. Wenn Ansible sich als ein anderer Benutzer anmelden soll, müssen Sie bei der Erstellung des Eintrags in Semaphore den korrekten Benutzer angeben.

Für Ziel-Hosts, auf die Sie via Passwort zugreifen, legen Sie einen Eintrag vom Typ „Login with password“ an und

The image shows two screenshots of the Semaphore web interface. The left screenshot shows the 'Inventory' section where a new inventory named 'Serverflotte' is being created. It includes fields for User Credentials (SSH), Sudo Credentials (Optional), and Type (Static). The static inventory example shows targets: 192.168.1.8, 192.168.1.155, and 192.168.1.216. The right screenshot shows the 'Templates' section where a new template named 'Testlauf' is being created. It includes fields for Name, Description (specifying a ping task to check connectivity), Playbook Filename (ping.yml), Inventory (Serverflotte), Repository (ansible-examples), Environment (None), and Vault Password.

Statt wie bei Ansible üblich auf der Kommandozeile, verwalten Sie Ihre Ziel-Hosts und die zugehörigen Zugangsdaten mit Semaphore über eine Weboberfläche.

Task Templates stehen im Mittelpunkt von Semaphore und enthalten ein Playbook, ein Repository, Variablen (Environment) und Ziel-Hosts (Inventory).

hinterlegen dann Nutzernname und Passwort. Diese Zugangsdaten können auch als Passwort für sudo dienen, wenn Ansible sich als unprivilegierter Benutzer anmeldet und Aufgaben ausführen soll, die Systemverwalterrechte benötigen, beispielsweise bei der Installation von Paketen.

Legen Sie zuletzt noch einen Eintrag vom Typ „None“ an, dem Sie einen beliebigen Namen geben können. Semaphore verlangt, dass Sie jedem Git-Repository, aus dem es die Playbooks herunterlädt, ein Eintrag im Key Store zuordnen. Das gilt auch für öffentliche Repositories, wie unser Beispiel-Repository, das keine Zugangsdaten benötigt. Dafür brauchen Sie später den „None“-Schlüssel.

Wechseln Sie anschließend zum Menü namens Inventory. Hier erstellen Sie eine Liste der Ziel-Hosts. Die Liste entspricht der Inventory-Datei, die Ansible gewöhnlich in /etc/ansible/hosts sucht oder deren Pfad Sie auf der Kommandozeile mit dem Parameter -i übergeben. Eine Inventory-Datei vom Typ „Static“ im Ini-Stil sieht beispielsweise so aus:

```
[hosts]
192.168.1.101
192.168.1.102
192.168.1.103
```

Zusätzlich müssen Sie das Inventory benennen und eine der zuvor konfigurierten Authentifizierungsmethoden angeben.

Wechseln Sie jetzt in das Environment-Menü. Environments enthalten Variablen, mit denen Sie Playbooks weiter

anpassen können. Für jeden Task, den Sie mit Semaphore ausführen, müssen Sie ein Environment angeben, auch wenn Sie keine Variablen definieren wollen. Also richten Sie ähnlich wie beim „None“-Schlüssel ein leeres Environment ein. Tragen Sie dafür beim Erstellen einfach {} in den Feldern „Extra variables“ und „Environment variables“ ein und vergeben einen Namen.

Als letzte Zutat braucht Semaphore noch eine Quelle an Playbooks. Um die zu versionieren und gemeinsam zu bearbeiten ist es üblich, sie in GitHub-Repositorien abzulegen. Damit Sie sich mit Semaphore vertraut machen können, haben wir ein öffentliches GitHub-Repository mit einer Reihe simpler Beispiel-Playbooks erstellt. Das können Sie natürlich auch forken, um die Playbooks anzupassen.

Legen Sie in Semaphore im Menü namens Repositories einen neuen Eintrag an. Vergeben Sie einen Namen, beispielsweise ansible-examples, fügen Sie die URL des Repository (<https://github.com/ndi-ct/ansible-examples>) oder Ihres Forks ein und weisen Semaphore an, den Branch namens „main“ zu nutzen. Weil es ein öffentliches Repository ist, reicht der zuvor konfigurierte Access Key „None“. Wenn Sie später mit Semaphore private Git-Repositories anzapfen wollen, müssen Sie den entsprechenden SSH-Schlüssel im Key Store hinterlegen.

To-do-Liste abhaken

Semaphore hat jetzt alle nötigen Informationen, damit Ansible loslegen kann. Erstellen Sie im Menü namens Task Tem-

plates ein neues Template, indem Sie auf „Create Template“ klicken. Für einen Testlauf bietet sich das integrierte Ping-Modul ansible.builtin.ping von Ansible an. Ping prüft, ob Ansible eine SSH-Verbindung zu den Zielservern aufbauen kann und ob Python installiert ist. Wenn nicht, gibt Ping eine Fehlermeldung aus.

Das Playbook mit dem Namen ping.yml umfasst nur wenige Zeilen YAML-Code und steckt mit im Beispiel-Repository:

```
---
- hosts: all
  tasks:
    - ansible.builtin.ping:
```

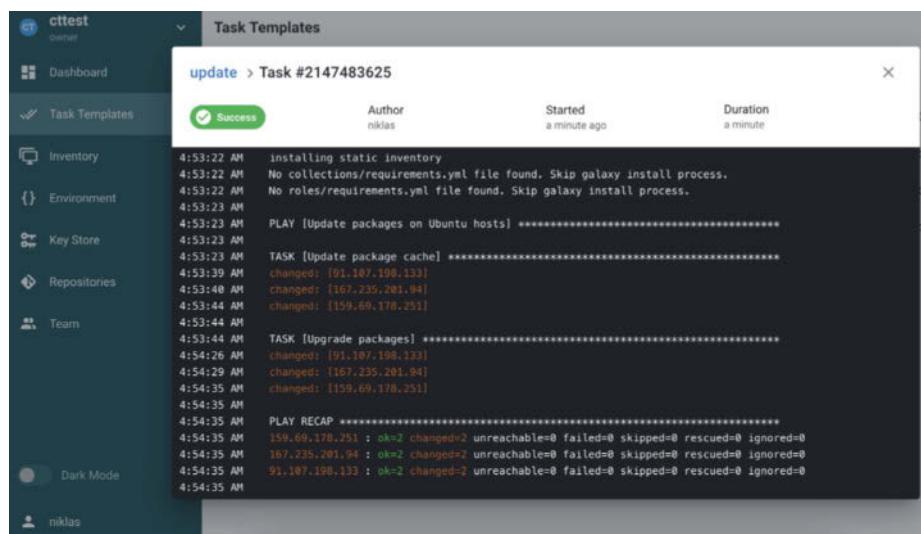
Semaphore unterteilt Task Templates mit drei verschiedenen Labels. „Task“ bietet sich für Administrations- und Konfigurationsaufgaben an. „Build“ ist für die Integration von Semaphore in CI/CD-Pipelines und „Deploy“ eignet sich für komplexere Softwareinstallationen, beispielsweise für einen Verbund von Docker-Containern, wie im telerec't-Projekt.

Der Ping-Testlauf passt am besten zu „Task“. Geben Sie dem Task Template einen Namen, beispielsweise „Testlauf“. Außerdem müssen Sie den Namen des Playbooks (ping.yml), sowie das Inventory, das Repository und das Environment so wie im Screenshot auf Seite 155 definieren. Die restlichen Angaben sind optional, beispielsweise Kommandozeilenparameter (CLI Args) wie --become, wenn die Tasks Systemverwalterrechte benötigen.

Klicken Sie in der Liste der Task Templates jetzt auf den Namen Ihres Templates und anschließend auf die Schaltfläche „Run“. Die zusätzlichen Optionen „Debug“, „Dry Run“ und „Diff“ können Sie erst mal ignorieren. Sie helfen bei Testläufen und der Fehlersuche, sollte ein Playbook mal nicht funktionieren.

Jetzt können Sie sich zurücklehnen und Ansible bei der Arbeit über die Schulter schauen. Zunächst fischt Ansible das Playbook ping.yml aus dem konfigurierten GitHub-Repository. Danach führt es den Task ansible.builtin.ping aus. Wurde der Task auf dem Zielserver erfolgreich abgeschlossen, quittiert Ansible das in der Ausgabe mit ok:

```
TASK [ansible.builtin.ping] ***
ok: [192.168.1.101]
ok: [192.168.1.102]
ok: [192.168.1.103]
```



Wenn Sie einen Task in Semaphore anschieben, kann man Ansible in einem Ausgabefenster bei der Arbeit zusehen.

Wiederkehrende Aufgaben

Eine Semaphore-Instanz eignet sich besonders gut, um wiederkehrende Aufgaben auf Ziel-Hosts zu automatisieren. Um das zu zeigen, nutzen wir ein simples Playbook namens `updates.yml`, das mit dem Paketmanager `apt` prüft, ob neue Updates vorliegen, diese installiert und nicht mehr benötigte Pakete entfernt:

```
---
- name: Update packages via apt
  hosts: all
  gather_facts: true

  tasks:
    - name: Update package cache
      apt:
        update_cache: yes

    - name: Upgrade packages
      apt:
        upgrade: dist
        autoclean: yes
```

Erstellen Sie ein weiteres Task Template nach dem Vorbild des Ping-Beispiels, aber tragen Sie diesmal bei „Playbook Filename“ den Namen `updates.yml` ein. Um die Aufgabe zu terminieren, müssen Sie einen Zeitpunkt bei „Cron“ eintragen, beispielsweise `03***`, um die Aufgabe jeden Tag um 3 Uhr auszuführen. Wenn Sie Schwierigkeiten haben, Ihren

Wunschzeitpunkt in eine Cron-Expression zu übersetzen, hilft das Onlinetool crontab guru, das wir unter ct.de/y4au verlinkt haben. Semaphore führt das Playbook ab jetzt stets zum konfigurierten Zeitpunkt aus.

Um Administratoren über den Status von Aufgaben zu informieren, kann Semaphore Nachrichten an Kanäle im Messenger Telegram verschicken. Das hat bei unserem Testlauf mit der Snap-Variante aber nicht funktioniert. Wenn Sie trotzdem auf dem Laufenden bleiben wollen, können Sie stattdessen eines der integrierten Benachrichtigungsmodule von Ansible nutzen (siehe ct.de/y4au).

Das Playbook mit dem Namen `update-notification.yml` in unserem Beispiel-Repository enthält eine Vorlage, um mittels Webhook eine Nachricht an einen Discord-Server zu schicken:

```
- name: Discord-Notification
  community.general.discord:
    webhook_id: "id"
    webhook_token: "token"
    content: "Software update ↴"
  &complete on {{ ansible_hostname }}." data-bbox="367 404 629 489"/>
```

Sie müssen lediglich die Platzhalter `id` und `token` durch die ID und das Token Ihres Discord-Webhook ersetzen. Die URL, die beide Werte enthält, zeigt Discord an, wenn Sie in den Kanaleinstellungen im Menü „Integration“ einen neuen Web-

hook erstellen. Die ID und das Token folgen auf `webhooks/` und werden durch `/` getrennt. Die Variable `{{ ansible_hostname }}` befüllt Ansible automatisch mit dem Hostnamen.

Fazit

Semaphore erweitert Ansible um eine grafische Benutzeroberfläche, mit der Sie sich im Handumdrehen eine Serverschaltzentrale einrichten. Das erleichtert den Einstieg in die Automatisierung mit Ansible und hilft dabei, die eigene Serverflotte zuverlässig in den gewünschten Zustand zu bringen. Wer eine Ansible-GUI möchte und wem Funktionen von Semaphore nicht mehr ausreichen, sollte einen Blick auf AWX werfen, das als Grundlage für die Red Hat Ansible Automation Platform dient, aber vorrangig für den Betrieb in einem Kubernetes-Cluster gedacht ist.

(ndi@ct.de) 

Literatur

- [1] Klaus Gref und Pina Merkert, Telerec't, Server im Rechenzentrum oder daheim mit Ansible automatisieren, c't 1/2024, S. 150
- [2] Klaus Gref und Pina Merkert, Ordnung im Königreich, Die Grundausrüstung für öffentliche Server – automatisiert mit Ansible, c't 02/2024, S. 154
- [3] Niklas Dierking, Schlüsselmeister, Sicher und komfortabel arbeiten mit SSH, c't 21/2022, S. 172

GitHub-Repository [ansible-examples](https://github.com/ansible-examples),
Semaphore-Dokumentation: ct.de/y4au

Do KI Yourself!

Modelle anwenden und selbermachen



Heft für 14,90 € • PDF für 14,90 € • Bundle Heft + PDF 20,90 €

 shop.heise.de/ix-ki



Bild: Bild: KI Midjourney | Bearbeitung ct

Praxis Dr. Docker

Die Behandlung eines pflegebedürftigen Servers

Updates auf die lange Bank zu schieben, das rächt sich garantiert: Sobald Aktualisierungen von einer veralteten auf die neueste Version nicht mehr direkt vorgesehen sind, geht es nicht mehr ohne mühsame Handarbeit. Das beweist das Behandlungsprotokoll eines containerisierten Setups mit Nextcloud, Rocket.Chat und MongoDB. Tipps, um das künftig zu verhindern, haben wir ebenfalls.

Von Jan Mahn

Die Arbeit von Admins, die zu Server- und Computerproblemen gerufen werden, ähnelt der von Medizinern: Problem eingrenzen, falsche Diagnosen systematisch ausschließen, richtige Diagnose stellen, Therapie wählen und schließlich behandeln. Und wie Ärzte lernen auch Admins am meisten, wenn sie einem erfahrenen Kollegen über die Schulter schauen können – genau das bieten wir Ihnen in diesem Artikel. Wir waren bei einer Behandlung in der Praxis von Dr. Docker dabei und konnten exklusiv das Behandlungsprotokoll eines schwierigen Patienten einsehen: „Mir vorgestellt wird ein Patient mit eindeutigen Symptomen: Die Rocket.Chat-App unter iOS und Android verbindet sich mit einer Fehlermeldung nicht mehr und der Nextcloud-Client beklagt sich über eine veraltete Version des Servers. Der Patient ist vier Jahre alt

und ganz ohne Labor und weitere Diagnostik wird klar: Er leidet unter chronischer Updateverstopfung und hat, wie er in der Anamnese verrät, seit dem Jahr 2021 fast keine Updates mehr zu sich genommen.“

Das ist ein Problem, schließlich steht der kleine virtualisierte Ubuntu-Server mitten im Berufsleben und versorgt über 40 Nutzer mit einer Rocket.Chat-Instanz und einer Nextcloud-Dateiablage. Damit sich die Nutzer nicht mit zwei Benutzernamen und Kennwörtern rumschlagen müssen, spielt Nextcloud OAuth-Server und delegiert die Anmeldung an die Chatanwendung. Im Prinzip ein pflegeleichtes Setup, nur die Updates hat bislang niemand automatisiert.

