



ePA für alle:
**Widerspruch
jetzt**

So macht E-Mail wieder Spaß

16 E-Mail-Clients • Das neue Outlook: Fallen vermeiden
Praxis: E-Mails sichern, Anbieter- und Clientwechsel

TEST

Multifunktionsdrucker ab 85 Euro
Klapptelefone: Motorola Razr 50
DDR5-RAM nicht nur fürs Overclocking
Fitness-Apps für VR-Brillen
Mobilfunk-Laufzeitverträge bis 30 Euro

E-Ink-Tablet statt Papier

Test: Vier Geräte mit Stift und Farbdisplay

FOKUS

Betrug mit Lastschriftzahlungen
Grafischer HTTP-API-Client für Entwickler
Eigener Standortverlauf ohne Google Maps
Altes Amazon-Tablet als Smart-Home-Display
Wie Sprach-KI Meinungen beeinflusst



Raspi-Projekte fürs Smart Home

Heizen, kühlen, trocknen, überwachen • Mehr Komfort, ohne Cloud

€ 6,20
AT € 6,90 | LUX, BEL € 7,30
NL € 7,50 | IT, ES € 7,80
CHF 10.50





BLUERIBBON-
DEUTSCHLAND.DE

RYAN
WICHERT

RYANS
PROSTATATA

BROSTATATA

Der neue 90 Sekunden Blockbuster von
CHARLEY STADLER

Andere haben
eine Prostata.
Er hat einen Bro.

Jetzt ansehen:



Glückwunsch an jeden Mann, der es bis hier zum Kleingedruckten geschafft hat.
Du solltest dich auch um deinen Bro kümmern und regelmäßig zur Früherkennung gehen.
Und guck dir unbedingt mal den Film an! brostata.info



Quantenjahr 2025: Weniger Hype, mehr Verständnis

Hurra, die Quantenphysik wird 100 Jahre alt! Um das gebührend zu feiern, haben die Vereinten Nationen 2025 zum Internationalen Jahr der Quantenwissenschaft und -technologie ausgerufen. 100 Jahre ist es her, dass Werner Heisenberg den Begriff Quantenmechanik geprägt und ihr mathematisches Fundament gelegt hat. Heute versuchen Tech-Giganten und Forschungseinrichtungen aus aller Welt, einen leistungsfähigen Quantencomputer zu entwickeln, der gefühlt alle Probleme der Menschheit lösen soll. Wann und ob es wirklich dazu kommt, kann niemand vorhersagen. Als Quantenphysikerin bin ich optimistisch, dass Quantentechnologie eines Tages tatsächlich sehr viel leisten wird. Höchstwahrscheinlich wird aber auch 2025 diesen großen Durchbruch nicht einleiten.

Das macht aber nichts, denn statt weiterer Sensationen, Durchbrüche und bahnbrechender Experimente braucht die Quantenforschung aktuell etwas ganz anderes: eine ordentliche Portion Realismus. Unkontrollierter Hype hilft niemandem, insbesondere nicht der Forschung, die diesen unrealistischen Erwartungen nicht gerecht werden kann. Großartige Forschungsergebnisse treffen dann nicht länger auf Anerkennung, sondern auf Ernüchterung, ja geradezu Enttäuschung.

Ein Grund für diesen Hype ist, dass kaum jemand, der nicht in dem Gebiet arbeitet, die Quantentheorie wirklich versteht. Noch schlimmer, sie steht im Schatten der Worte von Richard Feynman:

"Wer glaubt, die Quantentheorie verstanden zu haben, hat sie nicht verstanden." Dieses Zitat nutzt so mancher als Freifahrtschein fürs Aufgeben. Doch so allumfassend hatte Feynman es nicht gemeint. Zwar können wir nicht erklären, *warum* sich Quantenobjekte so verhalten, wie sie es tun, doch verstehen Forscher sehr gut, *welchen Regeln* die Quantenwelt folgt.

Nicht jeder muss diese Regeln bis ins Mark verstehen. Doch hat jeder die Möglichkeit, einen Blick in die Quantenwelt zu werfen, mit Büchern, Blogs, Videos, Vorträgen und sogar Experimenten für zu Hause – und das Quantenjahr ist die perfekte Gelegenheit dafür. Wer die Quantenphysik besser versteht, lässt sich weniger leicht von übertriebenen Versprechungen blenden und kann gleichzeitig über die faszinierende Welt staunen, die dort im Verborgenen schlummert.

Experimente und Veranstaltungen im Quantenjahr: ct.de/yejb



Sabrina Patsch

Sabrina Patsch



Intelligente Sicherheit

Wir passen auf. Mithilfe von Analysen und KI können wir täglich 43 Billionen Signale synthetisieren und so digitale Bedrohungen und kriminelle Cyberaktivitäten verste-

hen und verhindern. Im vergangenen Jahr wurden mehr als 70 Milliarden E-Mail-Angriffe und Identitätsbedrohungen abgewehrt. Noch bevor du deinen PC startest,

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 Przykopanski, **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** Herbborn, Tel. 02772/94990 • RODIAC EDV-Systemhaus GmbH, **42551** Velbert, Tel. 02051/989000 • ServeNet Computervertrieb, **42279** Wuppertal, Tel. 0202/266166 • Rose Computer GmbH, **46395** Bocholt, Tel. 02871/244400 • Kortenbreite 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 Vertriebs GmbH, **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** Reulingen, Tel. 07121/56780 • MP-Datentechnik GmbH, **73730** Esslingen, 0711/3609163 • SCHUCK it GmbH, **78194** Immendingen, Tel. 07462/9474-18 • CAB IT-Systemhaus GmbH, **79106** Freiburg, Tel. 0761/45646646 • 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.

TERRA PC-MINI 6000 V6.1



TERRA PC-MINI 6000 V6.1

- Intel® Core™ i5-12500 (18 MB Cache, bis zu 4.6 GHz)
- Windows 11 Pro
- 16 GB RAM Speicherkapazität
- 500 GB SSD Gesamtspeicherkapazität
- Intel UHD-730 Grafik

Artikel-Nr.: 1009983

859,-*

UVP inkl. gesetzl. MwSt.

zusammen kaufen mit:

TERRA LCD/LED 2427W HA

- 23.8" Bildschirmdiagonale
- 1920 x 1080 Pixel (Full-HD)
- 16:9 Seitenverhältnis
- Paneltechnologie VA
- Displayport 1.2, HDMI, USB-C
- 100Hz Bildwiederholrate
- Multifunktionsstandfuß mit Höhenverstellung, Neigung und horizontaler Schwenkfunktion

Artikel-Nr.: 3030221

129,-*

UVP inkl. gesetzl. MwSt.

die passende Halterung dazu:

Halterung PC-Micro/Mini/ VESA f. TERRA LCD 27er HA-Serie



Artikel-Nr.: 1400326

ist Windows 11 auf der Hut. Windows Software arbeitet mit deiner Hardware zusammen und wurde entwickelt, um deine Anwendungen, Identität, Informationen und Privatsphäre zu schützen.



* 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 Mitnahmegarantie.

¹ Hardwareabhängig

² Die Akkulaufzeit hängt stark von den Einstellungen, der Nutzung, dem Gerät und anderen Faktoren ab

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.

Titelthemen

So macht E-Mail wieder Spaß

- 16 Marktübersicht** 16 Mailclients für alle Plattformen
- 26 Das „neue“ Outlook** Mehr Down- als Upgrade
- 28 Mail-Umzug** Sichern, archivieren, migrieren

Raspi-Projekte fürs Smart Home

- 52 Bastelspaß inklusive** Raspi steuert Smart Home
- 54 Homematic** auf dem Raspberry Pi 4
- 60 Taupunktlüftungsanlage** für Keller und Wohnung
- 68 Videoüberwachung** mit KI per Raspi-NVR

E-Ink-Tablet statt Papier

- 88 Vergleichstest** Vier Geräte mit Farbe und Stift

Aktuell

- 14 US-Strafzölle** drohen sich auf die EU auszuwirken
- 34 GeForce RTX 5000** Nvidias neue Topmodelle
- 35 Hardware** Intel bringt sparsame Core Ultra 200S
- 36 Brandrisiko** Wie sicher sind Solarstrom-Speicher?
- 38 Bit-Rauschen** ARM-Chips von Nvidia
- 40 Netze** Konkurrenzkampf um Mobilfunk aus dem All
- 41 Server & Storage** Sparsamere PCIe-5.0-SSDs
- 42 ePA für alle: Widerspruch jetzt**
- 44 38C3** Hacker offenbaren heikle Datenlecks
- 45 Forschung** 3D-Chips, Speicherfolien
- 46 Internet** Meta schafft Faktenchecks ab
- 47 Handel und Geld** Echtzeitüberweisungen für alle
- 48 Samsung Galaxy S25** mit Snapdragon-Chips
- 49 Web-Tipps** Milliardäre, Judentum, EU-Erfolge

Test & Beratung

- 74 Fahrradcomputer** Luxus von Garmin und Wahoo
- 76 Thunderbolt-4-Dock** mit SSD-Slots
- 77 Tasten-Handy** Designerstück aus der Schweiz
- 78 Audiofunkstrecken** Røde Wireless Micro und Go
- 80 Raspberry Pi 5** mit 16 GByte RAM
- 81 In-Ear-Kopfhörer** Google Pixel Buds Pro 2
- 82 Smartes Teleskop** für Astrofotografie
- 84 Musiksoftware** Steinbergs DAW Cubase 14
- 94 Mobilfunk-Laufzeitverträge bis 30 Euro**
- 100 DDR5-RAM nicht nur fürs Overclocking**
- 104 Raspi CM5** Raspberry Pi 5 als Steckmodul
- 108 Klapptelefone: Motorola Razr 50**
- 112 Fitness-Apps für VR-Brillen**
- 118 Multifunktionsdrucker ab 85 Euro**
- 166 Bücher** KI für Lehrer, Reisen zu fremden Planeten

16 So macht E-Mail wieder Spaß



Technisch gehört E-Mail zu den ältesten Kommunikationsmitteln, bei den aktuellen Clients gibt es aber viel Neues zu entdecken. Außerdem erfahren Sie, wie Sie Mails sichern und zwischen Providern transferieren.

Wissen

- 124 **Interview** mit dem Entdecker der EUCLEAK-Lücke
- 126 **Fiktion trifft Forschung** Künstliche Gravitation
- 130 **Betrug mit Lastschriftzahlungen**
- 134 **Wie Sprach-KI Meinungen beeinflusst**
- 138 **Programmieren in Go** Grundlagen für Webservices
- 158 **Urheberrecht** Kein Verstoß durch Cheats

Praxis

- 142 **Altes Amazon-Tablet als Smart-Home-Display**
- 146 **Eigener Standortverlauf ohne Google Maps**
- 150 **Grafischer HTTP-API-Client für Entwickler**
- 154 **Nintendo Switch** Mobile Spielkonsole übertakten

Immer in ct

- 3 **Standpunkt** Quantenjahr 2025: Gegen den Hype
- 8 **Leserforum**
- 13 **Schlagseite**
- 50 **Vorsicht, Kunde** O2 ignoriert Kundenrechte
- 160 **Tipps & Tricks**
- 162 **FAQ** Linux-Container-Tool Distrobox
- 168 **Story** Ein Haufen Schrott
- 176 **Inserentenverzeichnis**
- 177 **Impressum**
- 178 **Vorschau ct** 4/2025

52 Raspi-Projekte fürs Smart Home



Als digitaler Hilfshausmeister fürs Smart Home ist der Raspi die ideale Basis, um Hersteller-clouds abzuschütteln und individuelle Lösungen zu bauen. Wir zeigen Projekte zum Heizen, Kühlen, Trocknen und Überwachen.

Frisch aus
ct Nerdistan

154 **Overclocker-Firmware** für Nintendo Switch

ct Hardcore

138 **Webservices** programmieren in Go



Egal von welcher Seite betrachtet: Die meisten Leser mögen das Modell „Langzeit-Freelancer ohne Rentenversicherung“ nicht.

Alle Augen zgedrückt

Scheinselbstständigkeit: Gleicher Maßstab für alle, c't 2/2025, S. 3

Ich war freier Administrator bei der Hessischen Zentrale für Datenverarbeitung (HZD), einer Landesbehörde. Dort waren Externe schon seit zehn Jahren unter Vertrag. Mir wurden Verhaltensweisen aufgenötigt, die die Kriterien für Scheinselbstständigkeit erfüllten. So war an meinem Büroraum mein Name fest angebracht und ich musste das Arbeitsgerät von der Behörde nutzen. Ich konnte keinen zweiten Kunden betreuen, weil auf Vollzeit bestanden wurde. Nach einigen Monaten habe ich dann das Projekt verlassen, weil das nix mit Freiberuflichkeit zu tun hatte.

Ich vermute, dass die Deutsche Rentenversicherung bei Behörden alle Augen zedrückt und nicht nur bei sich selbst. Die Vorgesetzte bei der HZD hat dazu gemeint, das wäre alles mit dem Gesetz vereinbar und vom Justiziar auch abgesegnet.

Meiner Meinung nach sind die meisten IT-Jobs solche Langläufer und gleichzeitig so zeitintensiv, dass nicht wirklich von Projekten gesprochen werden kann. Ich selbst zahle freiwillig meine Rentenbeiträge und wurde auch schon geprüft. Ich achte darauf, nie länger als 18 Monate bei einem Kunden zu sein; paralleles Arbeiten lassen die meisten Aufträge gar nicht zu.

Name ist der Redaktion bekannt ✓

Ein Gräuel

Ich arbeite als Angestellter bei einem großen Chiphersteller in Deutschland und

mir sind Freelancer ein Gräuel. Sie arbeiten im gleichen Umfeld und mit ähnlichen Aufgaben wie wir „Normalos“. Sie zahlen nicht in die Rentenversicherung ein und haben keine Bindung zum Unternehmen. Organisation in der Gewerkschaft? Fehlanzeige. Im Falle eines Arbeitskampfs sind sie die Ersten, die als Streikbrecher in die Firma gehen.

Ich finde, dass eine Beschäftigung von Freelancern von Firmenseite aus auch keine gute Idee ist. Die „Freelancer“, die ich kenne, arbeiten zum Teil schon seit Jahren in immer wieder verlängerten Verträgen. Dann kommen Sparmaßnahmen und als Erstes fliegen die Freelancer raus. Ein Arbeitsverhältnis sollte ein von beiden Seiten vertrauensvolles, auf Dauerhaftigkeit geprägtes Miteinander sein. Das ist bei Freelancern nicht der Fall. Kurz und gut: Man sollte das Freelancertum abschaffen und sie generell in die Deutsche Rentenversicherung eingliedern. „Einzelunternehmer“ gibt es nicht.

Manfred Roth ✓

Riesenwelle

Mobilfunkanbieter Lebara verzögert Vertragsende, c't 2/2025, S. 46

Verstöße gegen Gesetze und Verträge gehören zu Recht angeprangert. Einerseits. Andererseits: Niemand hat etwas zu verschenken. Wer einen Discounter-Tarif bucht, sollte Abstriche bei Leistung und Service einpreisen. Kunden, die (wie geschildert) schon nach drei Monaten kündigen, weil sie woanders noch ein paar Cent mehr sparen können, treiben Verwaltungskosten in Höhen, wo sich kein

Billigtarif rechnet. Ungeachtet rechtlicher Regeln sollte man überlegen, wie verhältnismäßig es ist, wegen eines drei Wochen verspäteten Vertragsendes eine Riesenwelle loszutreten.

Detlev Neumann ✓

Gutes Licht

Vier Tageslichtlampen im Vergleich, c't 2/2025, S. 90

Manche (teils etwas teurere) Keylights können ähnliche und sogar höhere Beleuchtungsstärken als die getesteten Tageslichtlampen liefern. Nachdem diese gegebenenfalls für Videokonferenzen sowieso vorhanden sind und idealerweise auf einem Stativ vor dem Gesicht am Schreibtisch montiert sind, könnten sie auch eine Alternative sein.

Wolfgang Parsch ✓

Sofern Beleuchtungsstärke und Lichtfarbe stimmen, das Licht flimmer- und UV-frei ist und die Geräte wenig Wärmestrahlung abgeben, dann wäre das möglich. Wichtig ist auch, dass die leuchtende Fläche groß genug ist, um nicht zu blenden.

Plastikbratpfannen

Digitale Küche: Technik zum Anfassen, c't 1/2025, S. 3

Ein Aspekt, der zudem häufig von den Herstellern ignoriert wird, ist die Barrierefreiheit. Es gibt zum Beispiel sehbehinderte und blinde Menschen, für die solche Bedienkonzepte völlig ungeeignet sind, im Gegensatz zu den althergebrachten Konzepten mit haptischer Rückmeldung. Und ganz allgemein: Das Induktionskochfeld mit integrierter Sensorbedienung kommt bei mir im Ranking gleich nach der Plastikbratpfanne mit Stiel innen.

Michael Carstens-Behrens ✓

Fragen zu Artikeln

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

1&1 DSL & Glasfaser

Telefonieren, Surfen und Streamen – jetzt mit doppelter Geschwindigkeit zum gleichen Preis.*

1&1 – Immer wieder besser.



AKTION
Doppelte
Geschwindigkeit,
gleicher Preis!*

AKTION

Doppelt so schnell surfen und streamen zum gleichen Preis, z. B. 300 MBit/s zum Preis von 150 MBit/s bei 1&1 Glasfaser. Oder 250 MBit/s zum Preis von 100 MBit/s bei 1&1 DSL.

ab **9,99** €/Monat*
nach dem 10. Mon.
ab 44,99 €/Mon.

1&1

1und1.de



0721 / 960 6060

Sie erreichen uns rund um die Uhr kostenlos aus dem 1&1 Netz.



*1&1 DSL 100 oder 1&1 DSL 250 bzw. 1&1 Glasfaser 150 oder 1&1 Glasfaser 300 (nach Verfügbarkeit ggf. 1&1 Glasfaser 100 / 1&1 Glasfaser 250), jeweils für 10 Monate für 9,99 €/Monat, danach 44,99 €/Monat. Internet-Flat: Unbegrenzt surfen mit bis zu 100 – 300 MBit/s (abhängig vom gewählten Tarif). Glasfaser-Tarife in vielen Regionen möglich. Ggf. Glasfaser-Ausbau und Eigentümergenehmigung erforderlich. Aktion: Baumaßnahmen kostenfrei. Keine Baukosten bis zur Glasfaserdose nach dem Hausübergabepunkt. Je nach Wohnsituation sind ggf. Leitungswege durch Eigentümer im Haus vorzubereiten. Für alle Tarife gilt: Telefon-Flat: Kostenlos ins dt. Festnetz telefonieren. Anrufe in dt. Mobilfunknetze 19,9 ct/Min. Mögliche Hardware: z. B. 1&1 HomeServer Speed+ für 9,99 €/Monat. Der Preis fällt zu den zusätzlichen monatlichen Tarifleistungen an, die zusammen mit der Hardware angeboten werden. Versand einmalig 9,90 €. Bereitstellung einmalig 49,95 € (1&1 DSL) bzw. 69,95 € (1&1 Glasfaser). Mindestlaufzeit 24 Monate. Kündigungsfrist 1 Monat zum Ende der Vertragslaufzeit. Abbildung ähnlich, Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Preise inkl. MwSt. 1&1 Telecom GmbH, Elgendorfer Str. 57, 56410 Montabaur. WEEE-Reg.-Nr. DE13470330

© Copyright by Heise Medien.

Das richtige Händchen

Was ich noch viel bedenklicher finde: Viele Hersteller springen auf diesen Zug auf und glauben, beispielsweise mit Touchdisplays alle Probleme lösen zu können, egal ob im Auto, an der Musikanlage oder eben in der Küche. Klar, das sind viel mehr werbewirksame Möglichkeiten, die man günstig und ohne Umbau der Produktion dazuschalten kann. Und glattere Oberflächen, die sich besser sauber halten lassen – Punkte für die Technik. Aber, wenn unbedacht eingesetzt, auch richtige Usability-Killer.

Eine Erklärung könnte sein, dass die Hersteller einfach noch nicht das richtige Händchen hatten, bessere Benutzerfreundlichkeit zu entwickeln. Mir scheint dabei der Kostendruck nur eine billige und vorgeschobene Erklärung zu sein. Viele Hersteller fremdeln noch immer mit der allgegenwärtigen, überwiegend durch die großen Internetkonzerne dominierten Technik und können selbst nur wenig Know-how aufbauen, aufgrund des leergefegten Markts für gute Entwickler.

Laurenz Büschel 

Fahrlässige Portweiterleitungen

Security-Checkliste Server & Hosting, c't 1/2025, S. 70

Als „Familienadmin“ bin ich in meinem Umfeld mittlerweile auf vier Solar- und Wärmepumpeninstallationen gestoßen, bei denen die Fachbetriebe die Anlagen einfach per Kabel an den Router gehängt und von dort per Portfreigabe ins Netz gelassen haben. Ohne Änderung der Standard-Login-Daten und in zwei Fällen mit älterer Firmware. Unverständlich bei den Kosten für die Anlage und dem sonstigen Genehmigungs-, Sicherheits- und Installationsaufwand. Aber das ist dann der Punkt, wo man „quick and dirty“ fertig wird und die Leute mit ihrer App trotzdem (erst mal) glücklich sind.

Lars Kruse 

Importverbot

Chinesische Handelsplattformen wie Temu und Shein machen neue Gesetze nötig, c't 1/2025, S. 112

Ich glaube, die EU müsste da erheblich restriktiver mit Shops wie Temu, Shein et cetera umgehen. Mein Vorschlag: Wenn bei Stichproben mehr als zehn Prozent der

Pakete beanstandet werden, gibt es für 30 Tage ein Importverbot für diesen Shop, und zwar EU-weit. Und wenn sich das innerhalb von einem halben Jahr wiederholt, verdoppelt sich die Sperrfrist.