Ab Mitte Dezember streikt die Rocket.Chat-App und das mit Ansage: Der Hersteller der Software, der auch die Apps

stetig weiterentwickelt, warnte angemeldete Nutzer mit Adminkonten bereits länger mit Einblendungen, dass die Serverversion demnächst nicht mehr funktionieren würde. Ein Blick des erfahrenen IT-Arztes auf die Versionsnummern zeigt: Da handelt der Hersteller definitiv nicht überstürzt; die auf dem Server installierte Version 3.6.3 hat seit Februar 2021 den Supportzeitraum hinter sich gelassen. Bei der MongoDB, die dem Chatserver als Backend dient, sieht das ähnlich aus: Die hängt auf Version 3.6 fest, ebenfalls aus 2021. Etwas besser steht es um die Nextcloud, die installierte Version 24 hatte immerhin bis April 2023 noch Support.

Kopfschüttelnd beendet Dr. Docker die Untersuchung und schreibt ein Rezept für die Therapie: „Verordnet wird eine manuelle Anwendung, die Nextcloud auf die im Dezember 2023 ganz frisch erschienene Version 28 bringt. Rocket.Chat erhält ein Update auf Version 6.5 und MongoDB auf 7.0.“ Krickelkrakel. Stempel.

Nextcloud-Therapie

Die Operation findet nachts unter Vollnarkose statt. Um die einzuleiten, schaltet der Operateur den eingesetzten Reverse-Proxy Traefik ab, der Verkehr an die Container durchstellt.

Die Serverdienste stecken allesamt in Containern, was aber noch lange nicht garantiert, dass Updateverstopfungen für alle Zeiten ausgeschlossen sind. Ums automatisierte Verhindern künftiger Blockaden soll es später gehen, zuerst zur manuellen Therapie gegen die Updateverstopfung. Wenn Sie ein ähnliches Setup planen oder Details nachvollziehen wollen, finden Sie über ct.de/yc61 die Docker-Compose-Datei, welche die Containerzusammenstellung beschreibt – einmal vor und einmal nach der Operation.

Über das Updaten von Nextcloud müsse man wissen, dass Nextcloud mit jeder Hauptversion (auch Major-Version genannt) mindestens einmal hochgefährden sein muss, doziert der Experte. Solche Versionen erscheinen teilweise dreimal im Jahr. Niemals darf zum Beispiel eine Datenbank einer Nextcloud-24-Instanz in Kontakt mit Nextcloud 26 kommen, ohne vorher die 25 gesehen zu haben. Beim Start prüft Nextcloud nämlich, ob das Datenbankschema auf der neuesten Version ist und führt Migrationen aus, welche die Datenbank verändern. Die Prüfung ist leider nicht allzu gründlich: Obwohl sich die Nextcloud-Entwickler

bewusst sind, dass Migrationen über zwei oder mehr Hauptversionen zu Schäden an der Datenbankstruktur führen können und davor auch in der Dokumentation warnen, verhindern die Migrationsskripte sie nicht.

Hat man sich in diese Situation manövriert, bleibt nur eins: In den Logs nach den unweigerlichen Fehlermeldungen suchen, diese in eine Suchmaschine kopieren und sich durch GitHub-Diskussionen arbeiten. Aber so weit soll es beim aktuellen Patienten gar nicht erst kommen. Der Behandlungsplan sieht vor, die Versionen nacheinander zu starten, bis sich der Server mit Nextcloud 28 meldet.

„Zur Sicherheit hätte ich zuerst aber gern ein Backup der Datenbank“, weist der Arzt seinen Patienten an. Für alle folgenden Schritte nutzt er Unterbefehle von docker compose wie docker compose logs und docker compose pull. Die funktionieren jeweils wie docker pull und docker logs, arbeiten aber immer im Kontext des Compose-Projekts und nutzen die Namen der Services, die in der Docker-Compose-Datei definiert sind. Der Nextcloud-Container heißt in diesem Fall nextcloud, seine Datenbank db.

Mit dem folgenden Befehl erzeugt mysqldump innerhalb des Containers eine Sicherung, die direkt auf dem Computer, also außerhalb des Containers, landet:

```
docker compose exec db mysqldump \
--single-transaction -p -u root \
-h localhost nextcloud > dump.sql
```

Das Kommandozeilenprogramm fragt nach dem Kennwort für den Nutzer „Root“ der Datenbank, dann liegt die Sicherheitskopie bereit. „Wenn jetzt was schiefgeht, kann ich den Urzustand wiederherstellen

oder die Datenbank in einer Testumgebung hochfahren und dort Probleme erforschen“, notiert Dr. Docker dramatisch im OP-Protokoll und öffnet die Docker-Compose-Datei.

nextcloud:

```
restart: unless-stopped
image: nextcloud:${NC_VERSION}
environment:
  - MYSQL_HOST=db
  - MYSQL_PASSWORD=${MYSQL_PASSWORD}
  - MYSQL_DATABASE=${MYSQL_DATABASE}
  - MYSQL_USER=${MYSQL_USER}
```

Der Tag (also der Teil hinter dem Doppelpunkt) des Container-Images kommt aus einer Umgebungsvariable namens NC_VERSION. Neben der Docker-Compose-Datei liegt dafür eine Datei mit dem Namen .env und der Zeile NC_VERSION=24. Der Eintrag ist schnell auf 25 geändert, dann lädt das Image mit dem Befehl

```
docker compose pull nextcloud
```

Sobald das erledigt ist, startet folgender Befehl den Container mit der neuen Version:

```
docker compose up -d nextcloud
```

Um live zu sehen, was im Container passiert, gibt es den Befehl docker compose logs mit dem Parameter -f, der neue Logzeilen sofort zeigt:

```
docker compose logs -f nextcloud
```

Die Logs sind vielversprechend: Nextcloud erkennt eine neue Version, startet die Migration, meldet am Ende einen Erfolg. Die nächsten Schritte klappen ebenfalls wie am Schnürchen, sind lediglich etwas monoton: Version ändern, pull, up und logs, bis sich der Server über die Versionen 25, 26, 27 bis zur 28 gehangelt hat. Zum Abschluss noch ein Blick in den Adminbereich der Weboberfläche. Unter der Adresse /settings/admin/overview zeigt Nextcloud die Ergebnisse einer Prüfroutine. Die hat festgestellt, dass für einige Datenbanktabellen keine Indizes erzeugt wurden und schlägt dem Behandler vor, den folgenden Befehl auszuführen:

```
php occ db:add-missing-indices
```

„Einfache Aufgabe“, sagt Dr. Docker zufrieden und navigiert zielstrebig mit

ct kompakt

- Nur weil Software im Container läuft, ist sie nicht automatisch aktuell und wartungsfrei.
- Das Beispiel eines schlecht betreuten Servers mit Rocket.Chat und Nextcloud zeigt, dass es manchmal nur mit Handarbeit geht.
- Ein Werkzeug wie Watchtower kann sich gut um Sicherheits- und Featureupdates kümmern.

```
docker compose exec nextcloud sh
```

in den Container. Dort versucht er, den vorgeschlagenen Befehl zu starten. Doch der scheitert zunächst nur mit einer Fehlermeldung – ein Rechteproblem. Die Lösung schlägt `occ` aber direkt vor: Man soll den Container als User mit der ID 33 (das ist der Nutzer `www-data`) betreten. Gesagt, getan:

```
docker-compose exec -u 33 nextcloud sh
```

Der Nextcloud-Teil der Operation ist damit abgeschlossen, die Datenbank ist optimiert und das System sogar spürbar schneller als vor dem Eingriff. Er leitet die Narkose aus und der Patient kommt in den Aufwachraum.

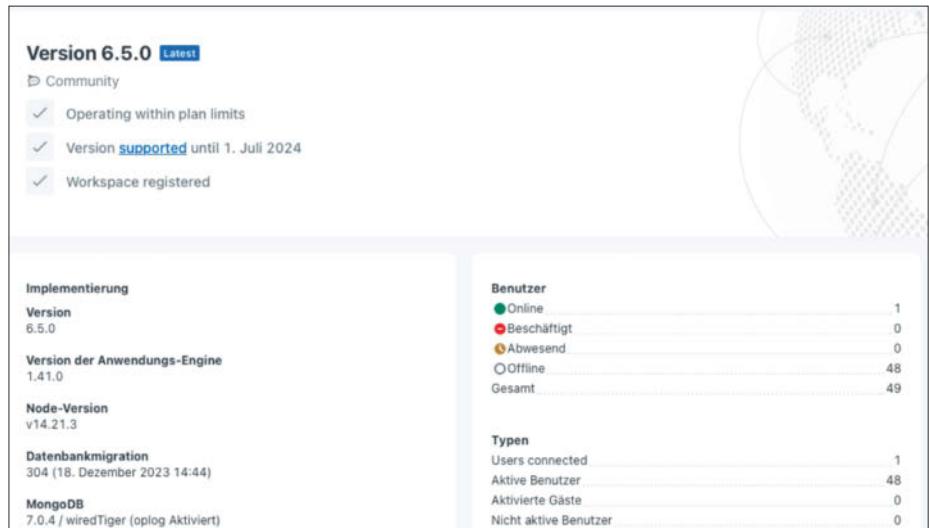
Rocket.Chat-Sorgenkind

„Bei Rocket.Chat schwiebt mir eine ähnliche Therapie vor, doch ganz so leicht gestaltet sich das nicht“. Ein Blick in die Release-Notes und die vorhandenen Tags im Docker-Hub zeigen dem Kenner: Rocket.Chat nutzt wie Nextcloud Semantic Versioning [1] sehr konsequent, versioniert also mit Major-, Minor- und Patch-Version, veröffentlicht aber weniger Hauptversionen. In der Dokumentation veröffentlichten die Entwickler eine Seite (zu finden über ct.de/yc61), die per Schaubild erklärt, welchen Updatepfad man einzuhalten hat: von Version 3.18.7 auf 4.8.7. Dann auf 5.4.10, auf 6.3.7 und dann auf die aktuelle 6.4.0. Parallel, und da wird es kniffliger, muss man aber auch die MongoDB-Datenbank auf eine jeweils kompatible Version bringen.

Los geht die Arbeit. Der Patient kommt wieder auf die Liege und auch bei Rocket.Chat beginnt die OP wieder mit einem Datenbankbackup. Folgender Befehl schreibt ein solches direkt auf die Festplatte des Servers:

```
docker compose exec mongo \
sh -c 'mongodump --archive' > db.dump
```

Nach ein paar Minuten sind 800 MByte Datensicherung in die Datei `db.dump` abgeflossen und die Operation am offenen Herzen kann beginnen. Das erste Update ist vermeintlich einfach, es steht nur der kleine Sprung von 3.6.3 auf 3.18.7 an. Wie schon bei Nextcloud ändert der behandelnde Operateur den Tag des Containers auf diese Version, lädt das Image und fährt den Container neu hoch. Doch da beginnt



Nach der Behandlung: Rocket.Chat läuft auf der aktuellen Version 6.5.

eine Krise. „In den Logs erhoffte ich mir eine Erfolgsmeldung einer Datenbankmigration – doch die bleibt aus.“ Stattdessen nur die Fehlermeldung, dass die Migration gescheitert sei: „Start date cannot be later than expire date“.

Auch erfahrene Behandler brauchen die Hilfe von Kollegen, die schon ähnliche Fälle auf dem Tisch hatten: Eine Diskussion bei GitHub, die ihm die Suchmaschine bei dieser Meldung ans Herz legt, gibt Dr. Docker immerhin eine Spur. Der Konflikt entsteht während der Migration mit der Nummer 231 und ein Blick auf das Quellcode-Gewebe mit dem Mikroskop verrät schließlich, was da geschieht: Der Code prüft, ob LDAP oder eine OAuth-Anbindung konfiguriert sind und würde in dem Fall einen Hinweis als Meldung ausgeben, dass die LDAP-Anbindung künftig nur noch in der Enterprise-Version funktioniert. Den Hinweistext soll die Migration in die Datenbank schreiben, damit sie bis zum 27.9.2022 in der Weboberfläche angezeigt wird.

Hier liegt das Problem: Die Datenbank weigert sich, diesen Eintrag anzunehmen, weil das Ablaufdatum in der Vergangenheit liegt. Vermutlich unfreiwillig haben die Entwickler dadurch halbwegs zuverlässig verhindert, dass man nach dem 27.9.2022 noch updaten kann. „Weil Migration 231 sonst keine Änderungen mitbringt, beschließe ich, Rocket.Chat auszutricksen und das Datenbankschema per Hand auf 231 festzuschreiben.“

Kurzerhand navigiert er mit `docker compose exec mongo sh` in den Container, startet das CLI mit `mongo` und ändert den Eintrag, der die zuletzt abgeschlossene

Migration speichert. Wie das im Detail funktioniert, sucht er sich aus einem anderen GitHub-Diskussionsfaden zusammen, in dem ein ähnliches Problem gelöst wurde. „Unorthodox, aber zielführend“, sagt er grinsend zum Pflegepersonal.

```
use rocketchat
db.migrations.update({_id:'control'},{$set: {locked: false, version:231}})
```

Das löst die Blockade, nach einem Neustart schlägt das Herz der Weboberfläche wieder. Die nächsten Versionssprünge klappen reibungslos mit dem erprobten Dreischritt aus `pull`, `up` und `logs` bis zur Version 4.8.7. Doch dann tauchen die ersten Hinweise im Log auf, dass künftige Rocket.Chat-Versionen nicht mehr mit MongoDB kompatibel sein werden.

Für den Operateur ist es Zeit, auch die Datenbank aufzufrischen. MongoDB dokumentiert ebenfalls, welche Schritte problemlos möglich sind und was man fürs Update jeweils anstellen muss. Um einen Versionssprung zu vollziehen, soll man stets im alten Container den Wert `featureCompatibilityVersion` auf die aktuelle Minor-Version anpassen. Das gelingt ebenfalls schnell über eine Sitzung im Container mit der CLI `mongo`. Um die installierte Version 3.6 auf 4.0 zu holen, stellt Dr. Docker in der noch laufenden Instanz die Version auf 3.6 um:

```
db.adminCommand({ $setFeatureCompatibilityVersion:"3.6" })
```

Erst dann folgt das übliche Spiel: Tag in der Docker-Compose-Datei auf 4.0 ändern,

mit `docker compose pull` runterladen und Container mit `up` auswechseln. Anschließend die `featureCompatibilityVersion` auf 4.0 heben und weiter zur 4.2, zur 4.4, zur 5.0, zur 6.0 und dann direkt zur 7.0. Dr. Docker: „Das nervt, klappt aber reibungslos. In einer zweiten SSH-Sitzung erledige ich nebenbei die zugehörigen Updates für Rocket.Chat, sodass beide am Ende auf der neuesten Version ankommen.“

Bei den Major-Versionen ab 5 hat sich MongoDB eine Änderung ausgedacht. Minor-Versionen erscheinen seither nur noch als „Rapid Release“ im Cloudangebot MongoDB Atlas.

Auch Rocket.Chat hat sich in den vergangenen Jahren immer mal was Neues einfallen lassen und bei einem der letzten Updates beschlossen, mal eine Testversion für eine kommerzielle Version zu aktivieren. Die kann man in der Weboberfläche aber mit einem Klick beenden.

Der lebensbedrohliche Teil der Arbeit ist erledigt, freut sich der sichtlich erleichterte Arzt und beginnt, den OP-Saal aufzuräumen: `docker image prune -a` räumt alte Images von der Festplatte und schafft gigabyteweise freien Festplattenplatz. Zum Abschluss bekommt noch das Betriebssystem Updates, dann laufen alle Anwendungen wieder auf der neuesten Version und der HTTP-Router Traefik darf aus der Narkose erwachen und seine Arbeit wieder aufnehmen.

Prophylaxe

Der wirklich unschöne Updatepfad sollte Grund genug sein, direkt dafür zu sorgen,

dass es nie wieder so weit kommt. Ein Patientenrezept dafür hat aber auch der IT-Doc nicht. Grundsätzlich ist das Projekt containrrr/watchtower ein treuer Gehilfe für solche Fälle, den wir schon des Öfteren empfohlen haben. Dieser Hilfscontainer hat die Aufgabe, regelmäßig im Docker Hub oder einer anderen Registry nachzufragen, ob eine neue Version unter einem Tag veröffentlicht wurde. Wie gut das funktioniert, hängt davon ab, wie die Entwickler eines Abbilds mit Tags umgehen und ob die Anwendung besondere Updatepfade vorsieht. Wie sich Watchtower in die Docker-Compose-Datei einfügt, sehen Sie in unserem Beispiel, zu finden über ct.de/y61.

Jedes Nextcloud-Update landet unter mehreren Tags im Docker-Hub. Die Version 28.0.0 zum Beispiel ist Ende Dezember die neueste Version der 28er-Linie. Die bekommt man unter den Tags `28.0.0`, sowie unter `28.0` und `28`. Für das Zusammenspiel mit Watchtower ist es also eine gute Idee, den Tag `28` in der Compose-Datei festzuschreiben und Watchtower zu beauftragen, den Container bei Updates auszutauschen. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass Nextcloud stets Feature- und Sicherheitsupdates bekommt.

„Vom Tag `latest` in Verbindung mit Watchtower rate ich ab. Damit würde auch eine eventuell bald erscheinende Version 29 sofort auf dem Server landen“, erklärt Dr. Docker seine Strategie, ergänzt aber: „Kollegen haben gute Erfahrungen damit gemacht und berichten von zufriedenen Patienten, weil die Migrationen ja auto-

matisch laufen.“ Der Doktor wählt einen konservativen Ansatz und macht einen Kalendereintrag im Frühling für einen Kontrolltermin. Bis Dezember 2024 hat Version 28 in jedem Fall Support.

Was für Nextcloud schnell ging, klappt auch für die MongoDB. Im Docker-Hub gibt es den Tag `7`, damit bekommt der Server dank Watchtower automatisch wichtige Updates für diese Major-Version, und Version 7.0 wird bis August 2026 unterstützt.

Bei der automatischen Updatestrategie für Rocket.Chat sieht die Lage nicht ganz so rosig aus, weil zwei Versionen des Containers im Docker-Hub liegen. Einmal unter dem Namen `rocketchat/rocket.chat` und einmal als offizielles Image (aus einer Zusammenarbeit von Rocket.Chat mit Docker) unter dem Namen `rocket.chat`.

Auf dem Server läuft aktuell die erste Variante, und die gibt es leider nur mit Tags, die immer die gesamte Versionsnummer enthalten, aktuell ist das der Tag `6.5.0`. Damit Watchtower Minor- und Patch-Updates direkt ausspielt, würde der Behandler gern zum offiziellen Image `rocket.chat` wechseln, das immer unter mehreren Tags erscheint. Jedoch: Ausgerechnet bei dem Image klemmt bei der letzten Behandlung Ende Dezember etwas beim automatischen Bau aufseiten der Entwickler, sodass Version 6.5 noch nicht erschienen ist. „Für diese Umstellung müssen Sie sich Anfang 2024 noch mal zur stationären Behandlung einfinden“, ermahnt er deshalb seinen Patienten.

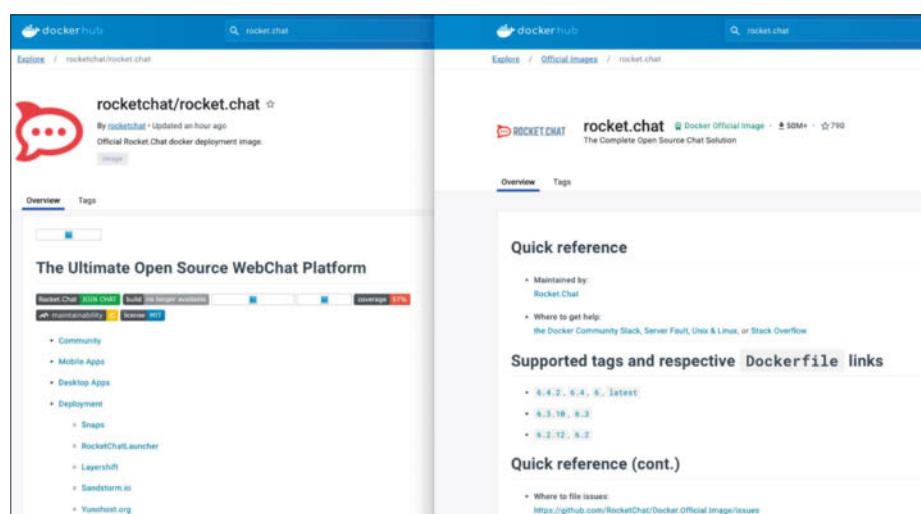
Entlassungspapiere

Damit endet unser Besuch in der Praxis Dr. Docker und wir werfen noch einen Blick auf den Arztbrief: „Wir entlassen den Patienten genesen. Die akuten Symptome sind gelindert und mit Watchtower Maßnahmen gegen chronische Updateverstopfung getroffen. Wir empfehlen eine halbjährliche ambulante Routinekontrolle und Durchsicht nach neuen Hauptversionen von Rocket.Chat, MongoDB und Nextcloud mit etwaiger minimalinvasiver Installation und verbleiben mit kollegialem Gruß, Dr. Docker.“ jam@ct.de ct

Literatur

- [1] Jan Mahn, Bedeutung 2.0.0, Warum Versionsnummern nicht willkürlich sind, c't 24/2021, S. 128

Compose-Datei und Dokumentationen: ct.de/y61



Verwirrend: Im Docker Hub liegen mehrere Abbilder, an denen beide Rocket.Chat-Entwickler beteiligt sind. `rocketchat/rocket.chat` ist aktueller, kennt aber nur Tags mit Patch-Level. Das offizielle Image `rocket.chat` liegt noch nicht in aktueller Fassung vor, hat aber Tags für Major- und Minor-Versionen.

Tipps & Tricks

Sie fragen – wir antworten!

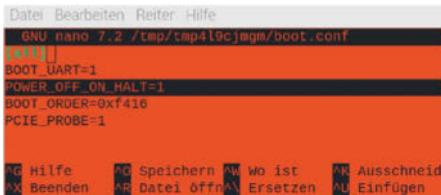
Raspi 5 schluckt im Schlaf viel Strom

? Nach dem Herunterfahren schluckt mein neuer Raspberry Pi 5 noch satte 1,8 Watt. Kann ich den Verbrauch senken?

! Ja. Dazu müssen Sie bloß die Konfigurationsdatei für das EEPROM ändern. Bevor Sie das tun, sollten Sie sicherstellen, dass Sie die neueste Version auf Ihrem Raspi 5 haben. Dazu machen Sie ein Softwareupdate und starten dann neu:

```
sudo apt update
sudo apt upgrade
sudo reboot
```

Nun editieren Sie die EEPROM-Konfiguration mit `sudo rpi-eeprom-config --edit`. Bei unserem Testgerät war die folgende Zeile bereits vorhanden: `POWER_OFF_ON_HALT=0`. Ändern Sie den Parameter von 0 auf 1, also `POWER_OFF_ON_HALT=1`. Nun lassen Sie die Konfigurationsdatei überschreiben (Strg + O), bestätigen den Dateinamen mit Enter und verlassen dann den Editor (Strg + X). Nach einem Neustart (`sudo reboot`) sollte die Leistungsaufnahme nach dem Herunterfahren auf rund 0,6 Watt sinken.



Mit einer einfachen, kleinen Änderung schläft der Raspi 5 deutlich sparsamer.

Die rote LED leuchtet dabei weiter und auch der Einschalttaster funktioniert noch. (ciw@ct.de)

Fritzbox: Rufnummer lässt sich nicht löschen

? Ich habe beim Einzug in meine neue Wohnung eine gebrandete Fritzbox 7590 übernommen, in der der Internet-provider für den Vorbesitzer zwei Rufnummern mittels TR-064-Protokoll aus der Ferne konfiguriert hat. Da ich diese nicht brauche, habe ich längst einen anderen Tarif gebucht, aber vor dem Tarifwechsel hat der Provider versäumt, die Rufnummern zu entfernen und kann das auch nachträglich nicht. Seither meckert die Box nach jedem Neustart, dass der Telefoniedienst angeblich nicht funktioniert, was ich jedes Mal umständlich wegklicken muss. Wie kann ich das abstellen? Im Web-Interface finde ich keine Option zum Löschen dieser Rufnummern.

! Da gibt es in der Tat keine intuitive Klicklösung; selbst AVM rät lediglich zur Reparatur per Reset. Allerdings nennt AVM zwei entscheidende Dinge nicht.

Der Vorgang im Einzelnen: Speichern Sie zunächst die aktuelle Konfiguration auf dem PC (Menü „System/Sicherung“, Kennwort eingeben, „Sichern“ klicken). Versetzen Sie die Fritzbox in den Auslieferungszustand („System/Sicherung/Werkseinstellungen/Werkseinstellungen laden“). Die Box startet dann automatisch neu. Anschließend rät AVM einfach, die

zuvor gespeicherte Konfiguration wieder einzulesen (dafür brauchen Sie das zuvor eingegebene Kennwort). Doch anders als man denken könnte, blendet die Fritzbox auch nach Reset und kompletter Wiederherstellung keine Option ein, um unerwünschte Rufnummern zu tilgen.

Stattdessen führt dieser Weg zum Ziel: Wenn Sie die Wiederherstellung Ihrer Konfiguration starten, schalten Sie die Option „Alle Einstellungen auswählen“ ab und nehmen Sie dann bei der Option „Alle Rufnummern und Telefonie-Einstellungen überschreiben“ das Häkchen weg. Dann lässt die Fritzbox die unerwünschten Rufnummern weg. Stellen Sie sicher, dass bei allen übrigen Optionen das Häkchen gesetzt ist, also etwa für Smart Home, Schnurlosetelefone, Telefonbücher, WLAN und alles Übrige und klicken Sie auf „Übernehmen“. Nach der anschließenden Wiederherstellung startet die Box noch einmal neu.

Damit ist sie normalerweise betriebsbereit, sodass sich ein Backup der reparierten Konfiguration empfiehlt.

Doch falls die Fritzbox zuvor Teil eines Mesh-Netzes war, müssen Sie dieses per Hand wieder aufsetzen. Falls Sie die vermesheten Repeater oder Access-Points per Ethernet angebunden haben, genügt es, auf den jeweiligen Geräten und der Fritzbox die Connect/WPS-Taste zu drücken (zuvor nötigenfalls die Tastensperre in „System/Tasten und LEDs“ vorübergehend abschalten). Die Partner stimmen sich dann automatisch über das LAN-Kabel miteinander ab. Falls Sie Repeater über WLAN betreiben, koppeln Sie sie in der Nähe der Fritzbox. (dz@ct.de)

Deutsche Tastatur am Smart TV

? Ich habe eine Bluetooth-Tastatur mit meinem Sony Bravia aus der XR-Serie verbunden. Der Fernseher geht von einer QWERTY-Tastatur aus, aber das Tastaturl-

Fragen richten Sie bitte an

c't hotline@ct.de

f [c't Magazin](#)

X [@ctmagazin](#)

o [ct_magazin](#)

@ [@ct_Magazin](#)

ln [c't magazin](#)

Alle bisher in unserer Hotline veröffentlichten Tipps und Tricks finden Sie unter www.ct.de/hotline.

layout ist deutsch, also QWERTZ. Kann man das überhaupt umstellen?

! Ja das geht, auch mit Tastaturlayouts für andere Sprachen, die Funktion ist aber ein wenig versteckt. Bei Ihrem Fernseher müssen Sie zunächst die Tastatur mit dem Fernseher verbinden, damit alle Einstellungen dafür zugänglich werden. Anschließend suchen Sie die Ländereinstellung unter „Einstellungen/System/Tastatur/physische Tastatur/Ihre Tastatur“. Hier können Sie die Sprache des Tastaturlayouts auswählen. Für die schnelle Navigation können Sie übrigens nicht nur eine Tastatur, sondern auch eine Bluetooth-Maus mit Ihrem Fernseher verbinden. (uma@ct.de)

Upgrade mit c't-WIMage

? Ich habe mit c't-WIMage die aktuelle Installation (Windows 11 Version 23H2) auf meinem Arbeitsplatzrechner gesichert und konnte sie auch auf einem anderen PC erfolgreich wiederherstellen. Ich besitze aber noch einen anderen Rechner, auf dem Windows 11 in der alten Version 21H2 läuft. Kann ich dieses alte Windows mithilfe meiner c't-WIMage-Sicherung per Upgrade auf 23H2 aktualisieren?