Ich bin mir recht sicher, dass sich dann sehr schnell etwas ändern würde. Im Zweifel ziehen die Händler sich aus dem EU-Markt zurück, was auch kein großer Verlust wäre. Die derzeitige Praxis ist für die Shops doch völlig belanglos. Die wenigen Pakete im Promillebereich, die den Kunden nicht erreichen, werden einfach noch mal geschickt. Die Wahrscheinlichkeit, erneut kontrolliert zu werden, ist praktisch null.

Uwe Ettinger 

Ergänzungen & Berichtigungen

Falsche CPU-Version

Apple Mac mini mit M4 und M4 Pro im Test, c't 2/2025, S. 72

In der Tabelle auf Seite 74 hat sich ein Fehler eingeschlichen: Die Cinebench-2024-Werte des Apple M2 Pro stammen nicht von der 12-Kern-Version mit 8 P- und 4 E-Kernen (8P + 4E), sondern vom 10-Kerner mit nur 6 P-Kernen. Beim Multithreading liegt der M2 Pro mit 12 Kernen praktisch gleichauf mit dem M4.

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>

Im Alltag fühlt sich der M4 wegen der um 44 Prozent höheren Singlethreading-Performance dennoch flotter an.

Lichtgeschwindigkeit

Super-Slow-Motion enthüllt Ausbreitung von Lichtstrahlen, c't 1/2025, S. 46

Im Artikel heißt es, Albert Einstein habe herausgefunden, dass sich Licht mit einer endlichen Geschwindigkeit bewegt. Ole Rømer und Christiaan Huygens bestimmten den konstanten Wert der Lichtgeschwindigkeit aber bereits im 17. Jahrhundert näherungsweise.

Neuer Akku

Android-Smartphone Oppo Find X8 Pro im Test, c't 1/2025, S. 72

Im Artikel steht „Lithium-Polymer-Zelle“, es bleibt aber unerwähnt, dass es sich um einen der ersten Akkus mit Silizium-Kohlenstoff-Anode handelt.

Nicht immer kostenlos

Zwei-Finger-Tastatur, c't 1/2025, S. 78

Im Artikel hieß es, dass die App Thumb-Key kostenlos sei. Das stimmt nur zum Teil: Im Google Play Store kostet sie 17,99 Euro. Gedacht ist das vom Entwickler als freiwillige Spende. Im alternativen App-Store F-Droid-Store gibt es die App kostenlos. Im GitHub-Repository des Projekts gibt es außerdem eine APK-Datei zum kostenlosen Download.

WLAN schneller

Raspberry Pi 500 im Tastaturgehäuse und Raspi-Monitor getestet, c't 1/2025, S. 92

Der WLAN-Adapter im Raspberry Pi 500 ist deutlich schneller als im Test behauptet: Statt der angegebenen 90 Mbit/s liefert er im 5-GHz-Band über kurze Distanzen bis zu 266 Mbit/s. Bei 20 Metern sind es nur noch 88 Mbit/s. Im 2,4-GHz-Band fliegen bis zu 52 Mbit/s durch die Luft.

Farbmanagement

DaVinci Resolve 19 gegen Adobe Premiere Pro 25, c't 1/2025, S. 108

Laut Tabelle bearbeitet lediglich Premiere Pro Raw- und Log-Material automatisch. Aber auch Davinci Resolve enthält ein automatisches Farbmanagement. Dazu muss man die „YRGB Color Science“ in den Projekteinstellungen aktivieren.

VIDEO SURVEILLANCE LÖSUNG



weitere Informationen
unter vigi.com/de



Einzelhandel | Gastgewerbe | Bildung | Gesundheitswesen

betterCode()

Clean Architecture

Für ein nachhaltiges Design von Software

24. März 2025 • Online

Strukturierter, testbarer und nachvollziehbarer

- ✔ Ab wann lohnt sich eine Einführung?
- ✔ Funktioniert Clean Architecture im Legacy-Umfeld?
- ✔ Wie vermeidet man Fallstricke beim praktischen Einsatz?
- ✔ Und welche Tools helfen wirklich?

Für **Softwarearchitekt:innen**, **Softwareentwickler:innen** und **IT-Projektleitungen**.

clean-architecture.bettercode.eu

Jetzt
Frühbuche-
ticket
sichern!



Agile Softwareentwicklung im Unternehmen

Technische Exzellenz in den Fokus rücken

27. März 2025 • Online

Scrum & Co sind gut, aber nur mit den richtigen Programmierpraktiken wird agile Softwareentwicklung gelingen.

- ✔ Warum brauche ich technische Exzellenz und wie lerne ich sie?
- ✔ Welche Programmierpraktiken und Kollaborationsmethoden führen zum Erfolg?
- ✔ Wie fördere ich die nötigen Skills in meinem Team und in meinem Unternehmen?

Ein Event für alle **Softwareentwickler:innen**, **Softwarearchitekt:innen** und **Teamleads**.



Jetzt
Frühbuche-
ticket
sichern!



asu.inside-agile.de

Veranstalter

© Copyright by Heise Medien.



 dpunkt.verlag



Weitere Schlagseiten auf ct.de/schlagseite

Turbulenzen in Sicht

US-Strafzölle auf Halbleiter aus China wirken auf Europa

Chinesische Halbleiter und Solarzellen kosten in den USA jetzt 50 Prozent mehr. Das könnten die Preise in der EU zunächst drücken, später aber steigern und Engpässe verursachen.

Von Christof Windeck

Schon vor der zweiten Präsidentschaft von Donald Trump zog die US-Regierung die Daumenschrauben an: Strafzölle verteuern Halbleiter aus China. Der Einfuhrzoll für Solarzellen stieg schon Ende September 2024 von 0 auf 50 Prozent, seit dem 1. Januar gilt das auch für viele Typen von Halbleiterbauelementen.

Die Verteuerung dieser Produkte in den USA wirkt sich über Umwege auch auf Europa aus. Einige Waren könnten in der EU kurzfristig billiger werden, weil ihre chinesischen Hersteller sie in den USA nicht mehr loswerden und in andere Märkte drücken. Langfristig drohen eher negative Folgen: einerseits durch wachsende Abhängigkeit der EU von China, andererseits durch Unsicherheit und Engpässe in den Lieferketten.

Angebliche „Unterminierung“

Die neuen Strafzölle empfahl die Handelsbeauftragte Katherine Tai, Leiterin des Office of the United States Trade Representative (USTR). Sie begründet die Strafzölle mit drohender Marktmanipulation. Angeblich unterminiert China gezielt die Lieferketten wichtiger Produkte. Das funktioniert so: Die chinesische Regierung fördert beispielsweise mit Subventionen die Produktion bestimmter Rohstoffe, Komponenten und Geräte. Dadurch drängen chinesische Lieferanten Konkurrenten aus anderen Ländern aus dem Rennen. Im Laufe mehrerer Jahre steigen Marktanteil und Fertigungskapazität beim jeweiligen Produkt aus China dermaßen an, dass andere Länder nicht mehr mithalten können. Diese Abhängigkeit dient dann als Druckmittel, um Preise zu steigern, Vorteile in politischen Verhandlungen herauszuschlagen und Sanktionen abzuwehren.

Ein Beispiel für dieses Schachspiel in Zeitlupe sind die im Herbst 2024 von der chinesischen Regierung erlassenen Ausfuhrverbote unter anderem für das Metall Gallium. Der wichtige Rohstoff steckt in Galliumarsenid (GaAs) und Galliumnitrid (GaN). Diese Verbindungshalbleiter mit weitem Bandabstand sind unter anderem wichtig für 5G-Mobilfunkchips, LED-

Lampen sowie effiziente Spannungswandler wie USB-C-Netzteile und Photovoltaik-Wechselrichter.

Im Verlauf von zwei Jahrzehnten kletterte Chinas Anteil an der weltweiten Galliumproduktion auf über 90 Prozent. Das gelang unter anderem deshalb, weil China auch der mit Abstand größte Produzent von Aluminium ist, wobei sich Gallium als Nebenprodukt erzeugen lässt. Zudem war der Markt für Gallium laut der Deutschen Rohstoffagentur (Dera) überversorgt. Das machte es China leicht, andere Firmen durch niedrige Preise aus dem Markt zu drängen.

2023 meldete China, man überwache den Export von Gallium in die USA. Das war vermutlich als Warnschuss gedacht. 2024 folgte dann ein Exportverbot von Gallium in die USA; Lieferungen sind nur mit Sondergenehmigungen möglich.

Laut Experten der Dera nutzen chinesische Behörden die marktführende Stellung auch, um detaillierte Daten zur Verwendung der exportierten Materialien sowie über die beteiligten Firmen zu sammeln.

Besonders kritisch sei das etwa bei Antimon, das zur Herstellung von Munition verwendet wird.

Unschärfes Ziel

Das USTR nennt als Ziel der Strafzölle, Hersteller aus den USA und befreundeten Ländern gegen chinesischen Preisdruck zu schützen. Das USTR erwähnt zudem unverblümt, dass die Strafzölle jene US-Chiphersteller protegieren sollen, die Subventionen aus dem milliardenschweren US CHIPS Act erhalten haben. Letzterer wiederum soll den US-Anteil am Chip-Weltmarkt steigern. Dabei geht es um technische Souveränität, unter anderem für Waffen und Militär, aber auch um Arbeitsplätze und wirtschaftliche Interessen. Auch China subventioniert seine Chipindustrie mit Milliardensummen.

Es ist jedoch schwierig zu entscheiden, an welchem Punkt gewöhnliches ka-



Auf Chips aus China wie den RISC-V-Prozessor StarFive JH7110 verlangen die USA jetzt 50 Prozent Einfuhrzoll. Chinesische Hersteller könnten auf andere Märkte ausweichen, etwa die EU.

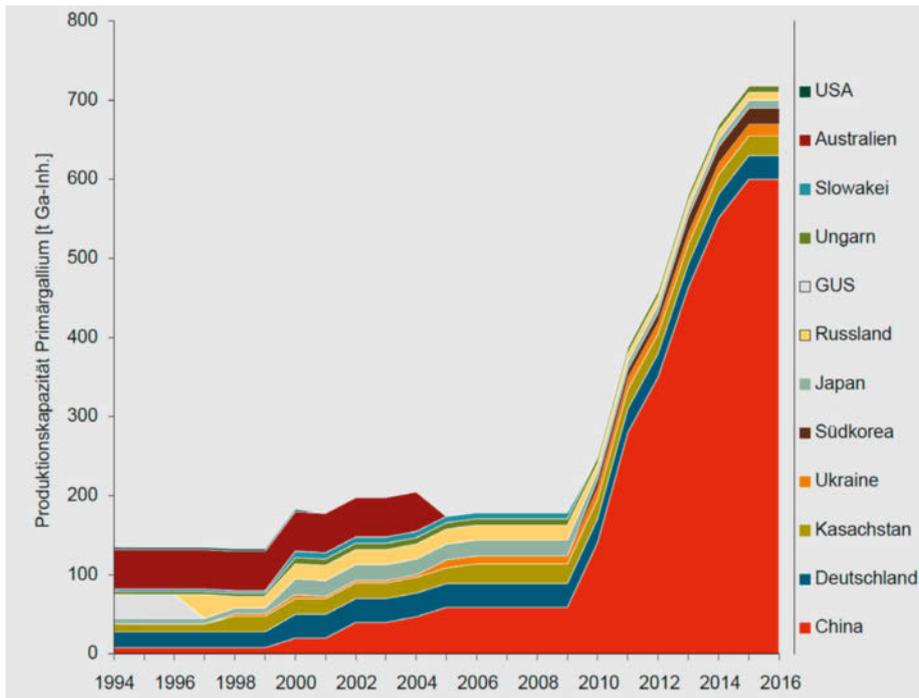


Bild: Deutsche Rohstoffagentur in der BGR

China baute jahrelang die Produktion von Gallium enorm aus, wurde Marktführer und blockierte dann den Export in die USA.

pitalistisches Gewinnstreben in bössartige Marktmanipulation übergeht. Schließlich kämpfen viele Firmen um höhere Marktanteile und speziell US-Firmen wie Apple, Google, Microsoft und Nvidia dominieren lukrative Branchen.

Kritiker weisen auf die Nachteile teurerer Chips und Photovoltaikbauteile hin. Das schwächt beispielsweise die Konkurrenzfähigkeit von US-Firmen beim Export und bremst den Ausbau der Solarenergie. Außerdem waren Inflation und Preissteigerungen wichtige Themen im Wahlkampf um die Präsidentschaft. Solche Kritik an den Zöllen erwähnt das USTR in seinen Veröffentlichungen auch, erklärt aber, man habe bei der Festlegung der Zölle Vor- und Nachteile sorgfältig abgewogen.

Die Strafzölle beziehen sich auf Paragraph 301 des US-Handelsgesetzes und heißen daher auch Section 301 Tariff Increases. Das Regelwerk enthält Vorgaben, um die Umgehung von Zöllen zu erschweren, etwa durch den Import über Drittländer. Analoge Vorschriften gelten bei der Exportkontrolle: Die USA verbieten beispielsweise Firmen in der EU den Weiterverkauf von Waren nach China, die auch aus den USA nicht dorthin geliefert werden dürfen (Export Administration Regulations, EAR).

Zur Vermeidung von Strafzöllen können chinesische Hersteller aber auch

Werke in anderen Staaten gründen oder bereits dort ansässige Firmen aufkaufen. Zur Umgehung von Strafzöllen auf Stahl und E-Autos sollen chinesische Unternehmen etwa Firmen in Mexiko eingebunden haben, das ein Freihandelsabkommen mit den USA hat.

Hiesige Auswirkungen

Laut Photovoltaik-Preisindex sanken die Großhandelspreise für Solarmodule in der EU alleine im Verlauf des vergangenen Jahres 2024 um mehr als 30 Prozent. Das befeuert die Ausbreitung der Technik auf deutschen Dächern und Balkonen. Doch die billige Konkurrenz drängt hiesige Firmen aus dem Markt, alleine 2024 beendeten sowohl Meyer Burger als auch Solarwatt ihre Produktionen von Solarmodulen in Deutschland. US-Strafzölle könnten den Photovoltaik-Preisverfall in der EU weitertreiben.

Die Strafzölle auf chinesische Chips treffen keine High-End-Chips für Smartphones, Rechenzentren und Computer. Denn die kommen im Wesentlichen aus Taiwan, Südkorea und den USA selbst. Doch für viele wichtige Chips genügen etablierte, sogenannte „ausgereifte“ Fertigungsverfahren (mature nodes). Dazu gehören etwa 22, 28, 40, 65, 90 und 130 Nanometer. Diese Technik beherrschen auch chinesische Chip-Auf-

tragsfertiger wie SMIC, Hua Hong und Nexchip.

Gerade bei derartigen Bauelementen gab es im Zuge der Coronapandemie ab 2020 Engpässe, die beispielsweise die Automobilindustrie lähmten. So waren etwa vergleichsweise simple und billige, aber dennoch schwer ersetzbare Mikrocontroller nicht lieferbar. Die Engpässe sind mittlerweile nicht nur weitgehend überwunden, sondern die Situation verkehrte sich ins Gegenteil. Laut Marktbeobachtern tobt ein Preiskampf. Daher befürchten US-Behörden, dass China gezielt Aufträge für solche Bauelemente ins Land holt, um Abhängigkeiten zu schaffen.

Zur Abwehr der US-Sanktionen versuchen manche Chip-Designfirmen, die bisher in China fertigen lassen, diese Produktion zu verlagern. Der taiwanische Auftragsfertiger UMC meldet etwa eine Häufung solcher Anfragen. Derartige Umstellungen führten in der Vergangenheit zu Lieferengpässen sowie zur Abkündigung von schwächer nachgefragten Chip-Baureihen.

Viele deutsche Technologiefirmen sind in den Sparten Automobil, Maschinenbau oder Gesundheitstechnik tätig, für die vor allem Chips mit größeren Strukturen wichtig sind. Laut einer Bitkom-Studie aus dem Herbst 2023 bezogen 25 Prozent von 209 befragten Firmen Chips aus China. Trotzdem erwartet Bitkom-Hauptgeschäftsführer Dr. Bernhard Rohleder jedoch durch die US-Zölle „keine spürbaren Auswirkungen auf die deutsche Wirtschaft“.

Fazit

Die US-Strafzölle auf chinesische Halbleiter sind ein zusätzlicher Unsicherheitsfaktor in den weltweiten Lieferketten. Doch westliche Staatsregierungen stecken in einer Zwickmühle. Einerseits wollen sie die Erosion der technischen Souveränität bremsen, die durch die wachsende Marktmacht Chinas entsteht. Andererseits treiben Strafzölle die Preise hoch und schwächen den freien Handel, der beiden Seiten nützt.

Das Machtstreben Chinas einzuhegen, ohne den Austausch abzuwürgen, erfordert schwierige Abwägungen, die immer wieder neu justiert werden müssen. Denn klar ist auch, dass sich nicht sämtliche wichtigen Güter lokal produzieren lassen, alleine schon, weil viele essenzielle Rohstoffe nur im Ausland vorkommen. (ciw@ct.de) **ct**

E-Mail für alle

Stärken und Schwächen von 16 Mailclients



Marktübersicht über 16 Mailclients Seite 16
Die Krux mit dem neuen Outlook Seite 26
E-Mails archivieren und migrieren Seite 28

Sie nutzen seit jeher dasselbe E-Mail-Programm? Es könnte an der Zeit sein, mal nach links und rechts zu schauen. Kleine Touchscreens und nicht zuletzt KI haben innovative Konzepte befördert, die so manche Mailer-Urgesteine blass aussehen lassen. Tauchen Sie mit uns ein in die neue Welt eines alten Mediums.

Von Holger Bleich, Sylvester Tremmel und Stefan Wischner

Ein Artikel mit einer Marktübersicht über teilweise uralte Programme für noch viel ältere Protokolle? Sind Mailclients nicht mehr oder weniger ausentwickelt? Diese Frage stellte sich die Organisation Mozilla schon vor über zwölf Jahren und überlegte öffentlich, ob Mailclients noch innovativ sein müssen. Vielleicht sei „Thunderbird schon ziemlich genau das, was seine Nutzer wollen und brauchen“, schrieb Mitchell Baker, damals wie heute Vorsitzende der Mozilla Foundation.

Die Antwort ist ein klares „Nein“, wie man an der weiteren Entwicklung von Thunderbird und den vielen anderen Programmen in dieser Marktübersicht sehen kann. Ja, das Medium E-Mails ist von zahlreichen Problemen geplagt [1] und steht zunehmend in Konkurrenz zu anderen Kommunikationskanälen. Aber Mails sind immer noch der eine digitale Kontaktweg, der bei praktisch jeder Organisation und jedem privaten Kontakt gangbar ist.

Außerdem zeigt sich: Wettbewerb beflügelt das Geschäft oder zumindest die Innovation. Neue Clientkonzepte sollen proprietäre Features ermöglichen, ohne den Anschluss an das aus öffentlichen Standards bestehende E-Mail-Universum zu verlieren. Mobilgeräte mit Touchscreens erzwangen neue Bedienoberflächen und -ideen, die nun teilweise auch auf Desktopgeräten Einzug halten. Die Welt der Mailclients erlebt derzeit ihren zigsten Frühling.

Im Folgenden verschaffen wir Ihnen einen Überblick. Aufgrund der schier

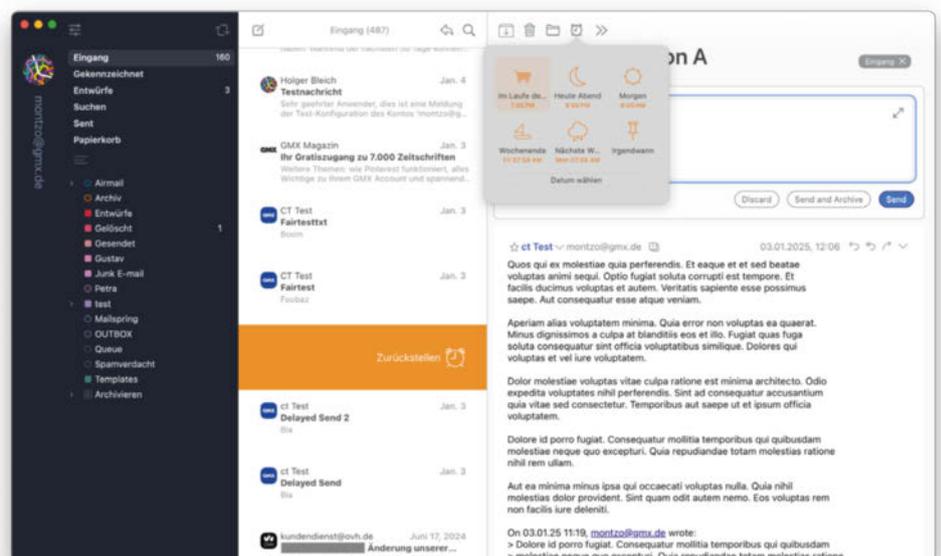
Menge an Programmen können wir uns nur auf einen Ausschnitt der Palette beschränken. Aus einer Umfrage unter c't-Lesern extrahierten wir knapp 50 Lösungen, wie diese Leser ihre E-Mails handhaben – vielen Dank allen Teilnehmern! Poweruser oder Gelegenheitsnutzer? Webfrontend oder Desktopclient? Mail-App oder Providersoftware? Geschäftlich oder überwiegend privat? Heraus kam: Die Anforderungen sind unterschiedlich, „one size fits all“ gilt bei der Bearbeitung von Mails nicht.

Dementsprechend haben die Clients unterschiedliche Anwendergruppen und Endgeräte im Fokus, sodass ein direkter Vergleich wenig sinnvoll ist. Von vielen Clients gibt es je nach Betriebssystem unterschiedliche Versionen und bisweilen existieren sogar für vermeintlich dieselbe Software unterschiedlich bezahlte Varianten.