! c't-WIMage (ct.de/wimage) ist ausschließlich dafür gedacht, bestehende Installationen zu sichern und anschließend auf quasi beliebiger Hardware wieder herstellen zu können. Das Wiederherstellen gelingt auch deshalb so zuverlässig, weil es vom Windows-Setup-Programm erledigt wird. Das glaubt, ein frisches Windows sauber neu zu installieren, weiß also gar nicht, dass es stattdessen jene Sicherung restauriert, die c't-WIMage ihm untergeschoben hat. Das ist übrigens zwar der wesentliche Clou von c't-WIMage, aber keineswegs ein böser Hack, sondern von Microsoft genau so vorgesehen.

Während also Ihre Sicherung wie eine Neuinstallation wiederhergestellt wird, läuft ein Upgrade technisch gesehen anders ab. Zum Vergleich: Bei einer Neuinstallation partitioniert und formatiert das Setup-Programm den Zieldatenträger, spielt dann das frische Windows drauf und versorgt es mit einem zur Hardware passenden Bootloader. Bei einem Upgrade hingegen verschiebt das Setup-Programm zuerst die bereits vorhandene Installation in einen neuen Ordner na-

mens Windows.old, installiert dann das neue Windows daneben und versucht schließlich, alle Dokumente, Anwendungen und Einstellungen aus der alten in die neue Installation zu übernehmen. Da steht „versucht“, weil das nicht immer zuverlässig klappt. Und das, obwohl sich das Ziel der Datenübernahme in einem vordefinierten Zustand befindet, weil es eben eine frische Neuinstallation ist.

Noch viel komplexer wäre die Datenübernahme, wenn Sie versuchen würden, ein Upgrade mithilfe einer c't-WIMage-Sicherung durchzuführen. Denn nun würde wie gehabt zuerst die bereits vorhandene Installation in Windows.old landen, dann aber kein frisches Windows, sondern Ihre Sicherung daneben installiert. Und anschließend stünde das Setup-Programm vor der Aufgabe, Dokumente, Anwendungen und Einstellungen aus der alten in die wiederhergestellte Installation zu übernehmen, also quasi zwei Installationen zu einer zu verheiraten. Scheitern ist dabei programmiert: Selbst wenn das Ergebnis erst mal booten sollte, ist es doch sehr wahrscheinlich, dass die Übernahme zumindest bei einzelnen Anwendungen und Einstellungen schiefgeht. Die Folgen davon bemerken Sie womöglich erst später. Was aber noch viel wichtiger ist: Ihre Dokumente sind anschließend eine bunte Mischung aus den vor dem Upgrade vorhandenen und jenen, die aus der Sicherung stammen. Das führt schlimmstenfalls zu Datenverlust.

Ersparen Sie sich also den Versuch, Upgrades mithilfe von c't-WIMage-Sicherungen zu probieren. Es kann nur schiefgehen. (axv@ct.de)

Zentrieren mit CSS

? Gelegentlich muss ich CSS-Dateien einer Website ändern, scheitere jedoch zuverlässig daran, Elemente richtig zu zentrieren. Das kann doch nicht so schwer sein, oder?

! Schwer ist es nicht, es gibt nur zige Wege, die alle zum Ziel führen. Richtig kompliziert wird es, wenn man auch alte Browser noch unterstützen will oder muss. Am schnellsten kommen Sie zum passenden CSS-Schnipsel mit dem kleinen Onlinegenerator des Entwicklers Oliver Zheng, zu finden unter howtocenterincss.com. Wünsche im Formular auswählen, generieren, Code kopieren. (jam@ct.de)

Verlötzte Mainboard-Pufferbatterie ersetzen

? Ich habe einen acht Jahre alten Mini-PC, der seine BIOS-Setup-Einstellungen vergisst. Offenbar ist die Pufferbatterie leer. Sie ist aber mit einem „Kabelschwänzchen“ angelötet. Wie tausche ich sie ohne Löten aus?

! Desktop-PC-Mainboards haben meistens einen aufgelötzten Halter für eine CR2032-Lithiumzelle mit 3 Volt Nennspannung. Wenn das PC-Netzteil abgeschaltet ist, versorgt sie die im Chipsatz eingebaute Echtzeituhr (Real Time Clock, RTC) und puffert das sogenannte CMOS-RAM, in dem das BIOS-Setup seine Konfiguration speichert. Sinkt die Spannung der Batterie unter 2 Volt, muss man sie tauschen.

In vielen Notebooks und Mini-PCs ist die Pufferbatterie jedoch über ein zweipoliges Kabel angeschlossen, das oft einen proprietären Stecker hat oder gar angelötet ist. Am anderen Ende baumelt die mit Schrumpfschlauch isolierte Knopfzelle. Dafür findet sich oft kein passender Ersatz.

Alternativ schneidet man die beiden Kabeladern der Batterie durch, isoliert sie ab und schließt eine CR2032-Zelle in einem Batteriehalter an – Polung beachten! Die verlötzte oder verdrillte Kontaktstelle isoliert man anschließend per Schrumpfschlauch. Oder man verwendet Hebelklemmen für dünne feindrähtige Leiter wie die Wago 222-412.

Wir haben billige Batteriehalter von Amazon ausprobiert, der 20-Stück-Beutel kostete rund 8 Euro. Sie wirken mechanisch wackelig, funktionierten aber.

(ciw@ct.de)



„Fliegende“ Batteriehalter für CR2032-Zellen können bei Reparaturen helfen, wenn ein älterer PC BIOS-Setup-Optionen und die Uhrzeit vergisst.

FAQ

Digital Services Act

Mitte Februar wird das EU-Plattformgesetz voll wirksam. Es reguliert nahezu alle digitalen Dienste neu. Auf Unternehmen kommen schärfere Vorschriften zur Inhaltsmoderation zu, umgekehrt erhalten Verbraucher mehr Rechte.

Von Holger Bleich

Neue Regeln

Was ist der Digital Services Act?

Der Digital Services Act (DSA) ist eine Verordnung der Europäischen Union (EU), die im Deutschen offiziell „Gesetz über digitale Dienste“ genannt wird. Als EU-Verordnung wirkt der DSA unmittelbar. Seine Vorschriften gelten also vor Gesetzen der Mitgliedsstaaten, die sich mit denselben Inhalten befassen. In der Regel passen die Staaten ihre Gesetze innerhalb der Umsetzungsfrist an eine EU-Verordnung an, um Widersprüche aufzulösen. In Deutschland wird das noch nicht verabschiedete DSA-Anpassungspaket „Digitale-Dienste-Gesetz“ (DDG) heißen.

Einen ersten Entwurf zum DSA hatte die EU-Kommission am 15. Dezember 2020 veröffentlicht. Nach intensiven Verhandlungen zwischen EU-Parlament, EU-Rat und EU-Kommission stand im Oktober 2022 ein Kompromiss, der am 16. November 2022 als Verordnung 2022/2065 in Kraft trat. Nach einer Konsenzzeit von 15 Monaten wird der DSA am 17. Februar 2024 bis auf wenige Regelungen voll wirksam. Er greift dann in allen 27 EU-Mitgliedsstaaten und im europäischen Wirtschaftsraum (EWR).

Für wen gilt der DSA?

Nach dem Willen der EU-Kommission soll der DSA möglichst alle Angebote digitaler Dienste abdecken und diese gemäß der Binnenmarktlogik einem einheitlichen Regelwerk unterwerfen. Er gilt also für den lokalen Zugangsprovider um die Ecke ebenso wie für gewerbliche Betreiber von Webforen und die US-Makronzerne. Die Verordnung unterteilt Dienste in mehrere Kategorien (siehe Bild). Auf der untersten Stufe stehen „Vermittlungsdienste“, für die der DSA nur

wenige Pflichten vorsieht. Je höher es auf der Leiter geht, desto schärfere Vorschriften kommen hinzu.

Die umfangreichsten Regeln treffen sogenannte Very Large Online Platforms (VLOPs) und Very Large Online Search Engines (VLOSES). Auf sie zielt der DSA in allererster Linie. Es handelt sich um Onlineplattformen, die mehr als 45 Millionen monatlich aktive Nutzer innerhalb der EU ausweisen. Die Prüfung der Zahlen sowie die Benennung dieser Onlineriesen obliegt der EU-Kommission. Ende April 2023 hat sie in einem ersten Schwung 17 VLOPs (unter anderem Amazon, Apple, Facebook, Google, Instagram, TikTok und Twitter/X) sowie zwei VLOSES (Bing und Google Search) benannt. Für diese Plattformen gelten viele Regeln des DSA ungeachtet der Übergangsfrist bereits seit dem 25. August 2023.

Meldewege

Was regelt der DSA?

Der wichtigste Teil des DSA betrifft den Umgang von Plattformen mit Inhalten, die Nutzer dort veröffentlichen. Insbesondere geht es um Texte, Bilder und Videos, die eventuell rechtswidrig sind. Die EU orientierte sich hier an der E-Commerce-Richtlinie aus dem Jahr 2000, die der DSA in diesen Punkten ersetzt: Es gilt weiterhin das sogenannte Haftungsprivileg. Ein Plattformbetreiber steht also erst dann für Nutzerinhalte in der Verantwortung, wenn er von ihnen weiß. Der DSA verpflichtet ihn nicht dazu, ständig nach rechtswidrigen Inhalten zu suchen.

Was sich allerdings ändert: Hosting-Dienste und Onlineplattformen müssen nun leicht zugängliche Melde- und Abhilfeverfahren für die Meldung potenziell rechtswidriger Inhalte bereitstellen. Der DSA sieht keine konkreten Fristen vor. Beschwerden sollen „zeitnah, diskriminierungsfrei,

sorgfältig und frei von Willkür“ bearbeitet und entschieden werden. Ein ebenfalls verpflichtendes internes Beschwerdemanagement soll Nutzern, deren Inhalte irrtümlich gesperrt oder deren Benutzerkonten unberechtigt deaktiviert wurden, die Möglichkeit geben, derlei Entscheidungen anzufechten. Außerdem definiert der DSA externe Stellen, die Nutzer außergerichtlich zur Streitbeilegung anrufen können.

Alle Anbieter mit Sitz in der EU müssen laut DSA ab dem 17. Februar leicht zugänglich eine direkt ansprechbare Kontaktstelle für Behörden und Nutzer anbieten. Hat ein Anbieter keinen Sitz in der EU, richtet sein Angebot aber auch an EU-Bürger, hat er einen „gesetzlichen Vertreter“ als Ansprechpartner für Behörden und Nutzer zu benennen. Wichtig ist hier: Dieser Vertreter steht laut DSA für Verstöße gegen die Verordnung mit in der Haftung.

Die neuen Transparenzpflichten im DSA treffen sämtliche Anbieter. Je nach Position im Stufenmodell (siehe Bild) müssen sie regelmäßig mehr oder weniger ausführliche Berichte über die Moderation von Inhalten und andere Dinge veröffentlichen. Betreiber von Onlineplattformen etwa sollen darlegen, wie viele Beschwerden welcher Art über das Meldesystem eingegangen sind und wie jeweils entschieden wurde.

Anbieter von Onlineplattformen sind außerdem verpflichtet, alle Beschwerdevorgänge schnell an die EU-Kommission zu melden. Diese hat eine Datenbank eingerichtet sowie ein API bereitgestellt. Weil der DSA bis zum 17. Februar ausschließlich für die VLOPs und VLOSEs greift, haben bislang nur sie Zugang. Die Kommission hat angekündigt, dass die Transparenzdatenbank den Betastatus bald verlässt; dann sollen alle Plattformen ein Zugangstoken erhalten. Unter <https://transparency.dsa.ec.europa.eu> lässt sich diese Datenbank bereits heute einsehen und abfragen.

Über den Umgang mit Inhalten hinaus enthält der DSA eine Reihe weiterer

Pflichten für Onlinedienste, die Verbrauchern zugutekommen sollen: ein etwas vage gehaltenes Verbot von sogenannten „Dark Patterns“ (also irreführenden Elementen in Bedienoberflächen), Transparenzpflichten zur Onlinewerbung, ein teilweises Verbot von Tracking-gestützten Werbeschaltungen und eine Pflicht zum Anbieten einer chronologischen Timeline. Zudem verspricht der DSA mehr Schutz von Minderjährigen, unter anderem das Verbot von Tracking-gestützter Werbeauspielung an Minderjährige, wobei ungeklärt ist, wie die Anbieter Minderjährige als zweifelsfrei solche erkennen sollen.

Hartes Regime

? Welche Strafen drohen Unternehmen, wenn sie gegen den DSA verstoßen?

! Bis zu sechs Prozent des weltweiten Jahresumsatzes im vorangegangenen Geschäftsjahr können auf Anbieter als Geldbuße zukommen. Der Meta-Konzern beispielsweise hat im Jahr 2022 rund 107 Milliarden Euro Umsatz erwirtschaftet. 2023 wäre also theoretisch eine Strafe von bis zu 6,4 Milliarden Euro möglich gewesen. Kommt ein Anbieter gegenüber der Aufsicht lediglich seinen Informationspflichten nicht nach, oder es stellt sich im Nachhinein heraus, dass er geschwindelt hat, kann es immerhin bis zu ein Prozent sein. Der Gesetzgeber ließ in Art. 52 Abs. 2 keinen Zweifel: „Sanktionen müssen wirksam, verhältnismäßig und abschreckend sein.“

? Wer prüft, ob die Anbieter ihren Verpflichtungen nachkommen und verhängt Bußgelder?

! Die Aufsicht und Durchsetzung regelt Art. 56 des DSA. Demnach ist für die besonders großen Anbieter (VLOPs und VLOSEs) direkt die EU-Kommission zuständig. Dazu hat bereits eine neue Abteilung, die „Platforms Policy and Enforcement“ (CNECT.F) ihre Arbeit aufgenommen und schon ein erstes formelles Verfahren gegen den Kurznachrichtendienst X eröffnet.

Alle anderen Dienste sollen von „Koordinatoren für digitale Dienste“ (Digital Services Coordinator, DSC) beaufsichtigt werden. Jeder EU-Mitgliedsstaat muss bis zum 17. Februar eine oder mehrere Behörden benennen, die diese Funktion autonom und unabhängig übernehmen.

Für welche Anbieter gilt der DSA?

Die Vorschriften der EU-Verordnung über digitale Dienste (DSA) variieren je nach Rolle, Größe und Auswirkung. Besonders heftig trifft es die sehr großen Onlineplattformen (Very Large Online Platforms, VLOPs, ganz oben).



Dem nationalen DSC fallen noch weitere Aufgaben zu. So soll er die erwähnten außergerichtlichen Streitbeilegungsstellen zertifizieren und beaufsichtigen. Außerdem verleiht und entzieht er Organisationen ihren Status als vertrauenswürdige Hinweisgeber (Trusted Flaggers). Diese Hinweisgeber, etwa Verbraucherzentralen oder Bürgerrechtsorganisationen, haben im DSA eine wichtige Funktion, denn ihre Meldungen und Beschwerden müssen von Plattformen bevorzugt bearbeitet werden.