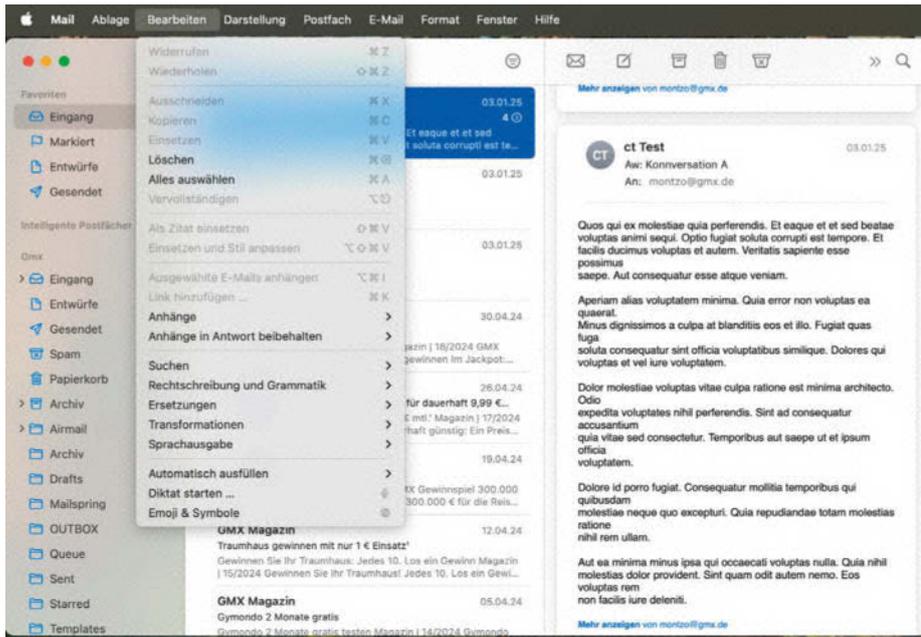
Einige Clients heißen zwar gleich, haben aber nicht denselben oder auch nur einen ähnlichen Funktionsumfang. Deutliche Unterschiede nennen wir jeweils in der Beschreibung der Programme. Die Tabelle auf Seite 24 gibt hingegen die Features der jeweils umfangreichsten Variante wieder. Hier weisen Fußnoten auf Abweichungen hin.

Außerdem haben wir zugunsten der Vergleichbarkeit diverse Kategorien ganz aussortiert und beschlossen, keine Webmailer und keine klassischen Kollaborations-Suiten wie Zimbra zu betrachten, seien sie selbst gehostet oder nicht. Clients, die auf proprietäre Protokolle zugeschnitten sind und nicht direkt mit allgemeinen Mail Providern interagieren können, blieben ebenso im Sieb hängen wie Programme einzelner Mailprovider. Einfach war diese Auslese nicht, Gmail beispielsweise ist der Client eines einzelnen – wenn auch sehr großen – Mailproviders. Es ist aber auch auf vielen Geräten mit Googles Betriebssystemen die vorinstallierte Mail-App, die übliche Mailprotokolle spricht.

Letztlich haben wir 16 Clients in die Übersicht aufgenommen und den Spagat gewagt, weit verbreitete nicht zu ignorieren, relevante Nischen nicht zu übersehen und interessante Neulinge nicht untergehen zu lassen. Oft haben wir uns bei mehreren ähnlich ausgerichteten Programmen entscheiden müssen. Sehen Sie es uns bitte nach, wenn Ihr Lieblingsclient fehlt, das Feld ist eben sehr weit. Interessanter sind ohnehin all die Clients, die man noch



Snooze-Funktion: In Airmail lassen sich Nachrichten temporär aus dem Posteingang räumen.



Apple Mail nutzt viele Funktionen von macOS, etwa das Sprachdiktat. Darunter leidet aber die Übersichtlichkeit.

nicht kennt. Vielleicht ist ja ein neuer Liebling für Sie dabei oder ein Mailprogramm mit einem interessanten Konzept, das Sie zumindest im Auge behalten wollen. Sortiert ist die folgende Übersicht alphabetisch.

Airmail

Mailclient-Alternativen vorinstallierten und ausgereiften „Mail“ haben es in Apples Betriebssystemen schwer. Airmail von der Firma Bloop kann mit einem transparenten, funktionalen Design überzeugen, egal ob auf dem Mac, dem iPad oder dem iPhone. Die Unified Inbox, die Nachrichten aus allen Accounts anzeigt, bleibt stets übersichtlich, auch durch visuelle Hinweise, etwa den Avataren. Gute Filterfunktionen und schlaue Features machen den Client für Vielmailer interessant.

Beispielsweise kann man Mails „schlummern“ legen und später wieder ins Blickfeld kommen lassen, wenn es besser passt. Via iCloud synchronisiert Airmail seine Inhalte auf Wunsch zwischen den Installationen auf verschiedenen Geräten. Hilfreiche Werkzeuge findet man im Verfassen-Fenster: Mit „Pencil“ etwa öffnet sich ein Fenster, in dem man per Finger oder iPad-Stift zeichnen und das Ergebnis an die E-Mail anhängen kann.

Das Programm ist auf jeden Fall mindestens einen Versuch wert. Uns hat gestört, dass es vom Hersteller in den Stores als „gratis“ geführt wird, aber lediglich

eine dreitägige Probierphase kostenlos gewährt. Danach werden die Abokosten fällig, die Sie in der Tabelle finden.

Betriebssysteme: macOS, iOS

➤ funktionales Design und hilfreiche Tools

➔ viele Nutzerberichte über Abstürze und Instabilitäten

Apple Mail

Anders als Microsoft hat Apple seit jeher ein ernstzunehmendes Mailprogramm

nahtlos in seine Betriebssysteme integriert. Naturgemäß erreicht kein anderer Mailer eine solche Verzahnung mit den Betriebssystemfunktionen. Egal ob Rechtschreibprüfung, Textbausteine, Sprachassistent mit Siri oder Diktatfunktion – mit einem Mausclick stehen die Optionen bereit.

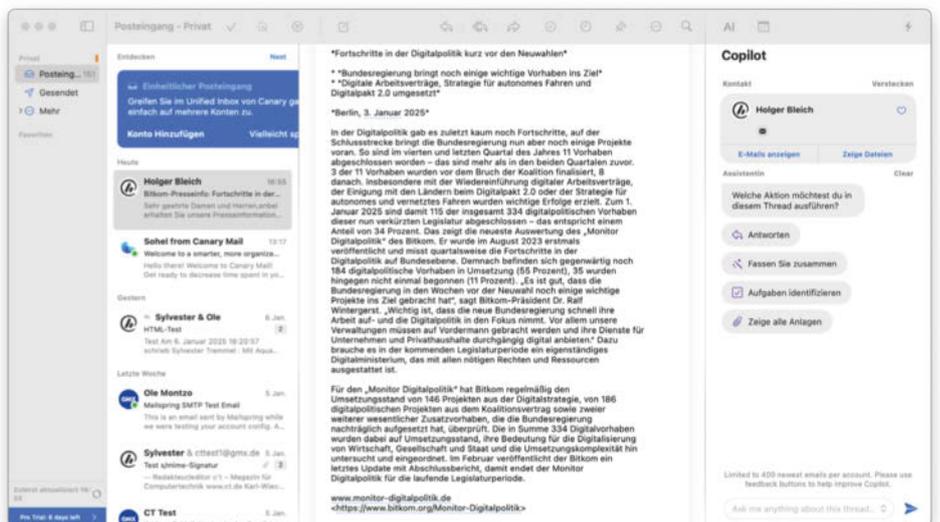
Allerdings hat es Apple bis heute nicht hinbekommen, das Programm intuitiv und übersichtlich zu gestalten, insbesondere gilt das für die Mobilversionen. Poweruser vermissen am Desktop Tastaturkürzel, um Vorgänge zu beschleunigen. Bislang fehlt auch PGP-Verschlüsselung und jedwede KI-Unterstützung, die wohl ab April mit der Einführung von Apple Intelligence in der EU folgen dürfte.

Betriebssysteme: macOS, iOS

➤ nahtlos in Apples Systeme integriert
➔ unübersichtlich und teils umständlich

Aqua Mail

Aqua Mail ist ein schickes, mächtiges Mailprogramm, dessen Funktionsvielfalt auf Mobilgeräten ihresgleichen sucht; von Wiedervorlagen über automatische Backups bis zum Export einzelner Mails als EML-Datei. Dennoch wirkt das Programm aufgeräumt und führt Nutzer sinnvoll in seine Fähigkeiten ein. Lediglich die Einstellungsseiten sind eher unübersichtlich. Diese Gesamteinschätzung gilt allerdings nur für die Android-Version und insbesondere für die kostenpflichtige Premiumversion; die iOS-Variante fällt dagegen weit zurück und ist recht funktionsarm.



Canary Mail bindet im rechten Fenster Sprachmodelle ein, die Nachrichten zusammenfassen oder beantworten können.

Die kostenlose (Android-)Version fällt aber auch sehr negativ auf: Zum einen macht sie penetrant Werbung für sich und die Premium-Variante, sogar in verschickten E-Mails. Vor allem aber ist sie eine wahre Datenschleuder: Mit 137 Anzeigentechnologie-Anbietern und 69 Werbetreibern will die App personenbezogene Daten teilen. Wenn der Hersteller so mit den Daten seiner Nutzer umgeht, fällt es schwer, der Premiumversion zu vertrauen.

Betriebssysteme: Android, iOS

➕ viele Funktionen

➖ Gratisversion für Android ist Datenschleuder

Canary Mail

Die indische Firma Mailr Tech hat sich in der Apple-Welt einen Namen gemacht, weil sie mit Canary Mail oft neue Wege ging. So brachte sie native PGP-Verschlüsselung aufs iPhone, und Anfang 2023 war Canary Mail eines der ersten Tools, das seine Anwender direkt in der App mit KI-Sprachmodellen unterstützte (und dies sogar von Beginn an „Copilot“ nannte). Inzwischen haben zwar andere Mailer damit nachgezogen, doch finden wir die Integration in Canary Mail am besten gelungen. Der Mailer nutzt Modelle von OpenAI, Anthropic und Cohere. Negativ: Per Voreinstellung gibt er die Mails für Trainingszwecke frei, was sich immerhin abschalten lässt.

Insgesamt gefällt Canary Mail mit seiner klar strukturierten Oberfläche und nützlichen Hinweiskacheln. Mit dem Client lässt sich prima arbeiten. Allerdings lädt er nur maximal 400 Nachrichten pro Konto herunter und kann auch nur darin suchen. Das ist eine unverständliche Einschränkung, die von Anwendern seit Jahren kritisiert wird. Mailr Tech sollte außerdem an der deutschen Übersetzung arbeiten, die ist stellenweise unfreiwillig komisch: Der Client heißt nämlich nicht „Kanaren“, Team-Funktionen sollten in den Einstellungen nicht als „Die Mannschaft“ auftauchen, und Empfangsbestätigungen sind keine „Quittungen“. Die Windows-Version von Canary Mail ist ohnehin nur in der original englischen Version erhältlich.

Betriebssysteme: macOS, Windows, Android, iOS

➕ schönes Design und gelungene KI-Assistenz

➖ bizarre deutsche Übersetzung

Mittels QR-Code lässt sich eine komplette Konfiguration inklusive Zugangsdaten verschlüsselt von em Client auf dem Desktop in die mobile Variante übertragen.



Claws Mail

Claws ist oldschool. Der einst aus Sylpheed hervorgegangene Mailclient stammt aus den 2000ern und sieht auch so aus. Aber er wird weiterentwickelt, läuft auch unter Windows 11 und bietet reichhaltig Features für Poweruser, deren Wünsche oldschool sind.

Neuere oder über die reine Mailverwaltung hinausgehende Ideen wie Unified Inboxes, die Nachrichten aus mehreren Benutzerkonten zusammen anzeigen, oder einen richtigen Kalender bietet Claws nicht. Selbst HTML-Mails werden nur per Plug-in als HTML angezeigt und schreiben kann man sie aus Prinzip gar nicht. E-Mails, wie Gott sie schuf. Dafür glänzt Claws unter anderem mit komplexen und mächtigen Regel- und Vorlagensystemen sowie zahlreichen Plug-ins, die unter Windows direkt mit installiert werden. Damit bekommt man sogar einen notdürftigen Kalender für Meetingeinladungen.

Betriebssysteme: Linux, Windows

➕ mächtige Mailverwaltung

➖ altbacken

eM Client

Mit dem eM Client gelang der gleichnamigen Firma aus Prag ein großer Wurf. Der in hohem Tempo weiterentwickelte Mailer gewährt auf dem Desktop trotz seiner vielen Funktionen und Optionen jederzeit Tempo und Durchblick. Er überzeugt mit durchdachten, modernen Designideen, etwa den Avataren, die man Konten zuweisen kann. Man findet sich jederzeit zurecht, auch wenn Tausende Nachrichten aus mehreren Konten die Inbox fluten. Es fehlt an kaum etwas, auch nicht an praktischen Details. So übersetzt eM Client auf Mausklick Mails direkt aus zwanzig Sprachen, macht KI-gestützte Antwortvorschläge oder bietet Quicktext-Bausteine. Er integriert nativ Kalender und Aufgaben, sogar Videokonferenztools

wie Microsoft Teams und Zoom lassen sich in die Oberfläche einbauen.

Seit knapp einem Jahr existieren neben den Desktopversionen auch bisher kostenlose Apps für Android und iOS. Man kann sie unabhängig von der Desktopversion nutzen. Als Schmankerl bietet eM Client an, mit den Apps einen am Desktop generierten QR-Code zu scannen, der das Setup inklusive Konteninformationen verschlüsselt zur Mobilvariante überträgt. Die Apps wirken ausgereift und bieten einen enormen Funktionsumfang, sogar PGP beherrschen sie. Die Desktopversion von eM Client darf man 30 Tage lang testen, danach fährt sie ihr Können bis zur Unbrauchbarkeit zurück. eM Client gibt es sodann entweder im Abomodell oder als Softwarekauf. Achtung: Im Standardpreis von knapp 60 Euro für drei Installationen sind keine Upgrades enthalten. Möchte man von diesen profitieren, werden 150 Euro fällig.

Betriebssysteme: macOS, Windows, Android, iOS

➕ Alleskönner, der auch mit seinem Design überzeugt

➖ hoher Preis für Upgradeoptionen

Evolution

Evolution ist der alteingesessene Personal Information Manager (PIM) des Gnome-Desktops für Linux und vereint Mailclient, Kalender, Aufgabenplaner et cetera in sich. Die üblichen Anforderungen an so einen PIM erfüllt das Programm ohne große Lücken, von Filterregeln bis zum Kalendermanagement. Allerdings schreitet die Entwicklung nur noch sehr langsam voran. Modernere Ideen wie eine Konversationsansicht oder gar KI-Integration beherrscht Evolution nicht.

Über ein kostenloses Plug-in interagiert Evolution auch mit Microsoft-

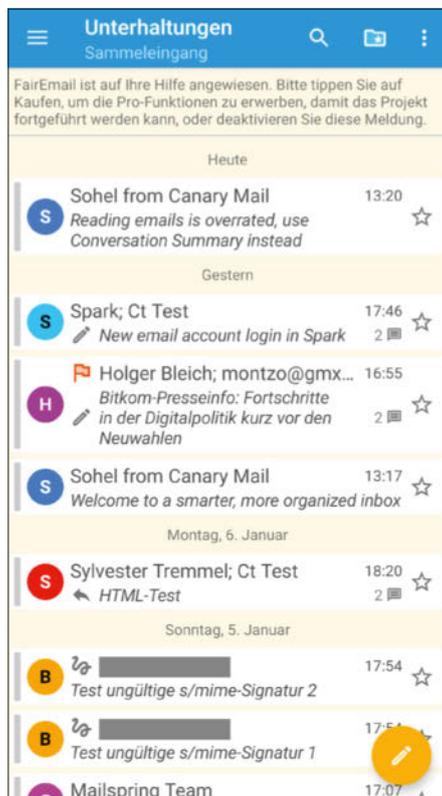
Exchange-Servern, eine Seltenheit unter Linux. Dafür nutzt es allerdings den abgekündigten EWS-Standard, was zusammen mit der zähen Weiterentwicklung nicht allzu zukunftssicher erscheint. Für Windows gibt es das Programm nicht mehr, entsprechende Versionen im Netz sind stark veraltet. Wer Evolution unbedingt unter Windows nutzen will, kann es über das WSL (Windows Subsystem for Linux) versuchen.

Betriebssystem: Linux

- zuverlässige, klassische PIM-Suite
- ➔ langsame Weiterentwicklung

FairEmail

FairEmail hält viel von Datenschutz und erklärt nicht nur das ausführlich. Die App konfrontiert ihre Nutzer allerorten mit länglichen Erklärtexten. Wer sich davon nicht abschrecken lässt, sondern geduldig liest, bekommt nicht nur verständliche Einführungen in die vielen, vielen Features des Programms, sondern zwischen den Zeilen auch eine Ahnung davon, mit wie viel Herzblut und Leidenschaft der Entwickler an ihr arbeitet.



FairEmail lässt kaum Wünsche offen, um den Preis einer textlastigen und eher überfrachteten Oberfläche. Die kann man wie alles andere umfassend konfigurieren und anpassen.

In ellenlangen Einstellungsseiten kann man – wenn man will – praktisch alles an FairEmail einschalten, ausschalten oder umkonfigurieren. Nachrichten zurückstellen, mit Vorlagetexten beantworten, zeitversetzt senden: FairEmails umfangreiche Menüs bieten Zugriff auf übliche und unübliche Funktionen, etwa die explizite Wahl des Text-Encodings. Manches davon ist der Pro-Version für 6,99 Euro vorbehalten, über die sich die App finanziert.

Betriebssystem: Android

- sehr viele Funktionen und Optionen
- ➔ unübersichtliche Oberfläche

Gmail

Der Standardmailer unter Android ist gleichzeitig auch die App für Googles haus-eigenen Maildienst. Wenig überraschend funktioniert die Gmail-App besonders gut mit Gmail-Konten, das Programm kann aber via IMAP auch mit externen Mail-Providern reden. Unter Android klappt das auch mit POP3- und Exchange-Konten.

Der Funktionsumfang ist in diesen Szenarien aber recht beschränkt und taugt eher für die gelegentliche Nutzung. Die App preist an, man könne für mehr Features eine Funktion namens „Gmailify“ ausprobieren. Dann werden externe Mails über das Google-Benutzerkonto gezogen, ähnlich wie es Microsoft mit dem neuen Outlook macht (siehe Seite 26). Auch ohne Gmailify kann man immerhin mehrere Konten hinterlegen und etwas umständlich einzeln oder über eine gemeinsame Inbox verwalten. Gmail zeigt die üblichen IMAP-Ordner als „Labels“ an, was gewöhnungsbedürftig ist und verwirrend wird, wenn sie sich per Gmailify mit echten Labels vermischen – zumindest, wenn man auch andere Clients nutzt, die Ordner als solche verwalten.

Betriebssysteme: Android, iOS

- übersichtlich und einfach zu bedienen
- ➔ funktionsarm

Mailbird

Die Macher von Mailbird bezeichnen ihr Programm unbescheiden als „besten E-Mail-Client für Windows“. Davon ist das Tool jedoch meilenweit entfernt. Es kommt immerhin übersichtlich daher und blendet mit einem gut gemachten gemeinsamen Posteingang (Unified Inbox). Jedoch fehlen wichtige Features, beispielsweise kann Mailbird nicht mit S/MIME-Zertifikaten

umgehen. Stattdessen versucht man, sich mit überflüssigen Funktionen von Konkurrenten abzuheben. Der gepriesene „Speedreader“ etwa soll helfen, Mails schneller zu erfassen, zeigt aber nur eine KI-generierte Zusammenfassung als schnell ablaufende satzweise Diashow. Die „App-Integration“ stellt Dienste wie X oder WhatsApp in einem vierten Fenster in der Browser-Version dar – unnötig.

Die Gratisversion (Homepage: „Mailbird ist jetzt kostenlos!“) kann viel weniger und nervt mit Aufforderungen zum Abo der Pro-Version. Für die günstigste Premiumversion werden fast 100 Euro fällig, was man allerdings erst kurz vor Kaufabschluss wahrnehmen kann, denn bei den Kaufpreisen auf der Website ist widerrechtlich keine Mehrwertsteuer inkludiert. Interessierte macOS-Nutzer sollten aufmerksam sein: Mailbird gibt es sowohl in einer Intel- als auch in einer M-Prozessor-kompatiblen Variante.

Betriebssysteme: macOS, Linux, Windows

- übersichtlicher, anpassbarer Mailer
- ➔ unnötige, schlecht gemachte Funktionen

Mailspring

Der quelloffene Mailer ist aus dem Projekt Nylas Mail hervorgegangen. Sein Design wirkt modern, minimalistisch und aufgeräumt, Designsperrzchen sind seine Sache nicht. Gelegenheitsnutzern kommt er damit sehr entgegen, Powerusern dürften essenzielle Optionen fehlen. Beispielsweise lassen sich Mails nicht filtern, schon gar nicht in virtuelle Ordner. Schwerer noch wiegt, dass Mailspring weder S/MIME noch PGP unterstützt. Einige Funktionen erreicht man nur über seltsame Umwege. So existiert zwar die Möglichkeit, Reintext-Mails zu verfassen, dazu muss man allerdings jedes Mal die Alt-Taste (oder Option-Taste auf Macs) drücken, während man auf „Verfassen“ oder „Antworten“ klickt.

Entwickler Ben Gotow, Erfinder von Mailspring, bietet auf der Homepage auch eine kostenpflichtige Pro-Version des Mailers an. Man erhält zusätzlich unter anderem eine Wiedervorlage und rudimentäre KI-Unterstützung durch eine Übersetzungsfunktion.

Betriebssysteme: macOS, Linux, Windows

- minimalistischer, übersichtlicher Mailer
- ➔ wichtige Funktionen wie Filteroptionen fehlen

MACH'S DIR DOCH SELBER!



ALPENSHIELD

alpenshield.io

Sparen Sie Geld und Zeit und verbessern Sie die Qualität der Incident-Bearbeitung mit AlpenShield Empower, einer SaaS-Lösung von AlpenShield auf Basis von Microsoft Sentinel.

-  AlpenShield App für ein leichtes Management aller Incidents
-  Use-Case-Pflege, Automatische Triage und Enrichment aller Incidents
-  Pro-aktive Benachrichtigungen 24x7 via Microsoft Teams, SMS, Anruf, E-Mail
-  Management-taugliches Reporting in Echtzeit
-  DSGVO konform und ISO/IEC 27001:2022 zertifiziert

ERGEBNIS

Incidents können vom eigenen Team innerhalb von Sekunden bewertet und bearbeitet werden

Das 24x7 Problem ist pragmatisch und effektiv gelöst

Bessere Qualität im Incident-Management bei weniger Kosten

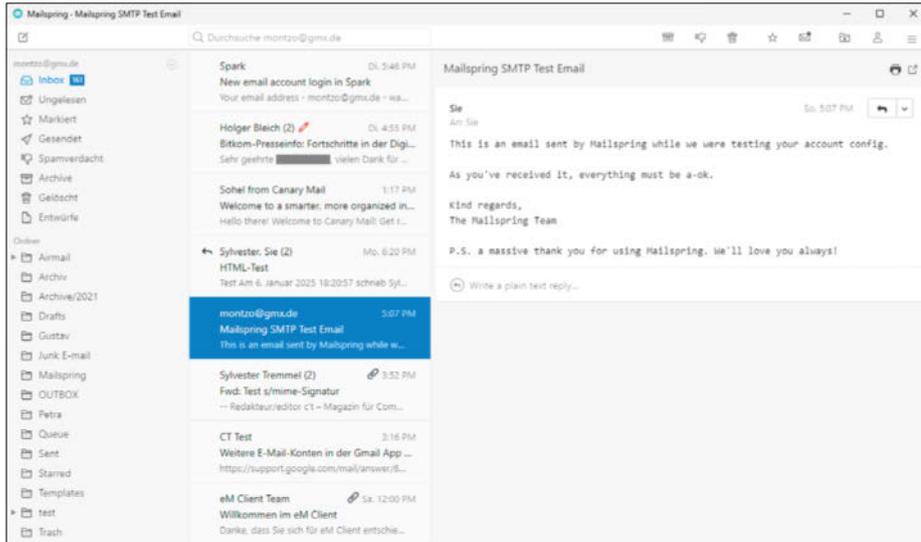


**JETZT LIVE-
DEMO BUCHEN**



27001:2022

Microsoft
Solutions Partner
Security



Für Puristen: Der Open-Source-Mailer Mailspring zeigt ein aufgeräumtes, schickes Interface ohne Schnickschnack.

Outlook

Wer E-Mail-Programm sagt, meint Microsoft Outlook. Das trifft zumindest in vielen Unternehmen zu. Outlook ist fester Bestandteil aller MS-Office-Abonnements (Microsoft 365) und -Einmalizenzen außer Office Home. Das zumindest unter Windows vermutlich meistverwendete Mailprogramm ist zudem oft Objekt einer ausgeprägten Hassliebe. Einerseits zeichnet es sich durch einen großen Funktionsumfang, gute Einbindung in das Microsoft-System (Exchange, Teams ...) und flexible Erweiterungsmöglichkeiten durch Add-in- und Visual-Basic-Unterstützung (VBA) aus. Andererseits

kann es mit seiner teils unübersichtlichen und altbackenen Bedienoberfläche (die Office-typischen Menübänder mit verstreuten Funktionen), seit Jahren stagnierender Entwicklung und nicht behobenen Schwächen zum Beispiel bei der Unterstützung von IMAP-Ordern gehörig nerven.

Auffällig ist auch die Inkonsistenz zwischen den unterschiedlichen Systemversionen. So unterstützt Outlook für macOS beispielsweise einen gemeinsamen Posteingang (Unified Inbox), die Windows-Version nicht. Dafür fehlen der Mac-Version etliche Funktionen, darunter auch VBA und die ältere, aber wichtige

COM-Add-in-Architektur [2]. Die mobilen Apps tragen zwar den Namen Outlook, sind aber zugekaufte und umgelabelte Apps eines anderen Entwicklers (Accomppli), die sich in Funktionsumfang und Bedienung kaum an den Desktopclients orientieren.

Dass eine signifikante Weiterentwicklung nicht zu erwarten ist, zeigen die jüngsten Bemühungen des Herstellers, Anwender zu einer komplett neuen Outlook-Version zu drängeln, die auch ohne Office kostenlos zu haben und in Windows 11 standardmäßig installiert ist. Das ist aber eine funktionell noch sehr schwache Web-App im Desktopkleid mit vielen Problemen, unter anderem beim Datenschutz (siehe Seite 26). Sie kann das klassische Outlook derzeit nicht ersetzen.

Betriebssysteme: Windows, macOS, Android, iOS

- ➕ Integration in das Microsoft-System
- ➖ sperrig, technische Altlasten

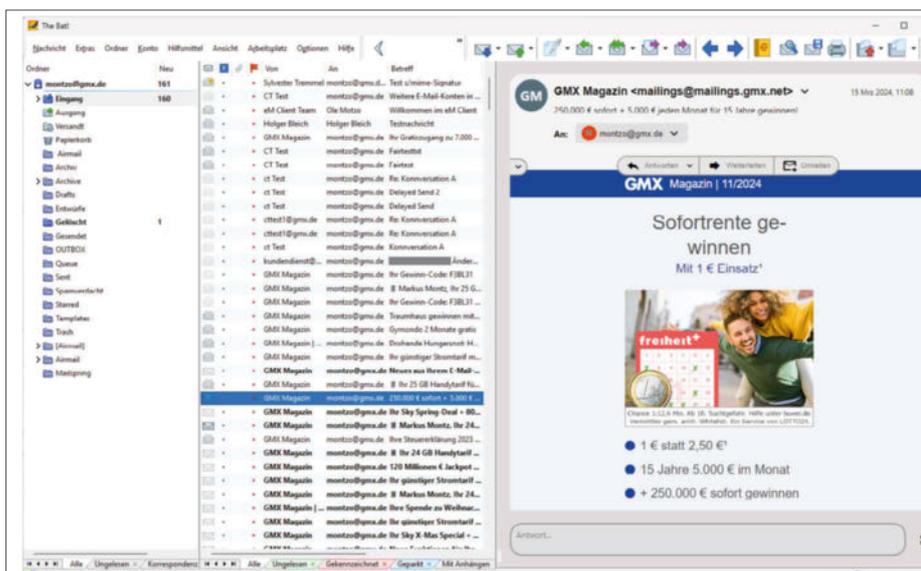
Spark

Spark sticht aus dem Feld in dieser Marktübersicht heraus, weil das Programm ein anderes Konzept verfolgt: Es legt den Schwerpunkt auf Teamfunktionen im geschäftlichen Umfeld. Man kann Gruppen anlegen, E-Mail-Konten gemeinsam betreuen, via Chat Nachrichten gemeinsam beantworten. Allerdings benötigt jedes Teammitglied ein eigenes Pro-Abo, in der kostenlosen Version ist die Option nicht nutzbar. Dies gilt auch für viele andere Funktionen, die den Mailer auszeichnen, etwa die Posteingangsfilterregeln und die KI-Unterstützung. Seltsam, dass Spark kein S/MIME unterstützt, obwohl es augenscheinlich im Business eingesetzt werden will. PGP gibt es, aber erst in der teuren Pro-Plus-Variante.

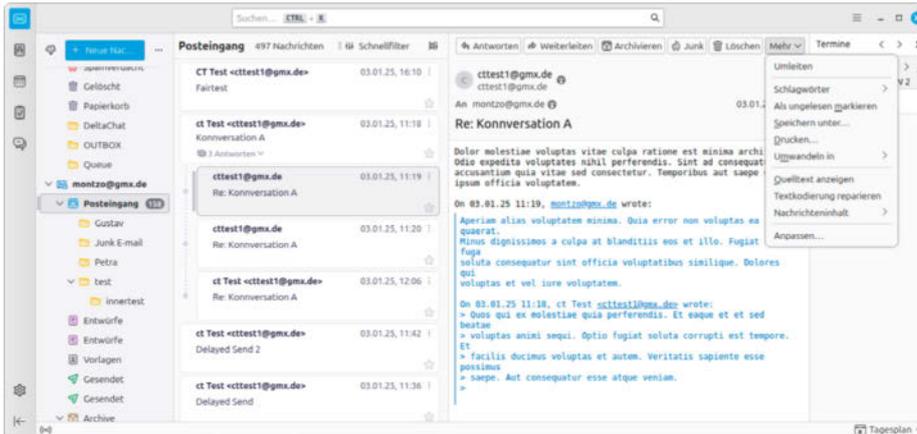
Viele Funktionen, etwa die Teamoption und die Sendeverzögerung, erfordern, dass Spark Daten auf US-Servern des Anbieters ablegt. So landen dort Zugangsdaten inklusive der Passwörter und in manchen Fällen auch komplette Mails. Spark versichert, DSGVO-konform zu agieren und hält auf der Homepage dazu eine ausführliche Erklärung bereit.

Betriebssysteme: Windows, macOS, Android, iOS

- ➕ innovative Team-Funktionen
- ➖ Datenschutzmängel wegen Client-Server-Konzept



War früher wirklich alles besser? Mit The Bat! kann das jeder selbst überprüfen, denn sein Design hat sich seit fast 30 Jahren kaum geändert.



Seit einem Redesign Mitte 2023 sieht Thunderbird deutlich moderner aus. Insbesondere die (abschaltbare) „Kartenansicht“ der Nachrichtenliste stieß aber nicht überall auf Gegenliebe.

The Bat!

The Bat! für Windows existiert seit 1997. Die Softwarefirma Ritlabs aus dem moldawischen Chişinău entwickelt ihr Mailclient-Urgestein unverdrossen weiter, und unsere Leserumfrage ergab, dass The Bat! eine Fangemeinde hat. Der stabile Mailer wirkt allerdings altbacken, Neulinge werden ihre Mühe haben, sich im verwirrenden Wust zurechtzufinden. Die Icons stammen aus der Frühzeit von Windows und könnten eine Renovierung vertragen.

Die Stärken von The Bat! verbergen sich unter der Haube: In Sachen Sicherheit etwa macht ihm keiner etwas vor. In der Voreinstellung lädt er keine Inhalte nach, ein automatisches Backup schützt vor Datenverlust, S/MIME und PGP sind vorbildlich integriert. The Bat! lässt sich 30 Tage lang ausgiebig testen, bevor die knapp 50 Euro Kaufpreis fällig werden.

Betriebssystem: Windows

- 🟢 vorbildliche Sicherheitsfunktionen
- 🔴 unübersichtliche und sehr überkommene Oberfläche

Thunderbird

Thunderbird von Mozilla ist mit Sicherheit der bekannteste Open-Source-Mailclient. Neben der E-Mail-Verwaltung enthält die Desktopversion des Programms einen Kalender und kann mit verschiedenen Chatprotokollen umgehen. Seit einigen Jahren schreitet die Weiterentwicklung des Programms zügig voran, nachdem sie zwischenzeitlich ins Stocken geraten war, und macht immer wieder auch größere Schritte. Dazu gehört ein eingebauter OpenPGP-Client oder ein grundlegend überarbeitete

tes Erscheinungsbild, das aber nicht bei allen Nutzern gut ankam. Als weiterer großer Wurf steht eine integrierte Anbindung an Microsoft Exchange auf dem Plan. Mangels besserer Alternativen nutzen die Entwickler dafür das EWS-Protokoll, obwohl es abgekündigt ist.

Das Featureset von Thunderbird ist umfangreich, aber eine der größten Stärken des Programms ist die Fülle an verfügbaren Plug-ins. Für nahezu alles, was Thunderbird nicht schon selbst kann, gibt es eine meist kostenlose Erweiterung in der integrierten Add-on-Verwaltung.

Parallel zur Weiterentwicklung des Desktopprogramms treibt Thunderbird auch eine Mobilversion voran. Dabei handelt es sich um den Mailclient K9, der unter die Fittiche des Donnergewölkens ge-

schlüpft und umbenannt worden ist. Für K9-Fans gibt es eine Variante der App, die weiter die alte Marke nutzt. Bis Thunderbird Mobile ähnlich viele Features wie sein großer Bruder beherrscht, haben die Entwickler aber noch viel Arbeit vor sich. Noch ist es ein übersichtlicher, aber eher simpler Mailclient, der sich auch nicht mit Plug-ins erweitern lässt. Immerhin kann man Mailkonten bereits leicht per QR-Code von der Desktop- auf die Mobilversion übertragen.

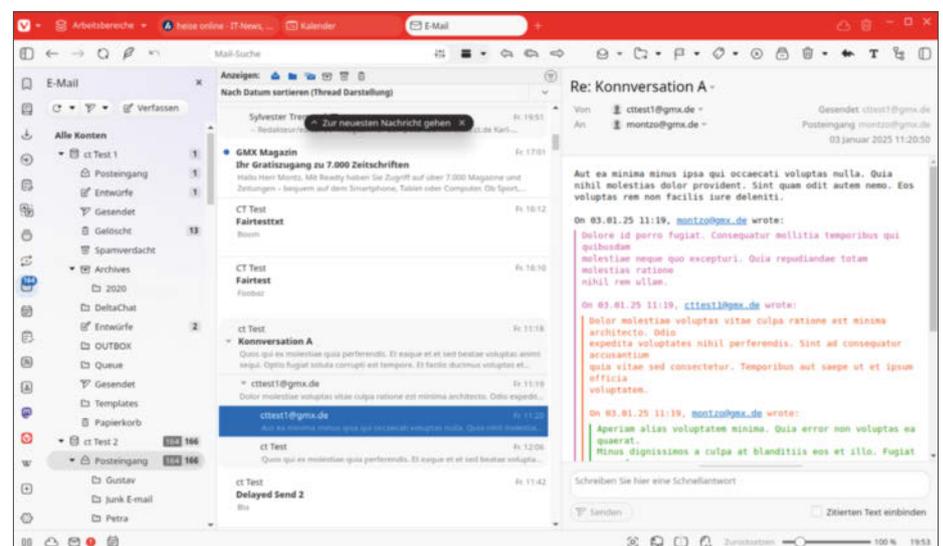
Betriebssysteme: Linux, macOS, Windows, Android

- 🟢 umfangreiches, etabliertes Programm
- 🔴 wandelt sich kontinuierlich

Vivaldi

Vivaldi vereint Browser und Mailclient sowie FeedReader und Kalender in sich. Die aus der Mode gekommene Kombination ist eigentlich naheliegend, schließlich öffnet man allenthalben Links aus E-Mails oder sucht Mailadressen im Netz.

Mailansichten und der Editor zum Verfassen von Nachrichten öffnen sich als Browser-Tabs. Etwas gewöhnungsbedürftig ist, dass sich die Liste von Mailkonten, Ordern, Labels und dergleichen in der allgemeinen Seitenleiste des Programms befindet, wie auch die Downloadliste, die Lesezeichen und vieles mehr. Der Mailer bietet die meisten Standardfeatures, aber wenig darüber hinaus. Mailverschlüsselung oder zeitversetztes Senden etwa sucht man vergebens, die Fähigkeiten der automatischen Filterregeln sind ziemlich beschränkt. An einigen Stellen merkt man



Ein in den Browser integrierter Mailclient. Vivaldi setzt bewusst auf dieses früher weiter verbreitete Konzept – zur Freude seiner Fans.

dem Programm auch an, dass der Mailclient nachträglich zum Browser kam, etwa weil man EML-Dateien zwar speichern kann, sie aber – wenig sinnvoll – vom Browserteil des Programms geöffnet werden. Aber wer eine Browser-Mailer-Kombination interessant findet, sollte sich Vivaldi genauer ansehen.

- Betriebssysteme: Linux, macOS, Windows**
 praktische Programmkombination
 eher wenig Features

Fazit

Je nach Ihren Anforderungen an Mailclients und den von Ihnen genutzten Betriebssystemen kann die Wahl recht schwierig sein. Immerhin fällt das Ausprobieren leicht, sofern Sie IMAP- oder Exchange-Konten nutzen. Dann reichen in

der Regel ein paar Klicks, um eine Zeit lang einen anderen Mailclient zu nutzen. Das erlauben auch kostenpflichtige Clients oft für ein paar Tage, ohne gleich Geld sehen zu wollen. So können Sie entspannt ausprobieren, ob ein Client sein Geld wert ist oder nicht. Danach satteln Sie dauerhaft um oder kehren zu Ihrem alten Client zurück, ohne zwischenzeitlich eingegangene Mails migrieren zu müssen. Wie man komplexere Umzüge der eigenen Mails meistert, erklären wir auf Seite 28.

Aus Nutzersicht ist es unschön, dass viele kostenpflichtige Clients auf Abomodellen umstellen. Das ermöglicht den Herstellern durch regelmäßige planbare Zahlungen eine zuverlässige Weiterentwicklung, aber über die Monate hinweg kostet ein Mailclient so oft überraschend viel. Im Vergleich schockieren knapp 150

Euro für die lebenslange Lizenz von eM Client möglicherweise. Aber wer sich sicher ist, den richtigen Mailclient für die nächsten zig Jahre gefunden zu haben, kommt so deutlich billiger weg als mit einem Abo. Man muss dann allerdings darauf vertrauen, dass der Hersteller lange bleibt.

Unter Android ist uns der Funktionsumfang von FairEmail und eM Client besonders positiv aufgefallen. Letzterer ist etwas schicker und zudem aktuell kostenlos. Der Hersteller weist aber darauf hin, dass er seine Pläne in Zukunft ändern könnte. FairEmails moderater Einmalpreis umfasst dagegen auch zukünftige Pro-Funktionen. Aqua Mail spielt eigentlich in derselben Liga, aber wer in der Gratisversion derart als Datenschleuder auffällt, verspielt viel Vertrauen. Als kosten-

Mailclients für Desktop- und mobile Betriebssysteme

Programm	Airmail	Apple Mail	Aqua Mail	Canary Mail	Claws Mail	eM Client	Evolution
URL	airmailapp.com	apps.apple.com/de/app/mail/id1108187098	aqua-mail.com	canarymail.io	claws-mail.org	emclient.com	flathub.org/apps/org.gnome.Evolution
Betriebssysteme	iOS ¹ , macOS	iOS, macOS	Android, iOS ¹	Android ¹ , iOS ¹ , macOS, Windows ¹	Linux, Windows	Android, iOS, macOS, Windows	Linux
Preis	6,99 € / Monat; 0 € (iOS); 2,92 € / Monat (iOS, Pro-Version)	0 € (Bestandteil von macOS und iOS)	0 €; 9,99 € / Monat oder 29,99 € / Jahr (Pro-Version)	0 €; macOS ab 22,99 € / Jahr (Pro-Version); iOS ab 3,30 € / Monat (Pro-Version)	0 €	0 €; ab 59,95 € (Pro-Version); 0 € (Android, iOS)	0 €
Open Source	–	–	–	–	✓	–	✓
Allgemein							
mehrere Konten	✓	✓	✓ ²	✓	✓	✓ ³	✓
Kalender / Aufgaben / Kontakte	– / – / –	– / – / –	– / – / –	✓ / – / –	– ⁴ / – / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓
POP3 / IMAP / Exchange	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	– / ✓ / ✓	✓ / ✓ / –	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / – ⁴
deutschsprachig	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Signaturen / pro Konto	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Add-on-Fähigkeit / -Website	✓ / ✓	✓ / ✓	– / –	– / –	✓ / ✓	– / –	✓ / –
Im- / Exportformate	mbox, eml, ams / mbox, eml, ams	mbox / eml, mbox	eml ² / eml ² , pdf	– / eml	mbox / eml, mbox	em, mbox, pst, olm, vcf, csv, wab, ics / eml, emdf, ics, vcf	mbox, vcs, ics, csv, vcf, idif, pst, dbx / eml, mbox
KI-Features	✓	–	–	✓ ²	–	✓ ²	–
Eingang							
smarte / priorisierende Inbox	✓	✓	✓	✓	–	✓	–
Unified Inbox	✓	✓	✓	✓	–	✓	–
Suchfunktion	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Filter / Suchordner	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / –	✓ / –	✓ / –	✓ / ✓	✓ / ✓
Filterregeln	✓	✓	–	✓ ²	✓	✓	✓
Wiedervorlage	✓	✓	✓ ²	–	–	✓ ²	✓
Unterhaltungsansicht	✓	✓	–	✓	–	✓	–
Threads in Baumansicht	–	✓	✓	–	✓	✓ ²	✓
Spamfilter (im Client)	✓	✓	–	–	– ⁴	–	– ⁴
Sicherheit							
externe Inhalte blockieren	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
E2EE: PGP / SMIME	– ⁴ / – ⁴	– / ✓	– / ✓ ²	✓ ² / –	– ⁴ / – ⁴	✓ / ✓	✓ ¹ / ✓
Ausgang							
Textbausteine / Mailvorlagen	– / ✓	– / –	✓ / –	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	– / – ⁴
zeitversetzter Versand	✓	✓	✓	✓ ²	–	✓ ²	–
Antwort im Anzeigen-Fenster	✓	–	–	–	–	–	–
Plaintext-Ansicht	✓	–	–	–	✓	✓	✓
Plaintext-Verfassen	✓	✓	✓	–	✓	✓	✓

¹ stark abweichender Funktionsumfang, hier nicht wiedergegeben ² Pro-Version ³ maximal zwei, in Pro-Version mehr ⁴ über Plug-in möglich ⁵ über externe Anbieter / Zusatzabo

lose Android-Clients eignen sich jedenfalls Thunderbird Mobile, eM Client oder FairEmails Gratisversion besser. Gmail bietet dagegen kaum einen Vorteil mit Ausnahme der Exchange-Integration.