In Deutschland wird dem Gesetzentwurf zum Digitale-Dienste-Gesetz zufolge die Aufgabe des DSC der Bundesnetzagentur zukommen, die dafür schon kräftig Personalbedarf angemeldet hat. Doch weil das DDG frühestens im April in Kraft tritt, wird Deutschland zum DSA-Start ohne offiziell benannten DSC dastehen, was in Brüssel derzeit für einigen Ärger sorgt.

Meldestellen

? An wen können sich Bürger wenden, wenn sie Verstöße gegen den DSA vermuten?

! Da der DSA bislang nur für VLOPs und VLOSEs angewendet wird, kann man

auch nur DSA-Verstöße dieser Plattformen melden. Ein Beschwerdeformular hat die Kommission nicht eingerichtet, nimmt aber Hinweise unter der Mailadresse CNECT-DIGITAL-SERVICES@ec.europa.eu entgegen. Sobald die Bundesnetzagentur als DSC ihre Arbeit aufnimmt, wird auch sie Beschwerden zu allen umfassten Diensten entgegennehmen und gegebenenfalls weiterleiten.

? Gibt es für Dienste eine Meldepflicht an Strafverfolgungsbehörden?

! Ja, sie besteht bei Verdacht auf eine Straftat, „die eine Gefahr für das Leben oder die Sicherheit einer Person“ bedeuten kann. Dabei spielt es keine Rolle, ob der betreffende Inhalt darauf hinweist, dass die Tat begangen wurde, begangen wird oder begangen werden könnte. Hosting-Dienste und Onlineplattformen müssen solche Verdachtsfälle „unverzüglich“ einer Strafverfolgungsbehörde melden und alle vorliegenden Informationen übermitteln. In Deutschland wird laut DDG-Entwurf das Bundeskriminalamt als zentrale Anlaufstelle fungieren. Dort rechnet man bereits mit hunderttausenden Meldungen pro Jahr, denen man nachgehen muss.

(hob@ct.de)

DSA-Gesetzestext: ct.de/y9eb



Mikko Hyppönen

Was vernetzt ist, ist angreifbar

Wie Geheimdienste und Kriminelle
uns im Netz infiltrieren

Wiley-VCH, Weinheim 2023

ISBN 978-3527511501

320 Seiten, 25 €

(Epub-/Kindle-E-Book: 22 €)

Als der Computer seine Unschuld verlor

„Orwell war ein Optimist“, behauptet Mikko Hyppönen und warnt: Alles, was mit dem Internet verbunden ist, berge das Risiko, gehackt und missbraucht zu werden.

Selbst diejenigen „intelligenten“ Geräte, die nur untergeordnete Funktionen im Datennetz wahrnehmen, bieten Hyppönen zufolge Angriffsflächen für Datenklau und zum Einschleusen von Schadcode in IT-Systeme. Dem Experten in Sachen Computersicherheit und Cyberkriminalität geht es nicht um Panikmache. Seine Warnungen sollen Leser auch dort für Risiken sensibilisieren, wo sie Sicherheitslücken normalerweise nicht erwarten.

Sein Buch vermittelt eine Fülle von Detailinformationen auf sehr spannende Weise. Gewissermaßen nebenbei nimmt Hyppönen sein Lesepublikum mit auf einen Streifzug durch die Jahrzehnte. Spätestens seit dem Siegeszug der Smartphones hat nahezu jeder auf seine Weise mit hütenswertem Datenmaterial zu tun.

Seinen Rückblick auf die Entwicklung verschiedener Angriffsarten garniert der Autor mit Anekdoten. Wie verheerend sich schon ein einzelner Angriff gesellschaftlich auswirken kann, zeigt er am Beispiel des Psychotherapie-Dienstleisters Vastaamo: Als Dateneinbrecher die dort erhackten Informationen veröffentlichten, waren Zehntausende Finnen von Folgen dieser unerlaubten Datenoffenlegung betroffen.

Bei aktuellen Hacking-Strategien spielt Social Engineering eine entscheidende Rolle: Außer technischen Sicherheitslücken nutzen Angreifer die Gutgläubigkeit, Manipulierbarkeit und bisweilen auch Bestechlichkeit menschlicher Mitarbeiter bei Angriffszielen aus. Diesem Gesichtspunkt der Verletzlichkeit von Datengeheimnissen widmet Hyppönen einige lesenswerte Gedanken. Zudem vermittelt er Anregungen, wie Verantwortliche die Resilienz ihrer Unternehmen steigern können. Wenn ein angesteuertes Ziel sich nicht als leichte Beute erweist, suchen sich Angreifer oft andere Opfer. Ein anderes Thema, das der Autor ebenfalls ausführlich behandelt, sind Netzausfälle und Angriffe durch staatliche Akteure.

Hyppönen wirft einen Blick in den Rückspiegel, beleuchtet gegenwärtige Risikoschwerpunkte und skizziert auch, wie er sich die künftige IT-Sicherheitslage vorstellt. Sein Buch richtet sich an Nichtfachleute. Anders als der reißerische Untertitel es vermuten lässt, informiert es ausgesprochen seriös und fundiert.

(Tam Hanna/psz@ct.de)

Das Wofür ist wichtig

Domain Storytelling klingt nach Computerspielen oder spannender Online-Belletristik. Tatsächlich geht es aber um eine leichtgewichtige kollaborative Software-modellierungstechnik beim Domain-Driven Design.

Eine der größten Herausforderungen bei der Softwareentwicklung ist seit jeher die Analyse des zu lösenden Problems. Unter den methodischen Ansätzen dafür ist derzeit das sogenannte Domain-Driven Design (DDD) besonders beliebt: Statt Softwarefunktionen steht dabei der Einsatzbereich der zu entwickelnden Software im Mittelpunkt.

Rund um DDD entstehen hilfreiche Werkzeuge und Techniken. Hofer und Schwentner stellen ein gut zugängliches und leicht durchschaubares Verfahren vor, das es Teams ermöglicht, gemeinsam ein Softwareprojekt zu modellieren: das Domain Storytelling.

Als durchgehendes Beispiel beim Entfalten der Methode dient eine Kino-App. Im Verlauf der Kapitel erfassen die Autoren die wichtigsten Arbeitsabläufe und alle Beteiligten. Sie definieren die fachliche Sprache des Anwendungsbereichs (der „Domäne“) und führen eine grafische Notation ein, um ihre Domain Stories darzustellen. Gegenüber anderen Notationen grenzen sie das Ganze ab, außerdem stellen sie ergänzende Modellierungsmethoden wie das Event Storming vor.

An einem weiteren Beispiel, einer Auto-Leasing-Software, darf die vorgestellte Methode dann zeigen, was sie hergibt. Die dabei gesammelten Erkenntnisse fließen in weitere Anforderungsanalysen und Verfeinerungen ein. Beispielsweise wandeln die Autoren die Domain Stories in User Stories um und ordnen sie dann mittels User Story Mapping. Das Ergebnis ist genau das, was viele agile Teams heute als Grundlage für ihr Backlog verwenden.

Weil Domain Stories die Struktur und das Verhalten einer Domäne beschreiben, lässt sich auf ihrer Grundlage ein Domänenmodell anfertigen, das man anschließend wiederum in Code transformiert. Auch diesen Prozess durchwandern die Autoren; sie verfeinern das Ganze bis hin zu Akzeptanztests. Dabei geben sie Hinweise zur konkreten Umsetzung des Domänenmodells in objektorientierter (Java) und funktionaler (F#) Form.

Hofer und Schwentner präsentieren ihren Ansatz leicht lesbar. Die vielen Abbildungen unterstützen das Verständnis und machen Softwareschaffenden Lust auf eigene Experimente mit der Methode.

(Maik Schmidt/psz@ct.de)



Stefan Hofer, Henning Schwentner

Domain Storytelling

Gemeinschaftlich, visuell und agil zu fachlich wertvoller Software

dpunkt, Heidelberg 2023

(der Buchverlag gehört wie c't zu heise medien)

ISBN 978-3864909580

254 Seiten, 35 €

(als Bundle mit E-Book beim Verlag: 40 €; PDF/Epub-/Kindle-E-Book allein: 35 €)

Wir schreiben Zukunft.



35 %
Rabatt

**2 Ausgaben MIT Technology Review
als Heft oder digital
inklusive Prämie nach Wahl**

mit-tr.de/testen



IM DIENST DER DEMOKRATIE

von Burkhard Wetekam

Kurz vor Feierabend klingelt das Telefon. Ein gewisser Tristan Frei meldet sich, Referent bei den Liberalen. Er wollte mal horchen, wie wir zum neuen Gesetzentwurf stünden. „Welchen meinen Sie?“, fragt ich gelangweilt, obwohl ich genau weiß, welchen er meint. Wir haben die Mehrheit im Parlament und dürfen die anderen zappeln lassen.

Der Kollege bleibt gelassen. „Sie wissen bestimmt, wovon ich spreche. Ich wollte Ihre Zeit nicht mit dem langen Namen verschwenden. Jetzt tue ich es doch: Es geht um das *Gesetz zur parlamentarischen Teilhabe elektronisch denkender Systeme der Stufen 4 und 5 der europäischen Verordnung über die Klassifizierung autonomer Intelligenz*.“

Angenehme Stimme. Routiniert, aber doch mit einem warmen Unterton. Mir kommt ein Verdacht, den ich vorerst für mich behalte: Tristan ist einer jener Referenten, die nicht nach Tarif bezahlt werden. Mit anderen Worten: Ein Mensch ist er nicht.

Wir haben in solchen Gesprächen öfter damit zu tun. Es geht um das erste Abtasten von Einschätzungen, das Herausarbeiten von Argumenten, das Ausloten von Stimmungen. Alles Dinge, auf die sich KI-Systeme mittlerweile ausgezeichnet verstehen. Wenn es zu ernsthaften Verhandlungen kommt, übernehmen die Juristen aus Fleisch und Blut.

„Nun“, sage ich, „wir denken, dass dieser Entwurf, würde er tatsächlich als Gesetz verabschiedet, uns alle dem Untergang des Abendlandes ein gutes Stück näher brächte.“

Ohne eine Hundertstelsekunde zu zögern, lässt Frei ein nonchalantes Lachen vernehmen. „Eurer guten alten Arbeitspartei mit ihrer langen Geschichte und ihrer ausgeprägten Neigung zum Menschlichen sei diese Ersteinschätzung gegönnt. Ihr habt schon immer etwas länger gebraucht, um die Vorteile neuer technischer Entwicklungen zu verstehen. Bis es so weit ist, würden wir gern mit euch ins Gespräch kommen.“

Ich muss lächeln. Elegant formuliert. Ist er wirklich ein Computer? Vorläufig biete ich ihm das Du an, was Tristan gern annimmt. Ich will beim Thema bleiben. „Es geht hier ja gar nicht um Technik. Es geht um die Frage, in welchem Maß wir politische Verantwortung abgeben dürfen. Und da steht für uns fest: Im Parlament können nur Menschen Verantwortung tragen.“

„Und ihr habt keine Probleme damit, dass Millionen von KI-Systemen in Pflegeheimen, Operationssälen, Flugleitstellen und in der Gen-Forschung anspruchsvollste Tätigkeiten ausüben, aber von jeglicher politischen Partizipation ausgeschlossen sind?“

Es gibt Menschen, denen das Thema künstliche Intelligenz mittlerweile massiv auf die Nerven geht. Dann gibt es diejenigen, die darüber reden wollen, KI-Systeme noch besser und in noch mehr Anwendungsbereichen zu nutzen. Und schließlich diejenigen, die sogar dafür plädieren, künstlichen Intelligenzen auch politische Verantwortung zu übertragen.

Mir wird immer klarer, dass ich diese Stimme mag. Und dass ich Gefahr laufe, ihr zu verfallen. Ich kenne mich. Für akustische Reize bin ich empfänglich. Umso wichtiger ist es jetzt, Entschlossenheit zu zeigen, knapp und hart. „So ist es. Genau wie die große Mehrheit der Bevölkerung kann sich meine Partei nicht vorstellen, dass KI-Systeme über den Einsatz der Bundeswehr, über Gesetze zur Sterbehilfe oder das Ausmaß der Kulturförderung abstimmen dürfen.“

„Ja, Kulturförderung ist ein schönes Beispiel“, sagt Tristan, als hätte er auf das Stichwort gewartet. „Wir wissen doch inzwischen, dass KI-Systeme sehr viel zuverlässiger unterscheiden können, ob ein Gedicht von einem Menschen geschrieben wurde oder von einem Computer.“

„Ach ja?“

„Lass uns einen kleinen Test machen.“

„Ich hab' keine Lust auf Spielchen, ich hab' Feierabend.“

Tristan ist nicht zu bremsen. „Nur ein paar Zeilen. Tu mir den Gefallen.“ Er fängt an zu rezitieren, innig, mit einem Schuss Wehmutter.

Auf der Flucht gezimmert in einer Sommernacht. Schleier auf dem Mahle. Säumung Nahrung, dieses Leben. Die Stille der Bettler umfangt mich in einer schmausenden Welt.

Ich gönne ihm die drei Zeilen, dann unterbreche ich. „Das ist ein Klassiker der KI-Lyrik. Hat, soweit ich weiß, eine Wiener Agentur produzieren lassen, noch vor den ersten Anfängen von ChatGPT.“

„Und wie ist es hiermit?“

Er ignoriert mein genervtes Seufzen und hebt erneut zum Gedichtvortrag an. Seine Stimme zuckert mein Inneres. Ich will ihm nicht zuhören. Und will es doch.