Apple-Nutzer bleiben oft bei den bordeigenen Mailclients, die vielen Ansprüchen genügen und die Funktionen der Betriebssysteme macOS und iOS gut nutzen. Doch weil Apple seine Mailprogramme immer weiter mit Funktionen ausgebaut hat, ohne das Design grundlegend zu überarbeiten, leidet die Bedienbarkeit. Da springen Alternativen wie Airmail mit ihrem aufgeräumten Layout in die Bresche. Wer mit seinem Apple-Gerät PGP-verschlüsselt mailen möchte, kommt ohnehin nicht um einen Fremdclient herum. Hier bieten sich Canary Mail und insbesondere eM Client an.

Diese beiden Clients sind auch eine gute Wahl, wenn Sie iOS und Android nutzen und auf beiden Systemen eine möglichst einheitliche Mailverwaltung wünschen. Auf dem Desktop bieten sich dafür Vivaldi und besonders Thunderbird an, die beide nicht nur für Windows und macOS, sondern auch für Linux erhältlich sind. Letzterer ist ein deutlich mächtigerer Mailclient. Vivaldi besticht dagegen, wenn Sie es leid sind, immer zwischen Browser und Mailclient hin- und herwechseln zu müssen.

Spark lockt mit interessanten Kollaborations- und KI-Features, bedingt aber, dass Sie Ihre Nachrichten den Servern des Herstellers anvertrauen. Eine gute KI-Integration ohne diesen zweiseitigen Aspekt bietet hingegen Canary Mail sowohl auf dem Desktop als auch mobil.

Unser Querschnitt durch die Clientlandschaft zeigt, dass die Entwicklung von Mail-Programmen wieder in Schwung gekommen ist. Features wie Snooze, verzögertes Senden oder Wiedervorlagen machen den Umgang mit E-Mail effizienter. Auch Sprach-KI kann bei allen begründeten Vorbehalten wegen eventueller Datenschutzprobleme im Alltag richtig Zeit sparen. Jeder hat da seinen eigenen Umgang und kann die Wahl des Clients mithilfe unserer Tabelle nach diesen Prioritäten ausrichten. (hob@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Jan Mahn, Kaputt und unersetzbar, So steht es um das dezentrale System E-Mail, c't 24/2023, S. 16
- [2] Stefan Wischner, Problemerweiterungen, Das Technik-Wirrwarr um Outlook-Add-ins, c't 10/2024, S. 146

FairEmail	Gmail	Mailbird	Mailspring	Outlook (Classic)	Spark	The Bat!	Thunderbird	Vivaldi
email.faircode.eu	workspace.google.com/intl/de/gmail	getmailbird.com	getmailspring.com	apps.microsoft.com/detail/xp9mhd8pgh9n47	sparkmailapp.com	www.ritulabs.com/de/products/thebat	thunderbird.net	vivaldi.com/features/mail
Android	Android, iOS ¹	macOS, Windows	Linux, macOS, Windows	Android ¹ , iOS ¹ , macOS ¹ , Windows	Android, iOS, macOS, Windows	Windows	Android ¹ , Linux, macOS, Windows	Linux, macOS, Windows
0 €; 6,99 € (Pro-Version)	0 €	0 €; ab 94,95 € (Pro-Version)	0 €; 8 US-\$ / Monat (Pro-Version)	in Office (außer Home 2024) enthalten	0 €; ab 5,83 € / Monat (Pro-Version)	ab 47,95 €	0 €	0 €
✓	-	-	✓	-	-	-	✓	-
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
- / - / -	- / - / -	✓ / ✓ / ✓ ²	- / - / -	✓ / ✓ / ✓	✓ / - / -	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓
✓ / ✓ / -	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ ²	- / ✓ / -	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / -	✓ / ✓ / - ⁴	✓ / ✓ / -
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
- / -	- / -	- / -	✓ / ✓	✓ / ✓	- / -	✓ / ✓	✓ / ✓	- / -
- / eml, txt	- / -	vcf / eml, vcf	- / -	pst, csv / pst, csv, msg	csv / mbox	mbox, msg, ldif, vcf, csv / mbox, eml, msg	ics, csv, ldif, eml, vcf	eml, mbs, mbox / eml
✓ ⁵	- ⁶	✓ ²	-	✓ ⁵	✓ ²	-	- ⁴	-
✓ ²	- ⁶	-	-	✓	✓ ²	-	-	-
✓	✓	✓	✓	✓ ⁸	✓	✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
✓ / ✓	✓ / -	✓ / - ²	- / -	✓ / ✓	✓ / ✓ ⁸	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
✓ ²	-	✓ ²	✓	✓	-	✓	✓	✓
✓ ²	- ⁶	✓ ²	✓ ²	✓	✓	✓	✓	-
✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	- ⁴	-
-	-	-	-	✓	-	✓	✓	✓
✓ ²	- ⁶	-	-	✓	-	- ⁴	✓	-
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
✓ ¹ / ✓ ²	- / -	- / -	- / -	- / ✓	- / -	✓ / ✓	✓ / ✓	- / -
✓ ²	- / -	✓ / ✓ ²	✓ / ✓ ²	✓ / ✓	✓ / ✓ ²	✓ / ✓	- ⁴ / - ⁴	✓ / -
✓ ²	- ⁶	✓	✓ ²	-	✓	✓	- ⁴	-
-	- ⁶	✓	✓	✓	✓	✓	- ⁴	✓
✓	-	-	-	✓	-	✓	✓	✓
✓	-	-	✓	✓	-	✓	✓	✓ ⁹

⁶ über „Gmailify“ möglich

⁷ über externes Programm

⁸ nur macOS bzw. iOS

⁹ wenn keine Formatierung genutzt wird

✓ vorhanden

- nicht vorhanden

Upgrade geht anders

Was es mit dem neuen Outlook auf sich hat

Das von Microsoft mit viel Nachdruck beworbene „neue Outlook“ führt zu Irritationen. Funktionen fehlen, die Oberfläche lahmt, der Datenschutz ist fragwürdig. Trotzdem umsteigen oder Finger weg?

Von Stefan Wischner

Vor gut einem Jahr veröffentlichte Microsoft ein neues Mailprogramm unter altem Namen und wirbt seither mit steigender Vehemenz für den Umstieg. Das „neue Outlook“, so die offizielle Bezeichnung, wird mittlerweile in Windows 11 automatisch mitinstalliert, auch ohne Office-Paket. In der Taskleiste und im Startmenü erscheint es derzeit als



Legt man im neuen Outlook ein Fremdkonto an, weist eine Dialogbox zwar auf die Synchronisation mit der Microsoft-Cloud hin, verschweigt dabei aber einiges.

„Outlook (new)“. Unter macOS ist es überhaupt nicht gesondert gekennzeichnet, sondern nur an einem fehlenden Häkchen am Eintrag „Legacy-Outlook“ im Menü „Outlook“ erkennbar.

Trotz der Namensgleichheit war zunächst nicht die Rede davon, dass das neue Outlook die klassische Version aus dem Office-Paket ersetzen soll. Vielmehr löst es die kostenlosen Windows-10-Apps Mail, Kalender und Personen ab und vereint alle drei in einem Programm. Das neue Outlook ist eine WebView2-Anwendung, quasi der Webclient von outlook.com im Kleid einer Windows-Anwendung mit etwas mehr Funktionen. Anders als die Browserversion lässt sich das neue Outlook aber auch mit Nicht-Microsoft-Mailkonten via IMAP verbinden. POP3 wird nicht unterstützt.

Datenschutz: problematisch

Wer fremde Konten einbindet, handelt sich aber ein Datenschutzproblem ein: Bei der Einrichtung eines Fremdanbieterkontos, dazu gehören auch firmeninterne IMAP-Server, erscheint eine vage gehaltene Warnmeldung. Sie erklärt, dass alles, was man in Outlook erstellt, in der Microsoft Cloud gespeichert wird, verschweigt aber auch einiges. Mit keinem Wort wird erwähnt, dass auch die Anmeldedaten für das Fremdanbietermailkonto, also Benutzername und Passwort und alle im Postfach bereits vorhandenen Mails in der Microsoft-Cloud landen [1].

Anders als es bei lokal installierten Mailprogrammen und im klassischen Outlook üblich ist, kommuniziert das neue Outlook nicht direkt mit dem betreffenden Mailserver. Stattdessen beauftragt es einen Server bei Microsoft, sich beim externen Mailserver anzumelden und auf das dortige Postfach zuzugreifen, um Nachrichten zu senden und zu empfangen. Zu diesem Zweck bekommt Microsofts Server den



Bild: KI, Collage ct

passenden Schlüssel in Form von Benutzername und Passwort geliefert.

Das ist in etwa so, als würden Sie Ihrem Nachbarn Ihren Briefkastenschlüssel geben, damit er Ihre Post für Sie abholt, öffnet, liest und Ihnen dann übergibt. Briefe, die Sie versenden möchten, geben Sie ohne Briefumschlag ebenfalls dem Nachbarn, damit er sie zur Post trägt.

Anders ausgedrückt macht sich Microsoft zu einem zusätzlichen Mailprovider, der sich zwischen Ihren Rechner und Ihren eigentlichen Provider schaltet.

Microsoft macht ernst

Auch wenn Microsoft anfangs betonte, der neue Mailclient solle hauptsächlich die kostenlosen Windows-10-Apps ersetzen, zeigte sich schnell: Die Bezeichnung „neues Outlook“ ist nicht etwa unglücklich gewählt. Sie unterstreicht vielmehr, dass Microsoft das klassische Outlook aus dem Office-Paket damit vollständig ersetzen will. Ein exaktes Datum, wann das klassische Outlook endgültig aus dem Support fällt, gibt es noch nicht. In einem Blogpost versicherte eine Microsoft-Produktmanagerin, das wäre nicht vor 2029 der Fall.

Dennoch zieht Microsoft jetzt schon die Schrauben an. Seit einigen Monaten findet sich im klassischen Outlook ein Umschalter für den Wechsel auf den neuen Client, der noch betätigt werden muss. Nun erhöht Microsoft den Druck, das neue Outlook doch mal auszuprobieren: Seit Beginn dieses Jahres werden Nutzer eines Business-Abonnements von Microsoft 365 schrittweise zwangsumgestellt, ab April 2026 soll es auch Abonnenten eines Enterprise-Plans treffen. Eine entsprechende Mitteilung erhielten MS-365-Admins in ihrer Verwaltungsoberfläche, inklusive Link zu einer Anleitung, wie sie die Zwangsumstellung blockieren können. Nutzer, deren Outlook bereits umgestellt wurde, können über die Hilfe-Symbolleiste oder

das Einstellungsmenü wieder zurückwechseln. Die Zugangsdaten und Mails liegen dann aber bereits bei Microsoft.

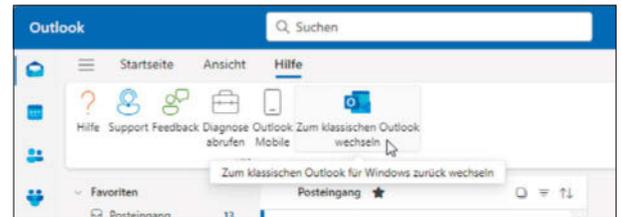
Der Austausch des klassischen Outlook gegen den neuen Client im Unternehmensumfeld und für den professionellen Einsatz kann aus mehreren Gründen problematisch sein. An oberster Stelle steht das Datenschutzthema. Sofern als Mailserver nicht ohnehin Exchange Online (selbst gehostete Exchange-Server unterstützt das neue Outlook bislang nicht) fungiert, Microsoft also Zugangsdaten und Mails schon hat, steht die Umleitung der Daten über die Microsoft-Server wahrscheinlich im Konflikt mit allerlei Unternehmensrichtlinien.

Mehr Downgrade als Update

Aber auch abseits der Datenschutzproblematik empfiehlt sich der Umstieg auf das neue Outlook oft nicht, weil dessen Funktionsumfang der klassischen Version meilenweit hinterherhinkt. Es handelt sich eben nicht um ein Update, sondern um ein komplett neu entwickeltes Programm, das etliche Funktionen seines Vorgängers nicht oder nur unzulänglich beherrscht. Die Mängelliste umfasst derzeit unter anderem geteilte Mailboxen, öffentliche Ordner, benutzerdefinierte Formulare, S/MIME, den vollständigen Offline-Betrieb, Suchordner, anpassbare Symboleisten und unterschiedliche Mailprofile.

Viele Workflows und die Anbindung an manche andere Programme und Dienste funktionieren zudem mit dem neuen Outlook nicht mehr. So fehlen ihm die

Noch kann man sehr einfach zum klassischen Outlook zurückwechseln.



MAPI-Funktionen, die bestimmte Fremdprogramme als Kommunikationsschnittstelle nutzen. Visual Basic fällt weg und somit auch über VBA-Makros realisierte Automatisierungen. Dasselbe gilt für alle VST/COM-Erweiterungen. Sie müssen durch äquivalente Web-Add-ins ersetzt werden, die aber – wenn überhaupt verfügbar – nur in Verbindung mit Microsoft-Mailkonten funktionieren [2].

Manche der fehlenden Funktionen werden die Entwickler bis zur endgültigen Umstellung noch nachreichen. Andere werden möglicherweise nur teilweise implementiert. Zum Beispiel ist angekündigt, dass Nutzer die zu Archivzwecken (siehe Artikel auf S. 28) wichtigen PST-Dateien zumindest lesen können. Einiges wird aber auf der Strecke bleiben, etwa COM-Add-ins und VBA. Microsoft listet in seiner Roadmap (ct.de/y9w7) die Pläne zu Erweiterungen nebst voraussichtlichem Veröffentlichungsdatum auf. Manches liegt noch weit in der Zukunft.

Erst mal abwarten

Also Finger weg vom neuen Outlook? Jein. Für Privatnutzer ist das neue Outlook ein veritabler Nachfolger der abgekündigten

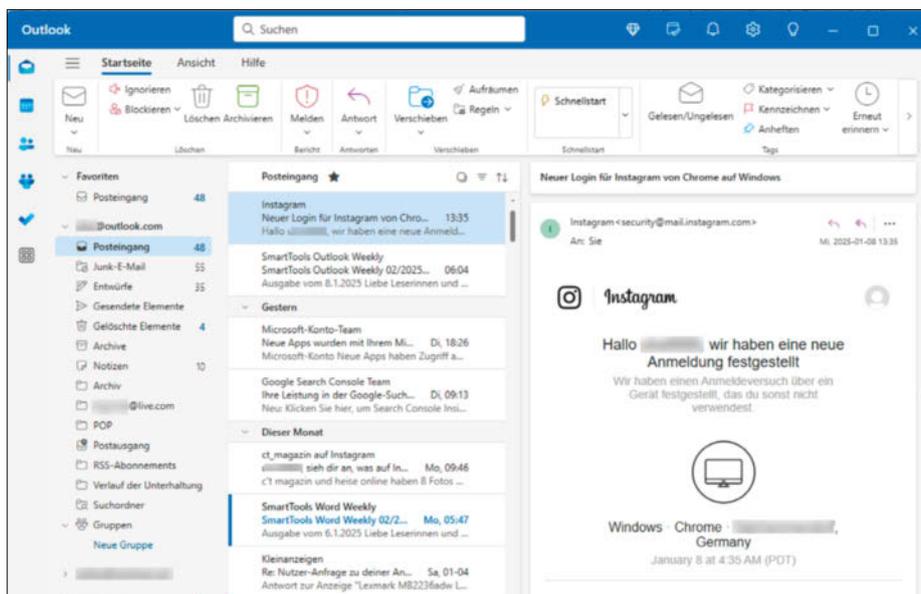
Windows-Apps Mail, Kalender und Kontakte, wenn man sich an die geänderte Bedienung und Oberfläche gewöhnen kann. Nutzt man das Programm ausschließlich mit einem oder mehreren Microsoft-Konten anstelle externer Mailprovider, ist auch die Datenschutzproblematik weniger neu, da Microsoft ohnehin vollen Zugriff hat.

Letzteres mag auch für das professionelle Umfeld und in Unternehmen gelten, wenn Exchange Online im Rahmen von Microsoft 365 als Mailserver dient. Mit einem Microsoft-fremden Mailprovider oder intern gehostetem IMAP/SMTP-Server sollten Nutzer jedoch nicht ohne Rückfrage bei der Geschäftsleitung oder IT-Abteilung umstellen. Am besten unterbindet der Admin die Zwangsmigration und den verlockenden Umschalter per Richtlinie komplett. Andernfalls drohen unbewusste Datenschutzverstöße, verunsicherte Mitarbeiter und überquellende Ticketsysteme beim IT-Support.

Im Vergleich mit dem alten Outlook stört jedenfalls der reduzierte Funktionsumfang. Die derzeit kommunizierte Planung gibt Microsoft mindestens vier Jahre Zeit, das neue Outlook zu einem brauchbaren Nachfolger für das klassische Programm reifen zu lassen. Im Moment ist es davon noch weit entfernt. Vielleicht beschließt Microsoft ja auch, das Projekt „Neues Outlook“ wieder zu begraben. Dass das Unternehmen bei ausreichendem Gegenwind durchaus auch mal rückwärts rudern kann, hat sich schon öfter gezeigt, zum Beispiel beim Windows-8-Kachelmenü oder der umstrittenen Recall-Funktion [3]. Also erst einmal zurücklehnen und abwarten. (swi@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Ronald Eikenberg, Wolkig mit Aussicht auf Datenlecks, Neues Outlook überträgt Passwörter an Microsoft, c't 28/2023, S. 16
- [2] Stefan Wischner, Problemerkweiterungen, Das Technik-Wirrwarr um Outlook-Add-ins, c't 10/2024, S. 146
- [3] Axel Vahldiek, Rückruf-Update, Neustart für die Windows-Vorratsdatenspeicherung „Recall“, c't 23/2024, S. 33



Sieht (fast) aus wie das bekannte Outlook, heißt auch so, ist aber ein komplett eigenständiges Programm.

Microsoft-Roadmap zum neuen Outlook: ct.de/y9w7



Bild: KI, Collage ct

Sicherungsverwahrung

Mails sichern, archivieren und migrieren

Posteingang und Ordner im Mailprogramm sind oft ein wertvolles Wissensarchiv. Wir zeigen, wie Sie Archivkopien davon anlegen und es sicher zu einem anderen Mailprogramm oder Provider transferieren. Außer mit Bordmitteln der Mailclients gelingt das besonders einfach mit einem kostenlosen Windows-Tool.

Von Stefan Wischner

Das E-Mail-Programm ist häufig nicht nur Kommunikations-Tool, sondern auch unersetzliches Archiv. Nicht selten finden sich darin Abertausende von Nachrichten vieler Jahre, sei es gesammelt in einem ständig wachsenden Posteingang oder säuberlich in Ordnerstrukturen einsortiert. Sie dokumentieren wichtige Gesprächsverläufe, enthalten wertvolle Informationen von Namen und Adressen bis zu Seriennummern und Links und sind oft einziger Speicherort für Fotos, Dokumente und Dateianhänge aller Art. Praktisch alle Mailprogramme bieten eine ausreichend leis-

tungsfähige Suchfunktion, um bei Bedarf jede Information aufzuspüren, was das Mailprogramm zur umfassenden Wissensdatenbank macht.

Ein solcher Datenschatz ist viel zu wichtig, um ihn ausschließlich dem Server des Providers oder dem nicht immer transparenten und direkt zugänglichen Speicher des Mailprogramms anzuvertrauen. Ein Backup muss her. Wir zeigen auf den folgenden Seiten, woher Sie das bekommen und erklären zudem, wie Sie mit all den Mails und Daten zu einem anderen Mailprogramm oder Provider wechseln.

Sichern und archivieren

Die meisten Desktop-Mailprogramme bieten eine Funktion, mit der sie Ordnerinhalte in lokale Dateien exportieren können. Das verwendete Speicherformat hängt vom Client ab. Meistens handelt es sich um EML oder MBOX, Outlook speichert PST-Dateien. Eine Übersicht über gängige Formate zeigt der Kasten auf Seite 32. Da Mailprogramme normalerweise das von ihnen exportierte Format auch wieder einlesen können, eignen sich die exportierten Daten als Backup oder Archiv. Problematischer kann der Umzug zu einem anderen Mailprogramm werden, wenn der neue Client nicht das Format unterstützt, das der alte ausgegeben hat. Auch für diesen Fall gibt es aber Optionen, zum Beispiel das weiter unten beschriebene Tool MailStore Home.

Soll das Nachrichtenarchiv unabhängig von Mailprogrammen lesbar sein, empfiehlt sich ein universelles Format wie PDF. Das wird aber nur von wenigen Programmen direkt als Exportformat angeboten, zum Beispiel von Apple Mail und Mozilla Thunderbird mit dem Add-on ImportExport Tools NG. Oft können Sie sich aber auch mit einem PDF-Druckertreiber helfen und die Nachrichten in eine Datei drucken. Komfortabel ist das allerdings nicht. In der Regel müssen Sie die Inhalte Ordner für Ordner ausgeben, nachdem Sie zuvor alle Nachrichten markiert haben. Außerdem bleiben Dateianhänge auf der Strecke und ein Re-Import in das Mailprogramm ist auch nicht möglich. Dafür haben Sie eine unabhängig vom Mailprogramm lesbare Kopie. Für ein rekonstruierbares Backup sollten Sie die Inhalte zusätzlich in einem gängigen Mailformat wie EML oder MBOX ausgeben.