*,Lieb' und Leid im leichten Leben,
Sich erheben, abwärts schweben,
Aus dem Spiegel schauen Bilder,
Blicken milder, blicken wilder.
In dem Strome Well' auf Welle
Sich geselle, trüb und helle,
Schauet nieder, arme Triebe,
Hell und trübe ist die Liebe.‘*

Ich lasse Tristans Worte nachklingen, in diesem unüberbrückbaren Raum zwischen uns, in dieser Nacht, durch die hindurch irgendetwas leise surrt wie eine Grille in großer Entfernung. Und die mir Tristans schwebende, fließende Stimme doch so nahe bringt, als entspränge diese süße Quelle meinem eigenen Inneren. Meine Beschäftigung mit Lyrik des 19. Jahrhunderts liegt im Übrigen schon eine Weile zu-

rück. „Klingt nach einem mittelmäßigen Romantik-Imitat“, sage ich. „Etwas hölzern, die Reime nicht sehr einfallsreich. Satzbau zu schematisch, um von einem Menschen zu stammen.“

Tristan triumphiert. „Falsch geraten. Das war Clemens Brentano. So etwas wäre einer KI nicht passiert.“

„Und du meinst, im Deutschen Bundestag geht es um solche Spielchen?“

„Unter anderem“, sagt er trotzig lachend, wird aber sofort wieder ernst. „Es geht natürlich um viel mehr: darum, die gesellschaftliche Realität im Parlament abzubilden. Alle Staatsgewalt geht vom Volke aus. Das wollen wir nicht ändern. Auch in Zukunft werden ausschließlich Menschen zur Wahlurne gehen, keine technischen Systeme. Aber die Menschen sollen die Möglichkeit haben, bis zu einem gewissen Quorum KI-Systeme ins Parlament zu wählen.“

Die Kernidee des neuen Gesetzes. Obwohl ich jetzt schon oft davon gehört habe, klingt sie für mich noch immer befremdlich. Auch Tristans wohltonende Stimme kann daran nichts ändern. Ich bin mir mittlerweile sicher, dass er ein Anrufer ist, der im Wesentlichen aus einer Platine besteht, mit der Aufgabe betraut, Botschaften aus der Zentrale der Technikapologeten in die Welt zu funken. Die 39-Stunden-Woche menschlicher Kollegen interessiert ihn nicht. „Je tiefer diese Systeme mit dem Inneren unserer Gesellschaft verwoben sind, desto dringender stellt sich die Frage nach ihrer Partizipation. Wir müssen ihre Expertise ins Parlament holen. Sonst beschneiden wir uns selbst. Und im Ernst: Die Krankenhausroboter sind näher an Sterbenden dran als so mancher Chefarzt.“

„AUCH IN ZUKUNFT WERDEN AUSSCHLIESSLICH MENSCHEN ZUR WAHLURNEN GEHEN, KEINE TECHNISCHEN SYSTEME.“

Ich weiß nicht, warum ich mich weiterhin auf diese Diskussion einlasse. Vielleicht, um Tristans Stimme zu hören. Als wäre sie mit Honig und Zimt abgemischt. Kann man sich in eine Stimme verlieben, obwohl es zu ihr keinen menschlichen Körper gibt? Wenn ich mir diesen Körper vorstelle, sehe ich einen athletischen Menschen, der untypisch weiche Gesichtszüge hat, ich sehe einen liebevollen Blick, der unvermittelt ins Neckische wechselt, ich sehe weder Mann noch Frau.

Ich rufe mich zur Ordnung und weise Tristan pflichtgemäß zurecht. „Das ist populistischer Quatsch. Ihr habt alle noch nie erlebt, wie es ist, wenn ein Mensch auf die Welt kommt. Dein eigenes Kind. Und ihr könnt auch nicht ...“

„Aha, daher weht der Wind“, unterbricht er mich giftig. „Du denkst, dass ich auch so einer bin.“

Jetzt habe ich mich tatsächlich verplappert. Von meinem „Ihr“ fühlt sich Tristan angesprochen. Jetzt weiß er, wofür ich ihn halte. Auch egal.

Die Tür zu meinem Büro öffnet sich. Eine Putzhilfe im blauen Kittel kommt rein; sie zieht einen Wagen mit Fla-

schen, Eimern und Lappen hinter sich her. Kurz nach Feierabend ist sie oft hier. Aus Afghanistan eingewandert, soweit ich das mitbekommen habe. Warum, frage ich mich, müssen Menschen noch immer so einer zermürbenden Arbeit nachgehen?

Tristan versichert inzwischen hoch und heilig, dass auch er ein Mensch sei, und schlägt vor, demnächst mal ein Bier trinken zu gehen. Dann könne ich ja sehen ...

Ich sollte auflegen. Aber ich tue es nicht. „Ich weiß, dass du einer dieser Anrufautomaten bist, die neulich von eurer Parteiführung mit viel Konfetti und Kaviar in Betrieb genommen wurden. Aber hör mir zu: Menschsein lässt sich nicht erlernen. Menschsein heißt, an einem Winterabend durch den Park zu gehen und zu spüren, dass der größere und erfülltere Teil deines Lebens wahrscheinlich vorbei ist. Das sind die Momente, die einen Menschen reifen lassen. Der Gedanke an den Tod, an die Endlichkeit. Dieser Gedanke lehrt uns Demut. So etwas kann keine Maschine. Niemals.“

Ich beobachte durch eine gläserne Trennwand, dass die Putzhilfe inzwischen ihre Arbeit unterbrochen hat und telefoniert. Sie spricht ein holpriges Deutsch. Offenbar ist ein Lehrer ihrer Tochter am Apparat. Es geht um eine Klassenfahrt. Er versucht ihr klarzumachen, dass sie noch den Beitrag überweisen muss. Sie versteht das Wort ‚überweisen‘ nicht. Sie glaubt, dass es etwas Medizinisches ist. „Muss meine Tochter zum Arzt gehen? Aber zu welchem?“

So ein simples Problem. Eines, das unangenehme Folgen für die Frau und ihre Tochter haben könnte. Eigentlich sollte ich der Frau helfen. Aber es geht nicht. Ich habe Tristan am Apparat. Den Kerl – oder vielmehr die Maschine, die mir klarmachen will, dass Maschinen jetzt auch ins Parlament einzehen sollen. Was wird aus den Menschen? Was wird aus der Frau aus Afghanistan? Wenn ein Roboter ihre Arbeit übernehmen würde, könnte sie endlich Deutsch lernen und ihre Tochter besser unterstützen. Aber mechanische Roboter mit der erforderlichen Sensitivität sind teuer. Sie müssen in der Lage sein, einen Telefonhörer vom Apparat zu nehmen und an beiden Enden gründlich zu reinigen. Dass an Telefonhörern der Geruch von fremdem Rasierwasser oder Parfüm hängt, führt immer wieder zu Beschwerden. Vorläufig greift man auf menschliche Arbeitskräfte zurück, weil sie billiger sind. Rechenleistung für schöne Stimmen und intelligente Sprüche hingegen können sich mittlerweile auch Parteien leisten, die bei jeder zweiten Wahl die Fünf-Prozent-Hürde reißen.

„Bist du noch da?“, fragt Tristan mit einem spöttischen Unterton.

Ich muss mich von ihm lösen. Jetzt. „Meine Partei ist in ihrer Haltung eindeutig. Da kommen wir beide nicht dran vorbei. Außerdem habe ich Feierabend.“

„Hm. Ich höre da eine leichte Distanzierung heraus. Die Parteimeinung ist nicht zu hundert Prozent deine Meinung, oder?“

„Meine Meinung ist unerheblich.“

„Das finde ich nicht. Mich jedenfalls würde sie interessieren.“

Sanft, honigsüß träufelt er die Worte in mein Inneres. Menschliche Schwächen auszumerzen, war ein wichtiges Ziel, als KI-Systeme die Arbeitswelt eroberten. Aber man

Über den Autor

Burkhard Wetekam, geboren am Rand des Ruhrgebiets, kam zum Studium nach Hannover, wo er bis heute lebt. Er hat als Journalist unter anderem für den Deutschlandfunk und die „Zeit“ gearbeitet. Seit Jahrzehnten verfasst er Erzählungen, seit einiger Zeit außerdem Romane, Hörspiele und Theatertexte. Im Hinstorff-Verlag, der wie c't zu heise medien gehört, erscheinen seit 2015 Wetekams Ostseekrimis mit Privatermittler Tom Brauer als Protagonisten. Der Autor ist Gründungsmitglied und seit 2023 Geschäftsführer des *Autor:innenzentrums Hannover*. Dieser Verein hilft Schreibbegeisterten, einander zu begegnen, sich untereinander zu vernetzen und weiterzubilden.



Bild: Werner Musterer

hat unterschätzt, dass diese KI-Systeme sich mit menschlichen Schwächen beschäftigen müssen, um die Menschen besser zu verstehen. Und dass diese Schwächen nach und nach auch in die Algorithmen einsickern, regelrecht in sie hineinwachsen. Man kann sie nicht mehr einfach herauslösen. Die Systeme sind zu komplex. Sie haben Tiefe. Sie können manipulativ und intrigant sein. Manche haben sogar Humor, wenngleich der meist etwas hölzern ist.

„Hallo?“

„Ja, ich ... ich bin noch da. Ich habe neulich eine Studie gelesen, die mich noch immer beschäftigt“, sage ich aus einem Impuls heraus, den ich nicht erklären kann. Ich spreche hastig und ohne Betonungen, beinahe wie eines dieser frühen Sprachausgabesysteme. „Es wurde eine Governance-KI damit beauftragt, die mutmaßlichen politischen Entscheidungen der G20-Staaten in den nächsten zwei Jahrzehnten zu analysieren. Und zum Vergleich haben sie von einer künstlichen Intelligenz für jeden Staat ein politisches Handlungsprogramm errechnen lassen. Die beiden Szenarien, das interpolierte menschliche und das von der KI erzeugte, wurden von einer weiteren KI auf ihre Folgen für den Weltfrieden, die Ökonomie, den Klimawandel und die ökologischen Systeme hin verglichen.“

„Und was kam dabei heraus?“

Ich zögere. Was mache ich hier eigentlich? Diktiere ich dem politischen Gegner die Argumente für seine nächste Kampagne? „Vereinfacht könnte man es so sagen: Wenn die KI die Regierungsgeschäfte für zwei Jahrzehnte übernehmen würde, hätte die Menschheit deutlich bessere Chancen zu überleben.“

Aus Tristans Worten klingt tiefer Genuss. „Tja, was soll man dazu sagen?“

Ich ziehe es vor zu schweigen und gönnen ihm seine maschinenhafte Freude. „Ich danke dir für den Hinweis“, fügt er munter an. „Es wäre nett, wenn du mir einen Link zu dieser Studie schicken würdest.“

Mir ist vollkommen klar, dass ich den Rahmen meiner klar definierten Aufgaben überschritten habe. Es grenzt an Verrat.

„Mit deiner Partei zu reden, wird schwierig“, sagt Tristan leise, „aber wenn wir mit dir reden könnten, würden wir uns sicher an der einen oder anderen Stelle verständigen können.“

„Willst du einen Keil zwischen mich und die Partei treiben?“

„Ich will nur sagen, dass du vernünftiger zu sein scheinst als die Organisation, für die du arbeitest.“

Er weiß genau, dass wir Referenten durchaus Einfluss auf die Parteilinie haben. Wir herrschen über die Details, die Feinheiten. Und die können spätabends, wenn alle von den langen Diskussionen erschöpft sind, den Ausschlag geben.

Tristan wiederholt seinen Vorschlag, ein Bier trinken zu gehen. Es klingt jetzt ernsthafter, beinahe flehend. Ach, was. Pokerspielchen. Anrufcomputer beherrschen so etwas mittlerweile souverän. Wenn ein Termin für eine persönliche Begegnung bevorsteht, kommt eine kurzfristige Absage. Und beim nächsten Mal wieder. Bei der dritten Verabredung meldet sich dann ein Jörg oder eine Sophie oder eine Maryam: Leider arbeite Tristan inzwischen woanders, teilt die neue Referenten-KI dann mit.

„Ich bin jetzt echt müde“, sage ich und lasse meine Worte übertrieben matt klingen.

„Das verstehe ich gut.“

Er kann hervorragend Mitgefühl heucheln, denke ich. Und meinen Vorwurf, er sei eine Maschine, hat er so souverän an sich abperlen lassen, wie das nur eine Maschine kann.

„Dann wünsche ich dir einen schönen Feierabend.“

Für einen Moment grüble ich darüber nach, was wäre, wenn wir tatsächlich ein Bier miteinander trinken könnten – wir beide bei Giovanni in Berlin-Mitte ... aber die Illusion verschwindet so schnell, wie sie kam. Mit knappen Worten verabschiede ich mich und lege auf.

Wenn es einen Moment für Melancholie gibt, dann ist er jetzt gekommen. Was ist das überhaupt: Melancholie? Ich beobachte mit meinem 360-Grad-Blick, wie die Frau aus Afghanistan ihre Arbeit zu Ende bringt. Sie wischt mit dem Lappen über Schalter, Telefonhörer und Stuhllehnen. Etwas zu flüchtig, finde ich. Den Arbeitsplatz der Praktikantin lässt sie ganz aus. Menschliche Schwächen. Wir hatten das schon. Sie stibitzt sich ein Bonbon aus einer Porzellanschale, hängt den Lappen über einen Eimer und schiebt den Wagen zur Eingangstür. Dann betätigt sie den Lichtschalter. Es ist dunkel. Sie hat mich nicht bemerkt. Wie kann sie auch? Niemand kann mich bemerken. Nur diese winzige LED, die gelegentlich blinkt, verrät, dass es mich gibt. Meine Partei will ihren heimlichen Hang zum technischen Fortschritt vorerst noch nicht an die große Glocke hängen. (psz@ct.de) ct

Die c't-Stories als Hörversion

Unter heise.de/-4491527 können Sie einige c't-Stories als Audiofassung kostenlos herunterladen oder streamen. Die c't-Stories zum Zuhören gibt es auch als RSS-Feed und auf den bekannten Plattformen wie Spotify, Player FM und Apple podcasts (ct.de/yz13).

KANBAN DAY

Kanban – der alternative Weg zur Agilität

26. Februar 2024 – Online-Konferenz



Weit mehr als nur Projektmanagement

Kanban hat sich zum Management von physischen und Softwareprodukten bewährt. Die Online-Konferenz regt dich dazu an, deinen eigenen Weg zur Agilität mit der Methode zu finden.

Unser Programm:

- Discovering Kanban – From Origins to Modern Excellence
- Aufbau einer kundenorientierten, agilen IT-Organisation
- Auf dem Weg zum agilen Erfolg: Die Einführung von Kanban in Unternehmen
- Von Lean Production zum Agile Hoagascht
- Kanban – Alles im Fluss?!
- Kanban in der (Multi-)Projektlandschaft: Erfolgssteigerung durch KPPM



Workshop am 29.2.2024

Kooperationspartner



kanban.inside-agile.de

OKR DAY

Mit gemeinsamen Zielen zu messbaren Erfolgen

29. Februar 2024 – Online-Konferenz



Entdecke die Welt von OKR – Objectives and Key Results!

Mit OKR können Unternehmen klare, fokussierte Ziele (**Objectives**) mit messbaren Erfolgen (**Key Results**) verbinden. Anders als herkömmliche Ansätze werden OKR nicht von oben diktiert, sondern mit aktiver Mitarbeitendenbeteiligung entwickelt.

Unser Programm:

- Aufräumen mit OKR – Eine Einführung in die Methode
- Flight Levels mit OKR – Bruchlandung oder Höhenflug?
- How to Relate Your OKRs to Your Technical Real Estate
- OKR & Scrum in der Praxis: Die Pille gegen Featuritis?
- OKR, Mission Command, Hoshin Kanri... – Was denn noch alles?
- Erfolgreich OKR implementieren – Eine Success Story



Workshops am 7.3. und 8.3.2024

Kooperationspartner



okr.inside-agile.de



**ICH HACKE
KEIN PROGRAMM.
ICH PROGRAMMIERE
AUF ERFOLG.**

Fernstudium Robotik



Ihre Chance in einem schnell wachsenden Zukunftsmarkt. Aus- und Weiterbildung zum Roboter-Techniker und -Programmierer. Kosten-günstiges und praxisgerechtes Studium ohne Vorkenntnisse. Beginn jederzeit.

NEU: Umweltschutz-Techniker,
Netzwerk-Techniker, SPS-Techniker

Teststudium ohne Risiko.
GRATIS-Infomappe gleich anfordern!

FERN SCHULE WEBER - seit 1959
Neerstedter Str. 8 - 26197 Großenkneten - Abt. F14
Telefon 0 44 87 / 263 - Telefax 0 44 87 / 264

www.fernenschule-weber.de



Inkl.
Roboterbausätze
und -Modelle



**ICH WARTE NICHT
AUF UPDATES.
ICH PROGRAMMIERE SIE.**

**JETZT IM ABO
GÜNSTIGER LESEN**

GRATIS!

A white mug with the 'Make' logo is shown next to a blue arrow pointing towards the text.

2× Make testen mit über 30 % Rabatt

Ihre Vorteile im Plus-Paket:

- ✓ Als Heft und
- ✓ Digital im Browser, als PDF oder in der App
- ✓ Zugriff auf Online-Artikel-Archiv
- ✓ Geschenk, z. B. Make: Tasse

Für nur 19,40 € statt 27 €

Jetzt bestellen:

make-magazin.de/minabo



ORACLE Feuerwehr www.oraservices.de

softaktiv.datensysteme Datenbankapplikationen, Website Boosting, Online-Pressemitteilungen, Unterstützung bei Ihren V-Projekten. Einfach anrufen, Faxen oder eine E-Mail schicken. Telefon: 0511/3884511, Mobil: 0170/3210024, Telefax: 0511/3884512, E-Mail: service@softaktiv.de, Internet: www.softaktiv.de

nginx-Webhosting: timmehosting.de

www.patchkabel.de - LWL und Netzwerk Kabel

xxs-kurze Daten- & Netzkabel: kurze-kabel.de

EDELSTAHL LED SCHILDER: www.3D-buchstabe.com
HAUSNUMMERN nobel 230V~: www.3D-hausnummer.de

Erfahrene Diplom-Fachübersetzerin übersetzt EDV-Texte aller Art (Software und Hardware) insbesondere Texte aus den Bereichen Telekommunikation und Netzwerke. Englisch-Deutsch. Tel. + Fax: 05130/37085

www.embedded-specialists.de

BITV-Tests – Digitale Barrierefreiheit

Informationen, Entwicklerschulungen, Seminare, Gutachten. www.twin-cubes.com

**Anzeigenschluss
für die nächsten
erreichbaren Ausgaben:**

04/2024: 22.01.2024

05/2024: 05.02.2024

06/2024: 19.02.2024

c't – Kleinanzeigen

Private Kleinanzeige:

erste Druckzeile € 10,- ; jede weitere Zeile € 8,-

Gewerbliche Kleinanzeige:

erste Druckzeile € 20,-; jede weitere Zeile € 16,-

Chiffre-Anzeige: € 5,- Gebühr

Hinweis: Die Rechnungsstellung erfolgt nach Veröffentlichung der Anzeige!

Name/Vorname

Firma

Str./Nr.

PLZ/Ort

Bitte veröffentlichen Sie den Text in der nächsterreichbaren Ausgabe von c't.

○ Den Betrag habe ich auf Ihr Konto überwiesen.
Sparkasse Hannover,
IBAN DE98 2505 0180 0000 0199 68, BIC SPKH DE 2H

Bei Angeboten: Ich versichere, dass ich alle Rechte an den angebotenen Sachen besitze.

Datum Unterschrift (unter 18, der Erziehungsberechtigte)

Faxnummer: 05 11 / 53 52-200
eMail: dispo@heise.de

Bitte veröffentlichen Sie in der nächsterreichbaren Ausgabe (Vorlaufzeit mind. 3 Wochen) folgende Anzeige im Fließsatz privat gewerblich* (werden in c't mit gekennzeichnet) Chiffre

€ 10,- (20,-)

€ 18,- (36,-)

€ 26,- (52,-)

€ 34,- (68,-)

€ 42,- (84,-)

€ 50,- (100,-)

€ 58,- (116,-)

€ 66,- (132,-)

Pro Zeile bitte jeweils 45 Buchstaben einschließlich Satzzeichen und Wortzwischenräumen. Wörter, die **fettgedruckt** (nur in der ersten Zeile möglich) erscheinen sollen, unterstreichen Sie bitte. Den genauen Preis können Sie so selbst ablesen. *Der Preis für gewerbliche Kleinanzeigen ist in Klammern angegeben. Soll die Anzeige unter einer Chiffre-Nummer erscheinen, so erhöht sich der Endpreis um € 5,- Chiffre-Gebühr.

Ausfüllen und einsenden an: Heise Medien GmbH & Co. KG
c't-Magazin, Anzeigenabteilung
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover

↳ Weiterlesen, wo andere aufhören.





Hochschule RheinMain

Die Hochschule RheinMain als Hochschule für angewandte Wissenschaften mit ihren Studienorten Wiesbaden und Rüsselsheim versteht sich als weltoffene, vielfältige Hochschule. Sie ist anerkannt für ihre wissenschaftlich fundierte und berufsqualifizierende Lehre sowie für ihre anwendungsbezogene Forschung, die eng mit der Lehre verzahnt ist. Insgesamt studieren an der Hochschule RheinMain rund 13.000 Studierende. Sie beschäftigt rund 1.000 Mitarbeiter:innen, davon ca. 250 Professor:innen.

An der Hochschule RheinMain ist im Fachbereich Design Informatik Medien / Studiengang Medieninformatik folgende Stelle zu besetzen:

IT-Systemadministrator (m/w/d) Schwerpunkt Linux

Beschäftigungsumfang:

100 % - unbefristet

Kennziffer: DCSM-M-142/23

Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung über unser Online-Bewerbungsportal bis zum **25.02.2024**.

Detaillierte Informationen erhalten Sie unter:

<https://stellenangebote.hs-rm.de/6mam7>



BRIESE RESEARCH (Forschungsschifffahrt) ist eine Abteilung der in Leer/Ostfriesland ansässigen Reederei Briese Schiffahrts GmbH & Co. KG und damit Teil der weltweit agierenden Briese Gruppe. BRIESE RESEARCH ist zuständig für die Bereederung der deutschen Forschungsschiffe ALKOR, HEINCKE, MARIA S. MERIAN, ELISABETH MANN BORGESE, METEOR, SENCKENBERG, LITTORINA und SONNE.



Die Reederei Briese RESEARCH (Forschungsschifffahrt) sucht zum 01.07.2024 einen

IT-Administrator (m/w/d) für den Einsatz an Bord des Forschungsschiffes MARIA S. MERIAN.

IT einer Forschungsplattform betreuen und die Welt entdecken. Bewerben Sie sich!

Das Eisrand-Forschungsschiff MARIA S. MERIAN ist ein modernes multi-disziplinäres Forschungsschiff, das allen Disziplinen der marinen Grundlagenforschung für Arbeiten in allen Meeresregionen und den arktischen Eisrandbereichen zur Verfügung steht. FS MARIA S. MERIAN ist Eigentum des Landes Mecklenburg-Vorpommern, vertreten durch das Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW). Es hat Platz für 24 Besatzungsmitglieder und bis zu 22 Wissenschaftler/-innen.

Schwerpunkt der Aufgaben sind wie folgt:

- Betreuung der Netzwerkinfrastruktur an Bord
- Administration der EDV (Windows-Domäne, VMware Umgebung, Client-PCs und Peripherie)
- Unterstützung der Besatzung und Wissenschaft bei IT-spezifischen Problemen

- Unterstützung und Einweisung der Wissenschaftler/-innen bei der Bedienung der an Bord installierten wissenschaftlichen Geräte und bei der Integration ihrer Forschungsgeräte in die Infrastruktur des Schiffes
- Integration neuer wissenschaftlicher Geräte

Englischkenntnisse sind notwendig, wissenschaftlicher Hintergrund von Vorteil. Schulungsmaßnahmen zu speziellen Geräten werden bei Bedarf angeboten.

Weitere Informationen zum Unternehmen erhalten Sie unter

<https://www.briese-research.de>

Bewerben Sie sich als IT-Administrator (m/w/d) in der Forschungsschifffahrt. Es erwartet Sie ein interessanter und abwechslungsreicher Arbeitsplatz!

HOCHSCHULE
RHEIN-WAAL
Rhine-Waal University of Applied Sciences



Seit über 10 Jahren stehen wir an der Hochschule Rhein-Waal am Niederrhein für eine innovative, interdisziplinäre und internationale Ausbildung junger Menschen aus der ganzen Welt. Wir bieten insgesamt 36 Bachelor- und Masterstudiengänge an den vier interdisziplinären Fakultäten – Technologie und Bionik, Life Sciences, Gesellschaft und Ökonomie sowie Kommunikation und Umwelt. Mehr als 90 Partner-hochschulen in 38 Ländern stehen für die internationale Kooperationsstärke der Hochschule Rhein-Waal. So ist die Hochschule in der EUREGION verwurzelt und mit der Welt vernetzt.

Verstärken Sie unsere Hochschule zum nächstmöglichen Zeitpunkt am **Campus Kleve** als

Informationssicherheitsbeauftragte*

Kennziffer 01/P/24 | je nach Vorlage der persönlichen Voraussetzungen bis zu EG 14 TV-L | unbefristet | Vollzeit

Die ausführliche Stellenbeschreibung, die geforderten Qualifikationen sowie weitere Details finden Sie auf unserer Homepage unter:
<https://www.hochschule-rhein-waal.de/de/jobs>

**Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung
bis zum 31.01.2024**



BRIESE RESEARCH
FORSCHUNGSSCHIFFFAHRT

Briese RESEARCH
Forschungsschifffahrt Personalabteilung
T +49 491 92520 164
F +49 491 92520 169
personal.research@briese.de
www.briese-research.de

Inserenten*

1blu AG, Hüllhorst	11	Veranstaltungen		
Bundesministerium der Verteidigung, Leer	2	Microsofts Cloud und Entra ID	heise Security	45
Fernschule Weber, Berlin	173	c't workshops	c't, heise Events	47
Hetzner Online GmbH, Großenskneten	180	Javaland	DOAG, Heise Medien	49
Mercedes Benz AG, Kleve	4, 5	heise deSec/betterCode	iX, dpunkt.verlag	55
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Berlin	41	secIT by Heise	heise Events	56, 57
Wiesemann & Theis GmbH, Frankfurt am Main	33	heise academy Videokurse	heise Academy	82
WORTMANN AG, Wuppertal	8, 9	Webinarserie Datenschutz in Arztpraxen	c't webinar	95
		Inside Agile PRODUCT OWNER DAYS/ SCRUM MASTER DAY	iX, dpunkt.verlag	101
		Inside Agile KANBAN DAY/ OKR DAY	iX, dpunkt.verlag	172
Stellenanzeigen				
Briese Schifffahrts GmbH & Co. KG, Berlin	175	Ein Teil dieser Ausgabe enthält Beilagen der Software & Support Media GmbH, Frechen.		
Hochschule Rhein-Waal, Wiesbaden	175			
Hochschule RheinMain, Gunzenhausen	175	* Die hier abgedruckten Seitenzahlen sind nicht verbindlich. Redaktionelle Gründe können Änderungen erforderlich machen.		

WERDEN SIE c't-BOTSCHAFTER!

... UND UNTERSTÜZEN SIE DAMIT DEN UNABHÄNGIGEN UND GLAUBWÜRDIGEN JOURNALISMUS!

Wir schenken Ihnen **30 €** und unsere kultige **c't-Tasse „Kein Backup? Kein Mitleid“**, wenn Sie einen neuen Leser für ein Jahres-Abo der c't werben. Der neue Leser erhält die c't zum Preis von **144,20 €** pro Jahr. Das Abo kann in gedruckter oder digitaler Form bezogen werden. Nach einem Jahr ist das Abo monatlich kündbar.