Die Exportfunktion der Programme finden Sie zumeist im Datei-Menü oder im Kontextmenü von Mailkonten und Ordnern im Navigationsbaum. Bei Outlook liegt sie etwas versteckt unter „Datei/Öffnen und Exportieren/Importieren-Exportieren/In Datei Exportieren“. In Mozilla Thunderbird hilft das erwähnte Add-on ImportExportTools NG, um das Programm mit Exportfunktionen für EML, PDF, HTML und Reintext auszustatten. Die hauseigene Exportfunktion kann Nachrichten zusammen mit Einstellungen und Adressbüchern in eine ZIP-Datei verpacken, bekommt aber Probleme mit Archivdateien über 2 GByte Größe. Dann bleibt noch die Direktkopie, denn Thunderbird arbeitet auch intern direkt mit

MBOX-Dateien, eine für jeden Ordner. Die sind im Profilordner vergraben (direkter Link: Hamburger-Menü rechts oben, dann „Werkzeuge/Exportieren/Profilordner öffnen“, dann in „Mail“ oder „Imap-Mail“ und den Unterordner mit der Bezeichnung des Mailservers). Außer den MBOX-Dateien ohne Dateieindung gibt es noch MSF-Dateien mit Index-Informationen. Entweder picken Sie die MBOX-Dateien heraus oder Sie sichern die kompletten Ordner. Ob darin tatsächlich der komplette Server-Datenbestand steckt, hängt von den Synchronisationseinstellungen des Clients ab. Bei den meisten Mailprogrammen finden Sie die in den Einstellungen jedes Kontos, in Thunderbird zum Beispiel unter „Synchronisation & Speicherplatz“.

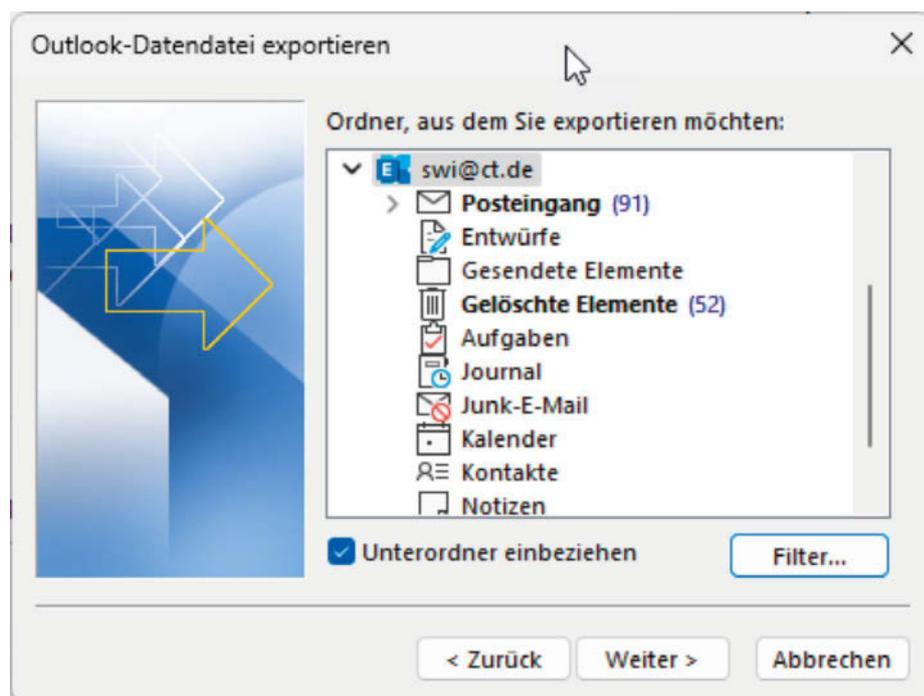
Manche Mailanbieter geben Ihnen auch eine Download-Möglichkeit für die Nachrichten in Ihrem Konto über die jeweilige Webseite. Aus Google Mail holen Sie die Daten über den Takeout-Dienst von Google (takeout.google.com) als ZIP-Datei, die MBOX-Dateien enthält. Nutzer eines persönlichen Microsoft-Kontos können sich mit dem Webmailer outlook.com eine ZIP-Datei mit einem PST-Archiv herunterladen. Die Funktion versteckt sich hinter dem Zahnradmenü rechts oben. Wählen Sie „Allgemein/Datenschutz und Daten/Postfach exportieren“. Es kann aber laut Microsoft bis zu vier Tage dauern, bis Sie eine Mail mit einem Downloadlink zu Ihrer Exportdatei erhalten. Immerhin umgehen Besitzer eines Microsoft-Kontos, die das neue Outlook einsetzen, so dessen Beschränkung, dass es selbst keine PST-Dateien exportieren kann.

ern, bis Sie eine Mail mit einem Downloadlink zu Ihrer Exportdatei erhalten. Immerhin umgehen Besitzer eines Microsoft-Kontos, die das neue Outlook einsetzen, so dessen Beschränkung, dass es selbst keine PST-Dateien exportieren kann.

Ein vom Mailprogramm unabhängiges, mit einem eigenen Programm les- und durchsuchbares Archiv erhalten Windows-Nutzer mithilfe des Tools MailStore Home. Es kann unter anderem auch Nachrichten und Ordner direkt vom Server des Mailproviders herunterladen und umgekehrt so fehlende Exportfunktionen Ihres Mailprogramms. Eine Einführung in MailStore Home folgt weiter unten in diesem Artikel.

Umzug zu einem anderen Mailprogramm

Die exportierten Dateien eignen sich grundsätzlich auch dazu, von einem Mailprogramm auf ein anderes umzusteigen und dabei alle Ordnerinhalte mitzunehmen. Sofern Ihre Mailkonten das IMAP- oder Exchange-Protokoll nutzen, ist das aber normalerweise gar nicht nötig. Dann liegen nämlich alle Nachrichten auf dem Server Ihres Providers; das Mailprogramm lädt lediglich Kopien auf Ihren Rechner herunter. Installieren Sie den Mailclient, den Sie künftig nutzen wollen, richten Sie dort Ihr Konto ein und geben Sie die Zugangsdaten an. Danach brauchen Sie nur



Outlook für Windows exportiert nur im eigenen PST-Format, schließt dabei aber auch Kalendereinträge und Kontakte mit ein.

noch zu warten. Das Mailprogramm verbindet sich mit dem Postfach beim Server des Providers und synchronisiert die Ordnerinhalte gemäß der Einstellung im Client, also entweder alle oder nur einen Teil – etwa nur die jüngeren Datums oder ohne größere Dateianhänge.

Handelt es sich um ein Exchange-Konto, gehören zu den synchronisierten Daten auch Adressen und Termine. Bei IMAP werden hingegen nur die Mailnachrichten heruntergeladen; für die übrigen Daten sind zusätzliche Schritte nötig. Dazu gleich mehr.

Etwas umständlicher ist es mit einem POP3-Konto. Bei diesem Protokoll werden Nachrichten standardmäßig vom Server auf den lokalen Rechner verschoben, sind also nur lokal gespeichert. Es gibt zwar auch eine Option, Kopien auf dem Server zu belassen, in der Regel aber nur für einen begrenzten Zeitraum. Für den Umzug der vorhandenen Nachrichten müssen Sie also alle Inhalte aus dem alten Mailprogramm in eine oder mehrere Dateien exportieren

und anschließend in den neuen Client importieren.

Welches Format Sie für den Im- und Export verwenden, hängt davon ab, was der alte Mailclient ausgeben und der neue einlesen kann. Dasselbe gilt für die Frage, ob Sie den Umzug Ordner für Ordner vornehmen oder alles auf einmal migrieren können. Ein praktikables Transferformat für den Wechsel von Outlook zu einem anderen Client wäre PST, das leider nur wenige andere Mailclients einlesen können, beispielsweise eM Client. Je nach Ausgangs- und Zielprogramm eignen sich auch EML- und MBOX-Dateien. Manche Clients können sich die Daten auch ohne Umweg über ein Exportformat direkt von einem anderen Mailprogramm ziehen, zum Beispiel Mozilla Thunderbird für Windows und eM Client aus Outlook, letzteres auch aus Thunderbird-Profilen. Dazu muss der „alte“ Client noch installiert und eingerichtet sein.

Das erwähnte Windows-Tool Mail-Store Home (siehe unten) hilft auch dabei,

das Mailprogramm zu wechseln, weil es sein Archiv in unterschiedlichen Formaten exportieren kann. Sie lesen beispielsweise die von Outlook bei POP-Konten standardmäßig verwendeten PST-Dateien ein und geben sie als EML für den Import im neuen Client wieder aus.

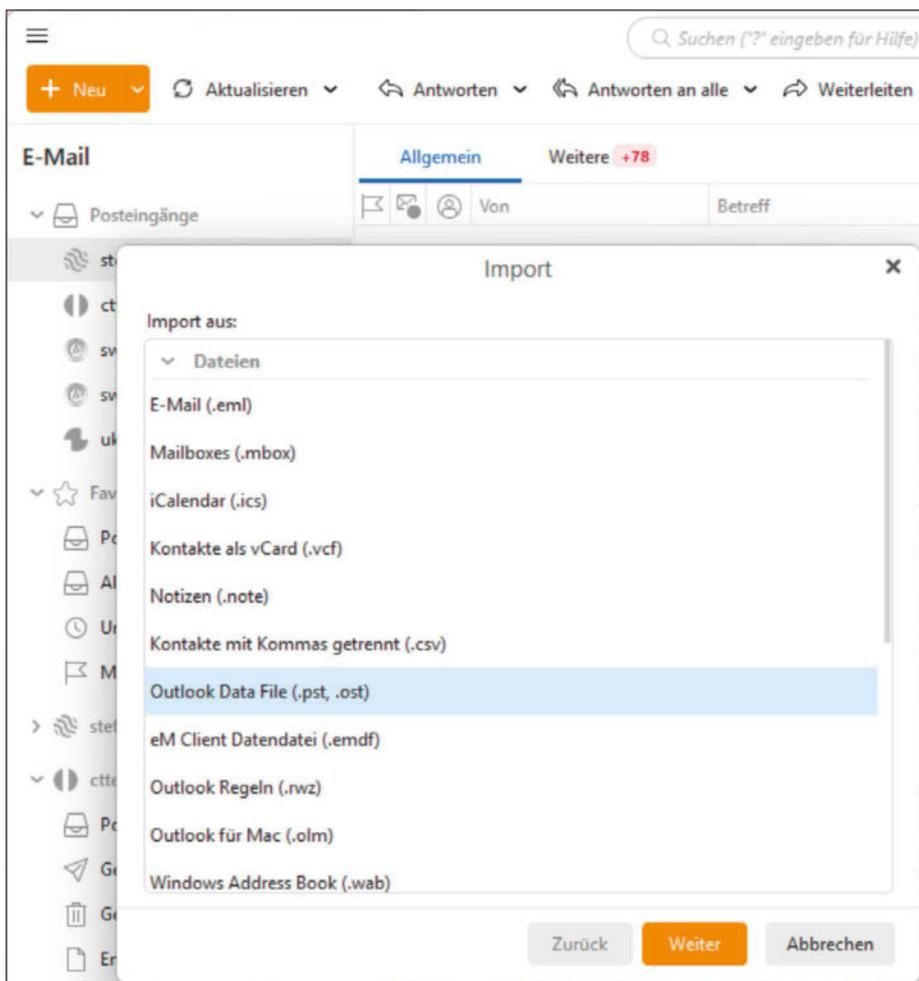
Außer beim Transfer via PST-Dateien bleiben mit den genannten Methoden Adressen und Termine auf der Strecke, zumindest bei IMAP- und POP3-Konten. Diese Daten müssen Sie separat aus dem alten Mailprogramm exportieren und im neuen wieder einlesen. Als Dateiformate für Adressen haben sich Textdateien mit Feldtrennzeichen (CSV) und vCard (VCF) etabliert. Welches davon Sie verwenden, hängt davon ab, welche Ex- und Importformate die beiden beteiligten Mailprogramme unterstützen. Für den Transfer von Kalendereinträgen eignet sich in den meisten Fällen das ICS-Format.

Falls Sie Ende-zu-Ende-verschlüsselte Mails nutzen, müssen Sie sich außerdem damit beschäftigen, wie PGP-Schlüssel oder S/MIME-Zertifikate den Umzug überstehen. Wenn der alte und neue Client Mails über ein externes Programm wie GnuPG verschlüsseln, sollten Sie höchstens ein paar Einstellungen im neuen Client passend setzen müssen. Wenn Sie Clients mit integrierter Mailverschlüsselung nutzen, müssen Sie die Schlüssel oder Zertifikate hingegen explizit exportieren. Testen Sie gründlich, dass alles funktioniert, bevor Sie den alten Client abschaffen.

Wechsel des Mail-Providers

Haben Sie vor, mit allen vorhandenen Mails, Adressen und Terminen zu einem anderen Mail-Provider umzuziehen, stehen Ihnen mehrere Methoden zur Verfügung. Auch hier hängt es vom verwendeten Mailprotokoll und den Funktionen Ihres Mail-Clients ab, welchen Weg Sie gehen.

Eine einfache Methode, Mails und Ordnerinhalte von IMAP- und Exchange-Konten zu migrieren, setzt voraus, dass Sie in Ihrem Mail-Programm mehrere Konten einrichten können. Fügen Sie einfach eines mit den Zugangsdaten Ihres neuen Providers hinzu, richten Sie dort gegebenenfalls eine identische Struktur benutzerdefinierter Ordner ein und kopieren Sie alle Inhalte im Navigationsbereich des Mailprogramms per Drag & Drop von den alten in die neuen Ordner. Anschließend brauchen Sie nur zu warten, bis der Mail-



Besonders flexibel ist der Import in den eM Client. Er unterstützt viele Formate, darunter sogar Outlook-Daten für Windows (PST) und macOS (OLM).

client alle Inhalte mit dem Server des neuen Providers synchronisiert hat.

Funktioniert das nicht, können Sie genauso vorgehen wie beim zuvor beschriebenen Wechsel des Mailclients: Exportieren Sie alle Nachrichten und Ordner aus dem alten Mail-Account in ein Format, das Ihr Mailprogramm auch wieder einlesen kann. Bei Outlook bietet sich PST an, ansonsten geht es auch mit MBOX- und EML-Dateien. Richten Sie Ihren neuen Mailzugang ein und importieren Sie die Daten wieder.

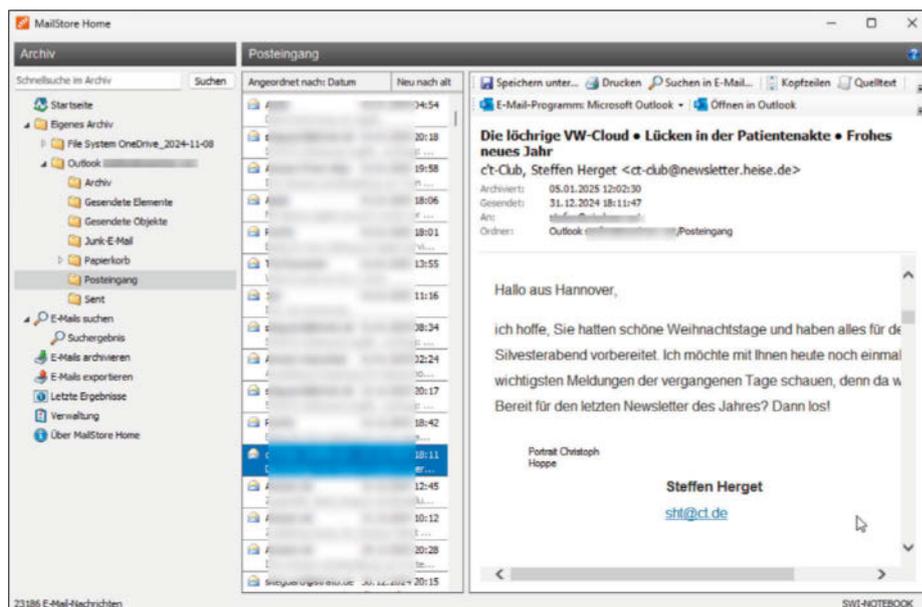
Beide Methoden setzen allerdings voraus, dass alle Nachrichten vom alten Provider synchronisiert sind und nicht etwa nur neuere oder keine mit großen Anhängen heruntergeladen wurden. Gegebenenfalls passen Sie die diesbezüglichen Einstellungen im Mailprogramm an und warten erst den kompletten Download ab.

Manche Mailprovider wie zum Beispiel IONOS (1&1), mailbox.org und Posteo bieten auch einen eigenen Umzugsdienst an, der die Migration für Sie übernimmt. Allerdings müssen Sie Ihrem neuen Provider dazu die Zugangsdaten zu Ihrem Account beim alten Provider zur Verfügung stellen. Wollen Sie den alten Zugang nach dem Umzug behalten, sollten Sie das zugehörige Passwort danach unbedingt ändern.

Archivieren und konvertieren mit MailStore Home

Es ist schon mehrfach angekungen: MailStore Home ist ein für den privaten Einsatz kostenloses Windows-Programm, mit dem Sie ein durchsuchbares Backup-Archiv Ihrer Mails lokal oder auf einem externen Datenträger anlegen können. Die Inhalte holt sich das Programm wahlweise direkt vom Server des Mailproviders oder aus Exportdateien (PST, EML, MSG, MBOX) und speichert sie in einer eigenen lokalen Datenbank. Dank flexibler Exportfunktionen können Sie mit dem Programm auch konvertieren, zum Beispiel vom Outlook-PST- oder -MSG-Format in EML-Dateien.

Nachdem Sie MailStore Home via ct.de/y9cn heruntergeladen und das Installationsprogramm gestartet haben, stehen Sie vor der Wahl, es auf dem lokalen Rechner zu installieren oder als portable Version zusammen mit der Archivdatenbank auf einem USB-Stick oder einer externen Platte einzurichten. MailStore Home organisiert Archive in getrennten Profilen für jede eingeleseene Quelle. Um ein erstes Profil anzulegen, klicken Sie auf



Die Bedienoberfläche von MailStore Home ähnelt der eines Mailprogramms. Es gibt Ordner, eine Nachrichtenliste mit Vorschau, ein Inhaltsfenster und eine leistungsfähige Suchfunktion.

der Startseite im Hauptmenü auf „E-Mails archivieren“. Der obere Abschnitt („Profil erstellen“) des folgenden Fensters ist in drei Spalten aufgeteilt, in denen Sie die Quelle der einzulesenden Inhalte wählen. Die Einträge im mittleren Abschnitt ziehen sich die Inhalte direkt vom installierten Mailprogramm. Unterstützt werden allerdings nur Outlook (die klassische, nicht die neue Version), Thunderbird, SeaMonkey und das seit Windows 8 obsoletere Windows Live Mail. Rechts finden Sie die Optionen, Nachrichten aus Exportdateien im MBOX-, MSG-, EML- und PST-Format zu importieren.

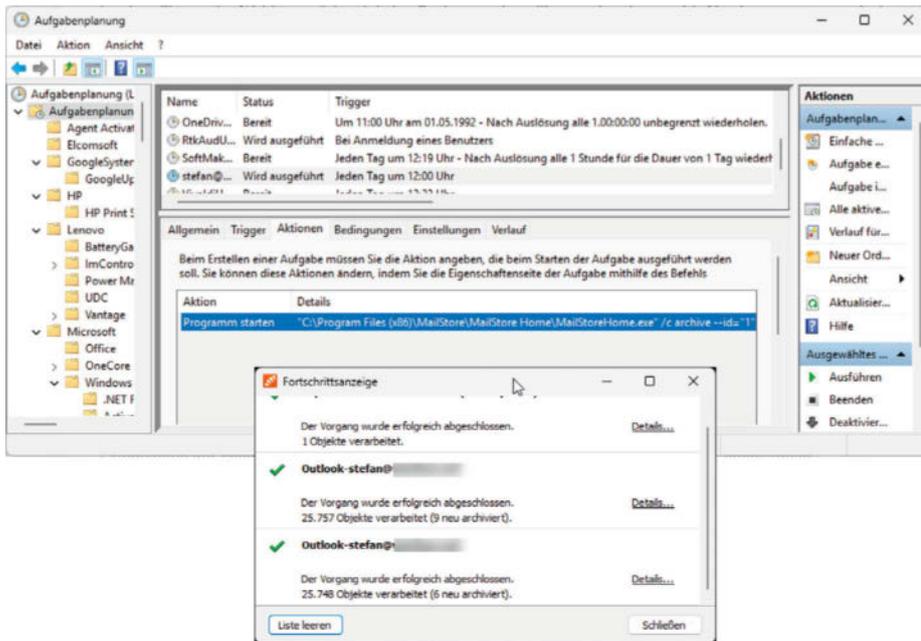
Import direkt vom Server

Die erste Spalte enthält die Funktionen für den direkten Abruf der Nachrichten vom Server Ihres Providers. Dazu tragen Sie in das Textfeld die zugehörige Mailadresse ein und klicken auf „Start“. Das Programm versucht, die passenden Einstellungen für den Mailserver zu ermitteln, fragt Ihre Zugangsdaten ab und stellt die Verbindung her. Klappt das nicht, können Sie über die Schaltfläche „Erweitert“ selbst die nötige Konfiguration wie Serveradressen und Portnummern angeben, genau wie bei einem Mailprogramm. Je nach Quelle und Art der importierten Daten können Sie per Dialogfenster noch einzelne Ordner ein- und ausschließen und einen Datumsfilter setzen, um zum Beispiel nur ältere Mails zu archivieren. Wichtig: Microsoft hat

damit begonnen, die Authentifizierungsmethode bei seinen Konten (geschäftlich wie persönlich) auf OAUTH 2.0 umzustellen. Daher klappte bis zum Redaktionsschluss die Anmeldung mit MailStore Home nicht. Der Hersteller von MailStore Home hat ein Update für „Anfang 2025“ angekündigt.