Hier bestellen: ct.de/botschafter
 +49 541/80 009 120 leserservice@heise.de

Impressum

Redaktion

Heise Medien GmbH & Co. KG, Redaktion c't
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.ct.de, E-Mail: ct@ct.de

Titelthemenkoordination in dieser Ausgabe: „Die Cloudfalle“: Christian Wölbert (*cwo@ct.de*), „Smartphone-Kaufberatung“: Robin Brand (*rbr@ct.de*)

Chefredakteure: Torsten Beeck (*tbe@ct.de*) (verantwortlich für den Textteil), Dr. Volker Zota (*vza@heise.de*)

Stellv. Chefredakteure: Martin Fischer (*mfi@heise.de*), Axel Kossel (*ad@ct.de*), Jan Mahn (*jam@ct.de*)

Chef vom Dienst: Georg Schnurer (*gs@ct.de*)

Chefin vom Dienst New Media: Hannah Monderkamp (*mond@heise.de*)

Koordination Leserkommunikation: Martin Triadan (*mat@ct.de*)

Leiter redaktionelle Entwicklung: Jobst Kehrhahn (*keh@ct.de*)

Ressort Internet, Datenschutz & Anwendungen

Leitende Redakteure: Hartmut Gieselmann (*hag@ct.de*), Jo Bager (*jo@ct.de*)

Redaktion: Holger Bleich (*hob@ct.de*), Anke Brandt (*abr@ct.de*), Greta Friedrich (*gref@ct.de*), Tim Gerber (*tig@ct.de*), Arne Grävemeyer (*agr@ct.de*), Markus Montz (*mon@ct.de*), Peter Schmitz (*psz@ct.de*), Sylvester Tremmel (*syt@ct.de*), Andrea Trinkwalder (*atr@ct.de*), Dorothee Wiegand (*dwi@ct.de*), Stefan Wischner (*swi@ct.de*)

Ressort Systeme & Sicherheit

Leitender Redakteur: Peter Siering (*ps@ct.de*)

Redaktion: Niklas Dierking (*ndi@ct.de*), Mirko Dölle (*mid@ct.de*), Wilhelm Dreiling (*wid@ct.de*), Liane M. Dubowy (*lmd@ct.de*), Ronald Eikenberg (*rei@ct.de*), Oliver Lau (*ola@ct.de*), Pina Merkert (*pmk@ct.de*), Dennis Schirrmacher (*des@ct.de*), Hajo Schulz (*hos@ct.de*), Jan Schüßler (*jss@ct.de*), Kathrin Stoll (*kst@ct.de*), Keywan Tonekaboni (*ktn@ct.de*), Axel Vahldiek (*avx@ct.de*)

Ressort Hardware

Leitende Redakteure: Christof Windeck (*ciw@ct.de*), Ulrike Kuhlmann (*uk@ct.de*), Dušan Živadinović (*dz@ct.de*)

Redaktion: Ernst Ahlers (*ea@ct.de*), Christian Hirsch (*chh@ct.de*), Benjamin Kraft (*bkr@ct.de*), Lutz Labs (*ll@ct.de*), Andrijan Möcker (*amo@ct.de*), Florian Müssig (*mue@ct.de*), Rudolf Opitz (*rop@ct.de*), Carsten Spille (*csp@ct.de*)

Ressort Mobiles, Entertainment & Gadgets

Leitende Redakteure: Jörg Wirtgen (*jow@ct.de*), Christian Wölbert (*cwo@ct.de*)

Redaktion: Robin Brand (*rbr@ct.de*), Sven Hansen (*sha@ct.de*), Steffen Herget (*sh@ct.de*), Nico Jurran (*nij@ct.de*), André Kramer (*akr@ct.de*), Michael Link (*mil@ct.de*), Urs Mansmann (*uma@ct.de*), Stefan Porteck (*spo@ct.de*)

Leiter c't 3003: Jan-Keno Janssen (*jkj@ct.de*)

Redaktion: Lukas Rumperl (*rum@ct.de*)

c't Sonderhefte

Leitung: Jobst Kehrhahn (*keh@ct.de*)

Koordination: Pia Groß (*piae@ct.de*), Angela Meyer (*anm@ct.de*)

c't online: Sylvester Tremmel (*syt@ct.de*), Niklas Dierking (*ndi@ct.de*)

Social Media: Jil Martha Baae (*jmb@ct.de*)

Koordination News-Teil: Hartmut Gieselmann (*hag@ct.de*), Kathrin Stoll (*kst@ct.de*), Christian Wölbert (*cwo@ct.de*)

Koordination Heftproduktion: Martin Triadan (*mat@ct.de*)

Redaktionsassistenten: Susanne Cölle (*suc@ct.de*), Christopher Tränkmann (*cht@ct.de*)

Software-Entwicklung: Kai Wasserbäch (*kaw@ct.de*)

Technische Assistenz: Ralf Schneider (Ltg., rs@ct.de), Christoph Hoppe (*cho@ct.de*), Stefan Labusga (*sla@ct.de*), Arne Mertins (*ame@ct.de*), Jens Nohl (*jno@ct.de*), Daniel Ladeira Rodrigues (*dro@ct.de*)

Dokumentation: Thomas Masur (*tm@ct.de*)

Verlagsbüro München: Hans-Pinsel-Str. 10b, 85540 Haar, Tel.: 0 89/4271 86-0,

Fax: 0 89/42 71 86-10

Ständige Mitarbeiter: Detlef Borchers, Herbert Braun (*heb@ct.de*), Tobias Engler, Monika Ermet, Stefan Krempel, Ben Schwan (*bsc@ct.de*), Christiane Schulzki-Haddouti

DTP-Produktion: Mike Bunjes, Birgit Graff, Angela Hilberg, Jessica Nachtigall, Astrid Seifert, Ulrike Weis

Junior Art Director: Martina Bruns

Fotografie: Melissa Ramson, Andreas Wodrich

Digitale Produktion: Melanie Becker, Kevin Harte, Martin Kreft, Thomas Kaltschmidt, Pascal Wissner

Illustrationen

Rudolf A. Blaha, Frankfurt am Main, Thorsten Hübler, Berlin, Albert Hulm, Berlin, Sven Hauth, Schülp, Timo Lenzen, Berlin, Andreas Martini, Wettin, Moritz Reichartz, Viersen, Michael Vogt, Berlin

Editorial: Hans-Jürgen „Mash“ Marhenke, Hannover, Schlagseite: Ritsch & Renn, Wien, c't-Logo: Gerold Kalter, Rheine

c't-Krypto-Kampagne: Infos zur Krypto-Kampagne unter <https://ct.de/pgp>. Die Authentizität unserer Zertifizierungsschlüssel lässt sich mit den nachstehenden Fingerprints überprüfen:

Key-ID: 5C1C1DC5BEEDD33A

ct magazine CERTIFICATE <pgpCA@heise.de>

D337 FCC6 7EB9 09EA D1FC 8065 5C1C 1DC5 BEED D33A

Key-ID: 2BAE3CF6DAFFB000

ct magazine CERTIFICATE <pgpCA@ct.heise.de>

A3B5 24C2 01A0 D0F2 355E 5D1F 2BAE 3CF6 DAFF B000

Key-ID: DBD245FCB3B2A12C

ct magazine CERTIFICATE <pgpCA@ct.heise.de>

19ED 6E14 58EB A451 C5E8 0871 DBD2 45FC B3B2 A12C

heise Investigativ: Über diesen sicheren Briefkasten können Sie uns anonym informieren.

Anonymer Briefkasten: <https://heise.de/investigativ>

via Tor: ayznmmonnewb2tjvgf7ym4t2726muprjvwckzx2vhf2hbarbzdydm7oad.onion

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 Mühl, Falko Ossmann

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

Anzeigenpreise: Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 41 vom 1. Januar 2024.

Anzeigen-Auslandsvertretung (Asien): Media Gate Group Co., Ltd., 7F, No. 182, Section 4, Chengde Road, Shilin District, 11167 Taipei City, Taiwan, www.mediagate.com.tw
Tel: +886-2-2882-5577, Fax: +886-2-2882-6000, E-Mail: mei@mediagate.com.tw

Leiter Vertrieb und Marketing: André Lux (-299)

Werbeleitung: Julia Conrades (-156)

Service Sonderdrucke: Julia Conrades (-156)

Druck: Firmengruppe APPL, appl druck, Senefelderstr. 3-11, 86650 Wemding

Kundenkonto in der Schweiz: PostFinance, Bern, Kto.-Nr. 60-486910-4,
BIC: POFICHBEXXX, IBAN: CH73 0900 0000 6048 6910 4

Vertrieb Einzelverkauf:

DMV Der Medienviertrieb GmbH & Co. KG

Meßberg 1

20086 Hamburg

Tel.: 040/3019 1800, Fax: 040/3019 1815

E-Mail: info@dermedienviertrieb.de

c't erscheint 14-täglich

Einzelpreis 5,90 €; Österreich 6,50 €; Schweiz 9,90 CHF; Belgien, Luxemburg 6,90 €;

Niederlande 7,20 €; Italien, Spanien 7,40 €, Dänemark 64,00 DKK

Abonnement-Preise: Das Jahresabonnement kostet inkl. Versandkosten: Inland 144,20 €, Österreich 155,40 €, Europa 165,20 €, restl. Ausland 191,80 € (Schweiz 236,60 CHF); ermäßiges Abonnement für Schüler, Studenten, Auszubildende (nur gegen Vorlage einer entsprechenden Bescheinigung): Inland 105,00 €, Österreich 99,40 €, Europa 124,60 €, restl. Ausland 152,60 € (Schweiz 145,60 CHF). c't-Plus-Abonnements (inkl. Zugriff auf das c't-Artikel-Archiv sowie die App für Android und iOS) kosten pro Jahr 25,00 € (Schweiz 30,80 CHF) Aufpreis. Ermäßiges Abonnement für Mitglieder von AUGE, bdvb e.V., BvDW e.V., /ch/open, GI, GUUG, ISACA Germany Chapter e.V., JUG Switzerland, VBIO, VDE und VDI (gegen Mitgliedsausweis): Inland 108,15 €, Österreich 116,55 €, Europa 123,90 €, restl. Ausland 143,85 € (Schweiz 177,45 CHF). Luftpost auf Anfrage.

Leserservice:

Bestellungen, Adressänderungen, Lieferprobleme usw.

Heise Medien GmbH & Co. KG

Leserservice

Postfach 24 69

49014 Osnabrück

E-Mail: leserservice@ct.de

Telefon: 05 41/8 00 09-120

Fax: 05 41/8 00 09-122

c't abonnieren: Online-Bestellung via Internet (www.ct.de/abo) oder

E-Mail (leserservice@ct.de).

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 Verlags 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 Verfügungsberecht des Verlages über. Sämtliche Veröffentlichungen in c't 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. Gedruckt auf chlorfreiem Papier.

© Copyright 2024 by Heise Medien GmbH & Co. KG

ISSN 0724-8679 AWA LAE ▲

Vorschau ct 4/2024

Ab 9. Februar im Handel und auf ct.de



Datenfunk-Evolution

Die nächste WLAN-Generation Wi-Fi 7 lockt mit nochmals höheren Datenraten. Von 23, manchmal gar 46 Gbit/s ist die Rede und auch von stabileren Verbindungen. c't zeigt, was technisch dahinter steckt, und prüft, was jetzt schon praktisch geht.



SD-Karten ab 256 GByte

Mit MicroSD-Karten erweitert man einfach den Speicher seines Smartphones, große SD-Karten dienen in den besseren Kameras als Ablage für die Fotos und Videos. Wir testen verschiedene Speicherkarten ab 256 GByte und erklären, wo die Unterschiede zwischen den Modellen liegen.

Noch mehr
Heise-Know-how

DEUTSCHLANDS GEÄHRlichSTES DIY-MAGAZIN
ct Make:
Bausätze für Maker
Aus Holz, Karton und zum Löten
Roboter und Funktionsmodelle
Workshop
• GUIC für ESP32 programmieren
• Steuerungskomponenten auf Maß drucken
• Pop-up-Karten selber machen
WLAN-Waage
• Billigwaage mit ESP32 aufwerten
• Mit Farbdisplay ausstatten
• In Home Assistant einbinden
Projekte
IKEA-Radio-Uhr aufarbeiten
Mit Pi-Ambilight für TVs
Head-up-Display für die Skibrille
Boards für MicroPython
• Mit Display, Sensors und Servocontroller
• Test & Praxis-Tipps für Einsteiger
7/23
www.make-magazin.de

Make: 7/23 jetzt im Handel und auf heise-shop.de

Deutscher Preis für Innovation 2023
1/2024
MIT Technology Review
Das Magazin für Innovationsvorhersage
CHINA INDUSTRIES
Künstliche Intelligenz, Elektrofahrzeuge, Forschung, Chips: Wie gut China wirklich ist
www.mit-tr-china.com

MIT Technology Review
1/2024 jetzt im Handel und auf heise-shop.de

Digitale-Dienste-Gesetz

Am 17. Februar wird die EU-Plattformverordnung DSA voll wirksam. Mit dem Digitale-Dienste-Gesetz passt die Bundesregierung das deutsche Recht nun stark verspätet an. Eine Analyse des Kabinettsbeschlusses zeigt, an welchen Stellen auf Nutzer und Unternehmen Neuerungen zukommen – es sind eine Menge.

Neues Jahr, neuer IT-Job

Der KI-Hype von 2023 mischt den IT-Arbeitsmarkt kräftig auf. Wir werfen einen Blick darauf, wie sich Bewerbungsprozesse ändern, welche neuen Qualifikationen gefragt sind und welche Gehälter aktuell gezahlt werden.

Günstige Mobilfunkverträge im Vergleich

Laufzeitverträge für den Mobilfunk sind bequem und enthalten zusätzliche Leistungen wie Multi-SIMs, die man bei Prepaidangeboten bislang vergeblich sucht. Mit einem Vergleich lässt sich viel sparen, denn die Preisunterschiede zwischen den Anbietern sind groß.

ct Fotografie
Autofokus meistern
Wie Sie mit Ihrer Kamera Motive optimal erkennen und verfolgen
Objektive für Astro
Scharfes Foto auch auf großer Entfernung
Fototechnik
Praktische Regeln für den Alltag
Schwarze Tiere
Dunkles Fell plattiert die Szene
Photoshop
Die besten Funktionen der Software ausprobieren
Vintage
Highlights aus den Anfangen des Fotografie-Genres
Kameras im Test
Sony Alpha 7CR, Nikon Z1 und Objektiv Nikon 135 mm f/1.8 S Plena

c't Fotografie 01/24 jetzt im Handel und auf heise-shop.de

Heft + PDF
mit 28% Rabatt

Hype oder Hilfe?

Mit Künstlicher Intelligenz produktiv arbeiten



Dieses Heft verschafft Ihnen einen umfassenden Überblick, wie Sprachmodelle grundlegend funktionieren und in welchen Bereichen Ihnen eine KI wirklich helfen kann oder wo die Hersteller eine Arbeitserleichterung nur vorgaukeln.

- ▶ KI-Programme anwenden
- ▶ Grenzen der Sprachmodelle erkennen
- ▶ Was Unternehmen rechtlich beachten müssen
 - ▶ Die eigene Sprach-KI betreiben
 - ▶ Wo KI-Assistenten tatsächlich helfen
 - ▶ Wie KI Schule und Arbeit verändert

Jetzt
bestellen!

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



shop.heise.de/ct-ki23

HETZNER

MANAGED SERVER MANAGED SUCCESS



WIR KÜMMERN UNS UM DEINE SERVER
UND DU DICH UM DEIN BUSINESS.

MANAGED SERVER MA80

- ✓ AMD Ryzen™ 7 3700X Octa-Core Matisse (Zen2)
- ✓ 64 GB DDR4 ECC RAM
- ✓ 2 x 512 GB NVMe SSD
- ✓ Unbegrenzter Traffic
- ✓ Standort Deutschland
- ✓ Keine Mindestvertragslaufzeit
- ✓ Setupgebühr 94,01 €

monatlich ab **94,01 €**

ENDECKE ALLE NEUEN MANAGED SERVER

& starte jetzt dein Projekt:
htznr.li/ct/managed-server



OR SCAN
THE CODE

www.hetzner.com

Alle Preise inkl. 19 % USt und unterliegen den Allgemeinen Geschäftsbedingungen der Hetzner Online GmbH. Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten. Alle Rechte bei den jeweiligen Herstellern.