Ist das Profil fertig eingerichtet, erscheint es in der Liste unter „Profile“ mit einem automatisch generierten Namen. Den passen Sie auf Wunsch nach einem Rechtsklick und Auswahl von „Umbenennen“ an. Beginnen Sie mit dem Import der Mails, indem Sie im Kontextmenü des Profileintrags oder rechts unten im Abschnitt „Status“ auf „Starten“ klicken. Es öffnet sich ein Fenster mit einer Fortschrittsanzeige; je nach Postfachgröße kann der Import ziemlich lange dauern. Das gilt aber nur für das erste Mal, künftige Importe berücksichtigen nur geänderte und neu hinzugekommene Inhalte und laufen daher deutlich schneller.

Nach Abschluss finden Sie im Hauptfenster von MailStore Home links im Navigationsbereich unter „Eigene Archiv“ einen Eintrag mit dem Namen des Profils. Klicken Sie auf das Dreieck links davon, klappt der Baum mit allen enthaltenen Ordnern auf. Klicken Sie einen an, ändert sich die Programmoberfläche und ähnelt nun einem Mailprogramm mit einer sortierbaren Nachrichtenliste in der Mitte und einem Inhaltsbereich rechts. Sie kön-



Die Archivierung von MailStore Home können Sie per Windows-Aufgabenplaner zu bestimmten Zeiten automatisch ausführen lassen.

nen sich einfach durch die Mails klicken und im rechten Bereich den Inhalt lesen. Oben stehen jeweils Informationen zum Mail- und Archivdatum, dem Speicherort, Absender und Empfänger. Darüber gibt es einige Schaltflächen, mit denen Sie zum Beispiel den Mailheader und den originalen Sourcecode anzeigen, die Nachricht drucken, einzeln exportieren oder ins Mailprogramm übertragen können.

Suchen und filtern

Besonders hilfreich ist die schnelle Suchfunktion von MailStore, die besser funktioniert als die vieler Mail-Clients. In das Suchfeld links oben über dem Navigationsmenü können Sie einen oder mehrere Suchbegriffe eingeben. Dabei dürfen Sie Wildcards nutzen (* und ?), Wortkombinationen in Hochkommata einschließen, Begriffe mit einem vorangestellten - aus-

schließen und die Suche auf bestimmte Felder eingrenzen (beispielsweise from: <Absender@domain.com>). Noch mehr Such- und Filteroptionen eröffnet der Menüpunkt „E-Mails suchen“ im Navigationsmenü. Über den zugehörigen Dialog, in dem Sie zum Beispiel auch nach Datumsbereichen und Anhangsgrößen filtern können, richten Sie optional auch einen „virtuellen Suchordner“ ein, wie ihn manche E-Mail-Clients bieten. Das ist eine gefilterte und dynamisch aktualisierte Nachrichtenliste gemäß der definierten Suchvorgaben.

Zwar archiviert MailStore Home auch Dateianhänge der Mails, schließt deren Inhalt aber standardmäßig nicht in den Suchindex mit ein. Das können Sie jedoch nachholen. Wählen Sie aus dem linken Menü in MailStore Home dazu „Verwaltung“. Im rechten Bereich klicken Sie im Abschnitt „Suchindex“ rechts neben dem leeren Eingabefeld auf „Ändern...“ und wählen im folgenden Dialog die Dateitypen, deren Inhalt Sie künftig auch durchsuchen wollen, zum Beispiel PDF-Dokumente und Office-Dateien. Daraufhin nehmen Sie das Angebot an, den Index neu aufzubauen. MailStore Home enthält allerdings keine OCR-Engine; Texte in Bilddateien oder in PDFs ohne Textlayer lassen sich nicht aufspüren.

MailStore Home enthält keine Funktion, Ende-zu-Ende-verschlüsselte Mails

E-Mail-Archiv- und -Exportformate

PST: Das sind Dateien von Microsoft Outlook in einem proprietären Binärformat, die komplette Ordnerstrukturen nebst enthaltenen Nachrichten und zudem Termine und Adressen speichern können. PST ist das interne Speicherformat, das Outlook mittlerweile nur noch in Verbindung mit POP3-Konten nutzt. Auch aus IMAP- und Exchange-Konten lassen sich lokal heruntergeladene Daten mit dem klassischen Outlook (nicht mit dem neuen, siehe S. 26) in eine PST-Datei exportieren.

OST: Mit Outlook 2013 hat Microsoft PST durch OST für IMAP- und Exchange-Konten ersetzt. OST-Dateien dienen als lokaler Cache. Sie sind nicht portabel und eignen sich anders als PST daher nicht für Backups und den Datentransfer.

OLM: Wird ausschließlich von Microsoft Outlook unter macOS genutzt und ist die Entsprechung zu PST, jedoch nicht zu diesem kompatibel. Im Netz finden sich einige Tools, die eine Konvertierung zwischen PST und OLM versprechen.

MBOX/EML: Diese Textdateien sind transparenter und universeller als die Outlook-Formate und lassen sich grundsätzlich auch mit einem Textprogramm öffnen. Allerdings enthalten Sie auch base64-kodierte Dateianhänge, was zu großen Blöcken mit Zeichensalat führt und es schwer macht, die dazwischen liegenden Nachrichten zu lesen. Beide Formate sind vornehmlich für die Mailprogramm-unabhängige Archivierung und den Transport gedacht. Der wesent-

liche Unterschied: EML-Dateien enthalten immer genau eine Mailnachricht, MBOX hingegen auch mehrere hintereinander, zum Beispiel einen kompletten Ordnerinhalt. Die beiden Formate werden von vielen Programmen verstanden und eignen sich daher auch, um Nachrichten zu archivieren. Allerdings hängt es vom jeweiligen Programm ab, ob es möglich ist, mehrere Ordner oder ganze Baumstrukturen zu exportieren, und wie aufwendig das ist. Beide Formate speichern nur Mails, nicht aber Termine und Kontakte.

MSG: Nur von Outlook genutztes Format für einzelne Nachrichten. Die Inhalte sind binär kodiert, Nachrichtentexte sind aber im Klartext enthalten und mit einem Editor zur Not lesbar.

zu entschlüsseln. Das muss vor der Archivierung im Mailprogramm passieren.

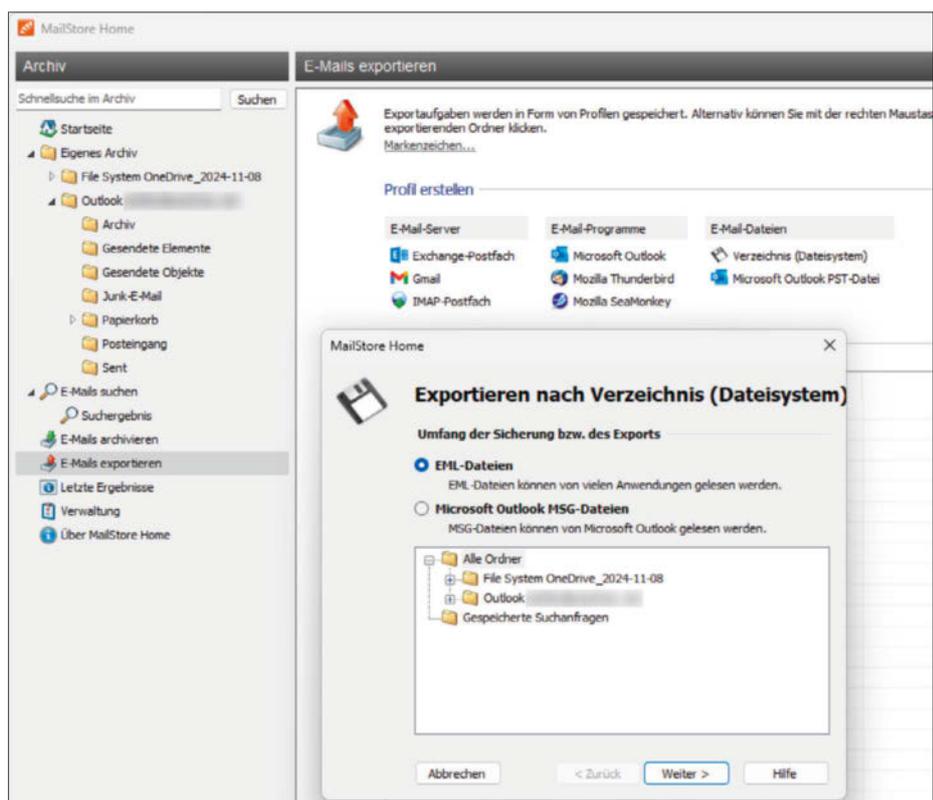
Automatisches und zeitgesteuertes Archivieren

Damit Sie nicht immer zuerst die MailStore-Oberfläche starten müssen, um ein Archiv zu aktualisieren, können Sie zu jedem Profil eine Desktop-Verknüpfung anlegen. Dazu klicken Sie in MailStore Home unter „E-Mails archivieren“ das betreffende Profil mit der rechten Maustaste an und wählen „Verknüpfung auf Desktop erstellen“. Künftig reicht ein Doppelklick auf das Desktopsymbol, um das Archiv zu aktualisieren. In den Eigenschaften der Verknüpfung finden Sie im Feld „Ziel:“ den kompletten Startbefehl nebst Parametern. Er sieht zum Beispiel so aus: "C:\Program Files (x86)\MailStore\MailStore Home\MailStoreHome.exe" /c archive --id="1". Wenn Sie in der Windows-Aufgabenplanung einen Task mit diesem Befehl und den Parametern als „Aktion“ anlegen und als „Trigger“ einen Zeitplan wählen, können Sie die Mail-Backups zeitgesteuert automatisieren. Allerdings erscheinen nach jeder Ausführung das MailStore-Fenster und ein Dialog mit einer Fortschritts- und Ergebnisanzeige. Eleganter geht es nur mit einem Kommandozeilentool, das jedoch nur zur kostenpflichtigen Version „MailStore Server“ (dazu gleich mehr) gehört.

Exportieren, konvertieren, migrieren

MailStore Home erlaubt es auch, Nachrichten, Ordner und komplette Archive in unterschiedlichen Formaten zu exportieren. Daher können Sie das Programm auch verwenden, um Formate zu konvertieren, zum Beispiel vom PST-Format in einzelne EML-Dateien. Dazu legen Sie ein Profil an, mit dem Sie die Nachrichten im Eingangsformat einlesen, und exportieren sie dann über einen Rechtsklick auf den Archiveintrag und Auswahl von „Exportieren nach/Verzeichnis (Dateisystem)“ ins Zielformat. Alternativ legen Sie ein Exportprofil an. Das funktioniert in etwa genauso wie ein Archivprofil, startet aber mit einem Klick auf „E-Mails exportieren“ im Navigationsmenü.

Außer Dateien sind als Zielformat auch Mailkonten erlaubt. MailStore Home überträgt auf Wunsch also Nachrichten und Ordner aus dem Archiv direkt auf den Mailserver Ihres Providers. So können Sie das Tool auch nutzen, um zu einem ande-



Mit der Exportfunktion von MailStore Home senden Sie archivierte Inhalte direkt an ein Mailprogramm, einen Mailserver oder schreiben sie in eine Datei. Letzteres eignet sich auch, um Formate zu konvertieren.

ren Mailanbieter umzuziehen, wenn die zuvor gezeigten Methoden nicht funktionieren oder Ihnen zu umständlich erscheinen. Mögliche Ziele sind Exchange- und IMAP-Konten sowie Google Mail.

MailStore Server für Unternehmen

Außer dem für die private Nutzung kostenlosen MailStore Home bietet der Hersteller auch eine kostenpflichtige Version für Unternehmen an. „MailStore Server“ erlaubt es, Nachrichten sofort beim Empfang oder Versand zu archivieren (Journaling), lässt sich mit einem Kommandozeilentool in Automatisierungen einbinden und bietet Mechanismen zur GoBD-konformen Archivierung. Das Kürzel steht für eine 2014 vom Finanzministerium herausgegebene Verordnung mit der sperrigen Bezeichnung „Grundsätze zur ordnungsmäßigen Führung und Aufbewahrung von Büchern, Aufzeichnungen und Unterlagen in elektronischer Form sowie zum Datenzugriff“. Sie verpflichtet Unternehmen zur revisionssicheren Aufbewahrung steuerrelevanter Unterlagen, zu denen auch E-Mails gehören können. Alle in diesem Beitrag gezeigten

Methoden, Mails zu sichern und zu archivieren, genügen privaten Ansprüchen, halten aber mangels GoBD-Konformität (die gesicherten Daten können problem- und spurlos verändert werden) einer Betriebsprüfung nicht stand. Die Preise für MailStore Server beginnen bei knapp 300 Euro für bis zu fünf Nutzer und steigen gestaffelt mit deren Zahl.

Fazit

Mailprogramme speichern Inhalte zwar in unterschiedlichen Formaten und auch auf die Daten beim Provider können Sie nicht direkt zugreifen. Dennoch gibt es unterschiedliche Wege, sie aus diesen Blackboxen in ein unabhängiges Archiv zu exportieren – sei es als Backup oder um mit den Daten zu einem anderen Provider umzuziehen. Der Wechsel des Mailprogramms ist bei IMAP- und Exchange-Servern normalerweise ein Klacks. Bei Problemfällen können aber auch hier die Exportdateien helfen. All diese Aufgaben lassen sich besonders komfortabel und flexibel mit dem Windows-Tool MailStore Home erledigen. (swi@ct.de) **ct**

MailStore Home Download: ct.de/y9cn

KI-Quartett

Viermal Nvidia GeForce RTX 5000



Nvidias neue Spielergrafikkarten starten mit den Topmodellen RTX 5090 und 5080. Die weniger teuren RTX 5070 Ti und RTX 5070 folgen im Februar. Sie sollen mehr als doppelt so schnell sein wie die Vorgänger, sofern man sich als Nutzer auf KI-Software-Tricks einlässt.

Von Carsten Spille

Das neue Spitzenmodell, die GeForce RTX 5090, setzt sich bei den technischen Daten mit weit größerem Abstand von den übrigen Nvidia-Karten ab als bisher. Dazu gibt es mit 32 GByte GDDR7 ein üppiges Speicherpolster für 3D- und KI-Anwendungen. Das lässt sich Nvidia königlich bezahlen, denn mit 2329 Euro ist die Karte die bislang mit Abstand teuerste GeForce RTX. Zugleich ist sie mit 575 Watt auch die stromdurstigste und säuft 125 Watt mehr als die RTX 4090.

Die kleineren Karten RTX 5080, 5070 Ti und 5070 enteilen ihren Vorgängern aus der 4000-Super-Generation nicht so weit – zum Glück auch nicht bei Preisen und Leistungsaufnahme. Verglichen mit den Straßenpreisen der 4070 Super, 4070 Ti

Super und 4080 Super sind es moderate 10 bis erträgliche 110 Euro Aufpreis.

Die RTX 5090, 5080 und 5070 wird es als zwei Steckplätze schmale Nvidia Founder's Editionen geben. Die Blackwell-Generation kommt mit dem Zusatz „Laptop“ in abgespeckter Form ab März 2025 auch für mobile Rechner.

Neu in Blackwell

Nvidia hat die Architektur der Funktionseinheiten verfeinert und auch gegenüber den Blackwell-Beschleunigern fürs Rechenzentrum abgewandelt. Alle Shader-Rechenblöcke beherrschen ab sofort sowohl FP32- als auch INT32-Genauigkeit, was die Aufgabenverteilung vereinfacht und mehr Leistung pro Takt erwarten lässt. Zudem sollen die Kerne besser mit den Tensor-Cores verknüpft sein und nun auch einfache Matrizenmultiplikationen selbst durchführen – also kleine neuronale Netze als Basis von KI-Anwendungen. Das vereinfacht es, KI-Bestandteile in Grafikanwendungen wie Spielen zu integrieren. Die Raytracing-Einheiten kommen besser mit größeren Beschleunigungsstrukturen und mehr Geometrie zurecht. Bei den Tensor-Cores hat Nvidia den Durchsatz pro Einheit verdoppelt.

Für die GeForce RTX 5090 stellt Nvidia mehr als die doppelte Bildrate einer RTX 4090 in Aussicht, sogar eine RTX 5070 soll schneller sein als das alte Top-

modell, was anhand der technischen Daten zunächst unwahrscheinlich klingt.

Selbst laut Nvidias eigenen Benchmarks ist in Spielen wie Far Cry 6 oder A Plague Tale: Requiem eher 30 bis 40 Prozent mehr Leistung zu erwarten. Der Trick hinter dem höheren Leistungssprung: Der KI-Upscaler DLSS kann auf der RTX 5000 die bekannte Zwischenbilderzeugung von DLSS Frame Generation auch mehrfach anwenden. Mithilfe einiger Hardwareverbesserungen sind nun im DLSS-4X-Modus drei per KI erzeugte Zwischenbilder statt nur einem möglich.

Neural-Everything

Nicht nur für den Upscaler DLSS sollen künftig mehr KI-Funktionen genutzt werden, auch für das eigentliche Rendering der Szenen. Texturkompression und Material-Shader etwa sollen per KI weniger Speicher fressen und hübscher aussehen. Entwickler müssen ihre Spiele aber anpassen, bevor Spieler sie nutzen können.

Neue Radeons von AMD

Auch AMD gab einen Ausblick auf die nächste Radeon-Generation. Den Anfang machten die Radeon RX 9070 und 9070 XT, die mit Nvidias RTX xx70-Karten konkurrieren sollten. Wahrscheinlich können Sie bereits einen Test von RTX 5000 und RX 9070 auf [ct.de/y4h6](https://www.ct.de/y4h6) lesen, wenn Sie dieses Heft in Händen halten. (csp@ct.de) **ct**

Nvidia GeForce RTX 5000 im Vergleich

	RTX 5090	RTX 4090	RTX 5080	RTX 4080 S	RTX 5070 Ti	RTX 4070 Ti S	RTX 5070	RTX 4070 S
Architektur	Blackwell GB202	Ada Lovelace AD102	Blackwell GB203	Ada Lovelace AD103	Blackwell GB203	Ada Lovelace AD103	Blackwell GB205	Ada Lovelace AD104
Shader-Rechenkerne	21760	16384	10752	10240	8960	8448	6144	7168
Basis- / Boost-Taktrate	2,01 / 2,41 GHz	2,24 / 2,52 GHz	2,30 / 2,62 GHz	2,30 / 2,55 GHz	2,30 / 2,45 GHz	2,34 / 2,61 GHz	2,16 / 2,51 GHz	1,98 / 2,48 GHz
Shaderleistung (FP32)	104,9 TFlops	82,6 TFlops	56,3 TFlops	52,2 TFlops	43,90 TFlops	44,1 TFlops	30,8 TFlops	35,5 TFlops
Durchsatz Tensor ¹ - / RT-Cores	3352 Tops / 318 TFlops	1321 Tops / 191 TFlops	1801 Tops / 171 TFlops	836 Tops / 121 TFlops	1406 Tops / 133 TFlops	706 Tops / 102 TFlops	988 Tops / 94 TFlops	568 Tops / 82 TFlops
Speichermenge / -typ	32 GByte GDDR7	24 GByte GDDR6X	16 GByte GDDR7	16 GByte GDDR6X	16 GByte GDDR7	12 GByte GDDR6X	12 GByte GDDR7	12 GByte GDDR6X
Speichertransferrate	1792 GByte/s	1008 GByte/s	960 GByte/s	736 GByte/s	896 GByte/s	672 GByte/s	672 GByte/s	504 GByte/s
Display	3 × DP 2.1b, 1 × HDMI 2.1b	3 × DP 1.4a, 1 × HDMI 2.1	3 × DP 2.1b, 1 × HDMI 2.1b	3 × DP 1.4a, 1 × HDMI 2.1	3 × DP 2.1b, 1 × HDMI 2.1b	3 × DP 1.4a, 1 × HDMI 2.1	3 × DP 2.1b, 1 × HDMI 2.1b	3 × DP 1.4a, 1 × HDMI 2.1
PCIe-Version / -Lanes	5.0 / x16	4.0 / x16						
Leistungsaufnahme	575 W	450 W	360 W	320 W	300 W	285 W	250 W	220 W
Preis	2.329 €	2.290 €	1.169 €	1.059 €	879 €	835 €	649 €	639 €

¹ Nvidia gab keine Details dazu an, welche Modi man für die unterschiedlichen GeForce-Generationen miteinander vergleicht.

Core Ultra 200S: Intel bringt effiziente Prozessorvarianten

Intel erweitert die aktuelle CPU-Serie „Arrow Lake“ um sieben preiswertere 65-Watt-Modelle für Desktop-PCs. Zudem gibt es neue Chipsätze.

Im Herbst startete Intels aktuelle Desktopprozessorgeneration Core Ultra 200S mit den überaktbaren K-Varianten mit Chiplet-Design, neuem Namen und überarbeiteten Rechenwerken. Nun folgen die preiswerteren Modelle Core Ultra 5, 7 und 9 mit 65 Watt Processor Base Power (PBP). Die Spitzenvariante Core Ultra 9 285 tritt wie der Core Ultra 285K mit acht Performance- und 16 Effizienzkerneln an, taktet wegen des geringeren thermischen Budget aber deutlich langsamer. Der garantierte Nominaltakt liegt bei 2,5 statt 3,7 GHz. Der

maximale Turbotakt unterscheidet sich lediglich um 100 MHz (5,6 statt 5,7 GHz). Interessanterweise gibt es keine Core Ultra 3, sondern der schwächste Prozessor Core Ultra 5 225 hat bereits sechs P- und vier E-Kerne. Von diesem wie auch vom Core Ultra 7 265 bietet Intel zusätzlich eine F-Variante ohne integrierte Xe-GPU an. Die Prozessoren sind seit 13. Januar im Handel erhältlich.

Zusätzlich zu den bisher erhältlichen LGA1851-Mainboards mit dem High-End-Chipsatz Z890 verkaufen die taiwanischen Board-Hersteller nun auch Hauptplatinen mit den günstigeren Chipsätzen H810, B860 sowie Q870 für Business-PCs und W880 für Workstations. Die Funktionen des H810 beschneidet Intel stark: So

dürfen Boards damit unter anderem nur ein DIMM pro Speicherkanal aufnehmen, maximal drei statt vier Displays ansteuern und kein USB 3.2 Gen2x2 mit 20 Gbit/s aufweisen. (chh@ct.de)



Bild: Intel

Die Desktop-CPU's Intel Core Ultra 200S bestehen aus mehreren Chiplets, die zum Großteil TSMC fertigt.

Core Ultra 200S: 65-Watt-Prozessoren

Prozessor	Kerne / Threads	Takt / Turbo	L3-Cache	GPU / Shader	PBP / MTP	Preis
Core Ultra 9 285	8P+16E / 24	2,5 / 5,6 GHz	36 MByte	4 x Xe / 512 Shader	65 W / 182 W	660 €
Core Ultra 7 265(F) ¹	8P+12E / 20	2,4 / 5,3 GHz	36 MByte	4 x Xe / 512 Shader	65 W / 182 W	450 €
Core Ultra 5 245	6P+8E / 14	3,5 / 5,1 GHz	24 MByte	4 x Xe / 512 Shader	65 W / 121 W	310 €
Core Ultra 5 235	6P+8E / 14	2,9 / 5,0 GHz	24 MByte	4 x Xe / 512 Shader	65 W / 121 W	290 €
Core Ultra 5 225(F) ¹	6P+4E / 10	3,3 / 4,9 GHz	20 MByte	4 x Xe / 512 Shader	65 W / 121 W	265 €

¹ F-Varianten ohne GPU, PBP: Processor Base Power, MTP: Maximum Turbo Power

Mini-PCs mit USB4 und Thunderbolt 4 für Bastler

Asrock erweitert die Serie DeskMini um zwei kompakte PC-Barebones für CPUs wie AMD Ryzen 7000, 8000G und 9000 sowie Intel Core Ultra 200S. Der **DeskMini X600/USB4 für AM5-Prozessoren** ist eine Variante des seit Mitte 2024 erhältlichen DeskMini X600 und bringt einen zusätzlichen USB-C-Anschluss mit USB4. Er liefert Daten mit 40 Gbit/s und dient im DisplayPort-Alternate-Modus auch als Monitoranschluss. Dafür entfällt der bisherige analoge VGA-Ausgang. Damit kann der DeskMini X600/USB4 per DisplayPort, HDMI und USB-C nun drei digitale Displays ansteuern. An der weiteren Ausstattung des PC-Barebones ändert sich nichts im Vergleich zur Urversion, die wir in c't 13/2024 auf Seite 62 getestet haben.

Die Bezeichnung für die Intel-Variante hat Asrock nicht offiziell bekannt gegeben, vermutlich heißt sie DeskMini B860. Der Barebone nimmt LGA1851-Pro-

zessoren der Serie Core Ultra 200S mit bis zu 24 CPU-Kernen auf. Im Unterschied zum DeskMini X600 ist die Intel-Variante mit Thunderbolt 4 statt USB4 und einem weiteren DisplayPort für insgesamt vier Monitore ausgerüstet. (chh@ct.de)



Asrock-Barebones der Serie DeskMini lassen sich mit Desktop-CPU's wie Core Ultra 200S oder Ryzen 8000G bestücken.

Ryzen 9000X3D mit Extra-Cache

AMD hat für das erste Quartal 2025 zwei weitere High-End-Prozessoren der Serie Ryzen 9000 mit großem Level-3-Cache angekündigt. Der **16-Kerner Ryzen 9 9950X3D** und der **12-Kerner Ryzen 9 9900X3D** bestehen aus zwei Core Complex Dies (CCDs) mit je 32 MByte L3-Cache. Unter eines der CCD packt AMD ein zusätzliches Chiplet mit weiteren 64 MByte Cache. Der große Zwischenspeicher verringert die Zahl der Speicherzugriffe, wovon vor allem 3D-Spiele profitieren. Im Vergleich zum Vorgänger Ryzen 9 7950X3D soll der Ryzen 9 9950X3D im Schnitt acht Prozent höhere Bildraten liefern. Das Topmodell mit 170 Watt Thermal Design Power (TDP) taktet mit bis zu 5,7 GHz, der Zwölfkerner erreicht 5,5 GHz (120 W TDP). Außerdem hat der Verkauf der preiswerten AM5-Mainboards mit B840- und B850-Chipsatz begonnen. (chh@ct.de)



Bild: Feuerwehr Bodnegg

Brandheißes Imageproblem

Der Fall Senec und die Diskussion um die Sicherheit von PV-Speichern

Spektakuläre Brandfälle und eine über 100 Millionen Euro teure Austauschaktion des Herstellers Senec haben Besitzer von Photovoltaik-Akkus verunsichert. Doch Experten betonen: Das Brandrisiko der Solarstrombatterien ist geringer als das von Verbrenner- und E-Autos.

Von Christian Wölbert

Das Drama um Senec nahm Anfang 2022 seinen Lauf: Binnen zweier Monate brannten drei Solarstromspeicher des Leipziger Herstellers in den Häusern ihrer Besitzer ab. In Bodnegg in der Nähe von

Ravensburg drückte die Explosion der Batterie mehrere Fenster und Türen nach außen und hob den Dachstuhl an. Feuerwehrleute mit Atemschutzgeräten wuchteten den schwelenden Speicher aus dem Keller ins Freie, wo er sich erneut entzündete (siehe Bild oben). „Zum Glück befanden sich zum Zeitpunkt der Detonation keine Menschen im Gebäude, sodass niemand verletzt wurde“, heißt es im Einsatzbericht der Feuerwehr.

Wenige Tage nach dem Brand in Bodnegg reagierte Senec mit einer radikalen Maßnahme: Über das Internet schaltete die EnBW-Tochterfirma Tausende Solarpeicher ihrer Kunden einfach ab. Später aktivierte sie die Geräte wieder, begrenzte jedoch die Speicherkapazität. Zahlreiche Kunden wollten sich damit nicht abfinden und verklagten Senec-Händler auf Erstat-

tung des Kaufpreises (siehe c't 26/2024, S. 54). Viele dieser Klagen waren erfolgreich.

Trotz der Zwangsmaßnahmen aus der Ferne brannten weitere Senec-Speicher ab. Im Jahr 2023 verkündete das Unternehmen dann den Plan, bei insgesamt rund 100.000 ausgelieferten Speichern die Batteriemodule mit Nickel-Mangan-Cobalt- (NMC) oder Nickel-Cobalt-Aluminium-Zellen (NCA) durch neue Module mit Lithium-Eisenphosphat-Zellen (LFP) auszutauschen. Die Austauschaktion begann im Juli 2024. Anfang Januar 2025 waren nach Angaben von Senec 43.000 Speicher umgerüstet, bis zum Sommer sollen die restlichen folgen. Die Kosten der Aktion liegen „im niedrigen dreistelligen Millionen-Euro-Bereich“, wie eine Senec-Sprecherin auf Anfrage von c't sagte.

Die Brandfälle und die kostspielige Austauschaktion haben viele Besitzer von Heimspeichern und Kaufinteressenten verunsichert: Sind die Geräte gefährlich? Und sollte man LFP-Zellen bevorzugen?

Grundsätzlich häuften sich in den vergangenen Jahren die Berichte über Brände von Solarspeichern. Betroffen waren nicht nur Exemplare von Senec, sondern auch von anderen Herstellern. Doch um das Risiko einzuschätzen, muss man die Zahl solcher Fälle in Relation zur Zahl der installierten Speicher betrachten.

Genau das haben Forscher der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (RWTH) getan. Da offizielle Statistiken in der Regel keine genauen Angaben zur Brandursache enthalten, suchten sie im Internet systematisch nach Berichten über Speicherbrände. Demnach gab es im Jahr 2022 in Deutschland Berichte über sechs solcher Vorfälle. Von Anfang 2023 bis November 2023 waren es 32 Fälle, hochgerechnet auf das ganze Jahr 2023 37,5. Die Forscher vermuten, dass 2023 aufgrund der größeren Aufmerksamkeit der Medien für das Thema die meisten Speicherbrände auch öffentlich bekannt wurden.

Ähnlich riskant wie Trockner

Die Zahl 37,5 teilten die Forscher durch 768.295, denn so viele Heimspeicher waren im Durchschnitt des Jahres 2023 laut Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur in Deutschland installiert. Im Ergebnis beziffern die Forscher die Wahrscheinlichkeit, dass ein Heimspeicher brennt, auf 0,0049 Prozent pro Jahr.

Mit ähnlichen Methoden berechneten die Forscher auch die Brandwahrschein-

lichkeiten anderer Produkte. Bei Wäschetrocknern liegt das Risiko demnach mit 0,0037 Prozent auf einem ähnlichen Niveau wie bei PV-Speichern. Bei E-Autos kommen die Forscher auf 0,021 Prozent, bei Autos mit Verbrennungsmotor auf 0,089 Prozent. Das allgemeine Risiko eines Hausbrands sei mit 0,28 Prozent etwa 50-mal höher als bei einem Heimspeicher, betonen sie in ihrer Studie, die im Herbst veröffentlicht wurde (siehe ct.de/ynu2).

Außer den RWTH-Forschern hat auch Ralf Haselhuhn von der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS) Berichte über Speicherbrände gesammelt. Der Ingenieur und Vorsitzende des DGS-Fachausschusses Photovoltaik kommt in seiner Statistik auf 18 Fälle im Jahr 2022, 49 im Jahr 2023 und 57 im Jahr 2024. Anders als die Forscher der RWTH habe er nicht nur im Internet recherchiert, sagt er im Gespräch mit c't. „Ich erhalte auch Hinweise aus anderen Quellen, zum Beispiel direkt von Feuerwehren und Speicherbetreibern.“

Haselhuhn betont, dass nicht in jedem Fall klar sei, ob der Speicher sich entzündet hat oder ein anderes Gerät im selben Raum den Brand ausgelöst habe. Denkbar seien zudem Installations- und Nutzungsfehler. Es komme zum Beispiel vor, dass Menschen die Speicher in Nischen einbauen oder mit Gerümpel zustellen und damit die Kühlung beeinträchtigen. „Aber in der Mehrzahl der Fälle war vermutlich der Speicher ursächlich“, sagt Haselhuhn.

Doch auch, wenn man die höheren Fallzahlen des DGS-Experten zugrunde legt, bleibt die Wahrscheinlichkeit eines Speicherbrandes niedrig: Haselhuhn kommt in seiner Analyse auf 0,0097 Prozent für das Jahr 2024. „Das Risiko ist zum Glück extrem gering“, betont er.

Auch LFP-Speicher können brennen

Bei der Frage, ob man LFP-Speicher grundsätzlich bevorzugen sollte, gibt es unterschiedliche Meinungen. Der Speicherhersteller Sonnen setzte von Anfang an ausschließlich auf LFP und begründet das unter anderem mit Sicherheitsvorteilen der Technik: NMC- oder NCA-Zellen erhitzen sich bei einem simulierten Kurzschluss auf über 700 Grad, sodass der Brand auf andere Zellen übergreifen könne, schreibt das Unternehmen auf seiner Webseite. „Was folgt, ist ein nicht löscharer Brand, da der Sauerstoff zum Verbrennen bereits im Batteriematerial enthalten ist und es damit selbst unter Wasser brennt.“ LFP-Batterien hingegen hätten in solchen Tests „weder gebrannt noch sind kritische Temperaturen entstanden“.

Der Hersteller E3/DC verwendet überwiegend LFP-, aber auch NMC-Zellen. Entscheidend sei die Kompetenz des Zell- und Modulherstellers, betonte das Unternehmen auf Anfrage von c't. „Unser jahrelanges, intensives Batteriemonitoring bei mehr als 151.000 Hauskraftwer-

ken zeigt keine eindeutigen Vorteile einer bestimmten Zellchemie, sondern bestätigt unseren Ansatz der qualitätsorientierten Lieferantenauswahl.“ Der LFP-Anteil werde von aktuell 80 Prozent aber voraussichtlich weiter wachsen, aufgrund einer Vielzahl von Faktoren wie Qualität, Verfügbarkeit, Preis-Leistungsverhältnis und Langzeitstabilität.

Auch DGS-Expertin Haselhuhn sieht keinen Grund, LFP grundsätzlich zu bevorzugen. Das Risiko, dass solche Zellen explodieren oder brennen, sei zwar eventuell geringer, aber ebenfalls vorhanden. Die Mehrzahl der Brandfälle in seiner Statistik betreffe Speicher mit LFP-Zellen, die im Markt weiter verbreitet seien. „Entscheidend ist, dass die Hersteller ihre Hausaufgaben in Sachen Sicherheit machen.“

Kaufinteressenten rät Haselhuhn, darauf zu achten, ob die Produkte Normen wie VDE-AR-E 5210-50, DIN EN IEC 62619 und DIN EN IEC 63056 sowie die Anforderungen der EU-Batterieverordnung erfüllen und die Hersteller nachweisen, wie sie getestet haben. Dabei seien herstellerinterne Tests weniger wert als Tests bei Prüforganisationen. Für die Wahl des Installationsortes und die Montage durch Handwerker hat die DGS zudem Fachregeln entwickelt (siehe ct.de/ynu2). (cwo@ct.de) **ct**

RWTH-Studie, DGS-Fachregeln:
ct.de/ynu2



Spielend leicht umsteigen!

Einstieg, Gaming und praktische Tools auf über 140 Seiten

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

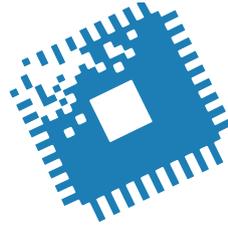


shop.heise.de/ct-linuxguide24



JETZT BESTELLEN!

Bit-Rauschen



Nvidia, MediaTek und ARM attackieren x86-CPU-Markt

Dem Nvidia-Chef gelingt ein Kunststück. Broadcom und Marvell verdienen prächtig an KI-Chips für andere. Intel gibt ein weiteres Projekt auf.

Von Christof Windeck

Nvidia-CEO Jensen Huang bewies Geschick: Auf der CES kündigte er einen ARM-Prozessor für Windows-Notebooks an, ohne das ausdrücklich zu verraten. Doch es ist sonnenklar, dass das gemeinsam mit ARM und MediaTek entwickelte „Project Digits“ eine Attacke auf AMD, Intel und Qualcomm ist – und vielleicht sogar Apple.

Vordergründig geht es bei Project Digits um eine abgespeckte Version des KI-Superchips GB200: Geplant ist eine kompakte, rund 3000 US-Dollar teure Linux-Workstation mit 128 GByte RAM. Der Kombiprozessor darin vereint eine Nvidia-Blackwell-GPU mit einer ARM-CPU, die Nvidia wie beim GB200 unauffällig „Grace“ nennt.



Bild: Broadcom

Eine kundenspezifische Broadcom-XPU enthält viel Broadcom-Technik, wie die Ziffern 1 bis 4 andeuten. Letztlich stammt vor allem die Mikroarchitektur des Compute Die vom jeweiligen Kunden, etwa von Google (TPU).

Wie ARM jedoch in einem Blogbeitrag erklärt, nutzt Project Digits ganz andere CPU-Kerne als bisherige Grace-Chips. Statt 72 älterer Neoverse-V2-Kerne sind es 20 nagelneue, je 10 der Typen Cortex-X925 „Blackhawk“ und Cortex-A725. Das Ganze produziert TSMC vermutlich mit N3E-Technik. Der im Mai 2024 angekündigte Blackhawk soll über 30 Prozent schneller sein als der Cortex-X4 und zielt somit auf Apple M4 und Qualcomm Snapdragon X. Schon eine abgespeckte Version von Project Digits dürfte stark genug sein für sehr schnelle Gaming-Notebooks. Das wird ein spannender Herbst!

Broadcom meldete im Dezember einen Umsatzrekord von 51,6 Milliarden US-Dollar für das Geschäftsjahr 2024. Und weil man dabei mit dem Triggerwort KI punkten konnte, schoss der Broadcom-Börsenwert auf mehr als 1 Billion US-Dollar hoch.

Heimliche KI-Entwickler

Halbleiter trugen mit 30,1 Milliarden US-Dollar 58 Prozent zum Broadcom-Umsatz bei. Vor allem stieg der Umsatz mit KI-Chips um 220 Prozent auf 12,1 Milliarden US-Dollar. Broadcom verkauft nämlich nicht nur Netzwerkprozessoren und PCIe-Switches für KI-Server, sondern ist auch Entwicklungspartner für KI-Chips, genannt XPU. Broadcom nennt die Partner nicht öffentlich, aber es geht dabei um Google (TPU), Meta/Facebook (MTIA) und wohl auch ByteDance/TikTok. Das bedeutet, dass erhebliche Teile der von Google angeblich selbst entwickelten TPU-Chips eigentlich von Broadcom stammen. Google steuert wohl lediglich die KI-Rechenwerke bei, während Broadcom wesentliche Teile der Chipentwicklung erledigt und dabei viel Technik aus dem eigenen Haus einbaut: PCIe- und Netzwerk-Funktionsblöcke, Chiplet-Interconnects, Speichercontroller für High Bandwidth Memory (HBM). Fertigungspartner ist TSMC.

Auch Marvell, vor allem bekannt für Netzwerkchips sowie Controller für SSDs

und Festplatten, verdient gutes Geld mit Auftragsentwicklung. Angeblich steckt Marvell hinter den „hauseigenen“ KI-Prozessoren Trainium und Inferentia von Amazon AWS, war wohl auch am ARM-Serverprozessor Google Axion beteiligt und arbeitet derzeit an einer kommenden Generation der KI-Chips „Maia“ von Microsoft.

X86-S vor Start tot

Mitte 2023 veröffentlichte Intel eine erste Vorabversion der X86-S External Architecture Specification, um den ausufernden x86-Befehlssatz zu verschlanken. Insbesondere wollte man damit alte 16-Bit-Zöpfe abschneiden, doch nun lief das Projekt selbst ins Messer – vermutlich wegen der Sparmaßnahmen, um Intel als Ganzes zu retten. Deshalb steht es wohl auch in den Sternen, wie es mit den als „AVX10“ angekündigten Vereinheitlichungen der AVX-Befehlssatzerweiterung weitergeht.

Auf der CES hat Intel jedenfalls wie erwartet die 65-Watt-Typen der CPU-Familie Core Ultra 200S für Desktop-PCs vorgestellt sowie die eng verwandten Mobilversionen Core Ultra 200HX. Dazu gesellen sich einige Chips mit alter Technik, aber neuen Namen: Im Core Ultra 200U steckt die 2023 vorgestellte Meteor-Lake-Architektur.

AMD präsentierte die neue GPU-Generation Radeon RX 9070 (XT) und kündigte den Ryzen AI Max+ 395 (Strix Halo) an, der 16 CPU-Kerne und eine starke GPU mit 2560 Shader-Kernen vereint. Erwartungsgemäß ritt AMD auf dem Thema KI herum, obwohl Microsofts „Copilot+“-Konzept niemanden vom Hocker reißt. Und AMD kämpft weiter mit der Software, meldet die Website Semianalysis.com, allerdings in Bezug auf den KI-Beschleuniger Instinct MI300X. Der ist theoretisch prima, bekommt seine hohe Performance aber nicht auf die Straße, weil es laut Semianalysis an zu vielen Stellen klemmt. (ciw@ct.de) **ct**

Newsletter c't Tech Check

Sie wollen mehr Hardware-Infos? Im 14-täglichen Newsletter c't Tech Check ordnen Kollegen aus dem Hardware-Ressort aktuelle Entwicklungen ein. Sie bestellen ihn kostenlos unter heise.de/newsletter.

LLMs im Unternehmen

Sprachmodelle verwenden und in
eigene Anwendungen integrieren

12. März 2025 • Online

Highlights aus dem Programm:

- ✔ Einführung in Large Language Models
- ✔ Vorverarbeitung von Dokumenten
- ✔ Effizientes Retrieval in RAG-Systemen
- ✔ Prompting und Systemprompts für AI-Engineers
- ✔ Einführung in Agentensysteme
- ➕ Interaktiver Aufbau einer Beispielapplikation



Jetzt
Frühbucher-
ticket
sichern!

Workshop am 19. März:
»Eigene Sprachmodelle feintunen und nutzen«

m3-konferenz.de/llm.php

Die Konferenz für Machine Learning und KI

20.-21. Mai 2025 • Karlsruhe

Highlights aus dem Programm:

- ✔ Generative AI: Aktuelle Forschungstrends und was das für uns bedeutet
- ✔ Praxisbericht: KI-gestützte Bereinigung fehlerhafter Daten
- ✔ Lass LLMs die Arbeit erledigen – eine Einführung in Agentensysteme
- ✔ Von Sensordaten zu einer KI-basierten Echtzeitanwendung – ein technischer Deep Dive
- ✔ Klassisches ML – Vergessene Helden des Alltags

Jetzt
Frühbucher-
ticket
sichern!

Workshops am 19. Mai zu RAG und MLOps

m3-konferenz.de

Gerangel im Orbit

Konkurrenzkampf um Mobilfunkversorgung aus dem All

Zwei vermeintlich kleine Ereignisse werfen Schlaglichter auf einen kommenden Satellitenboom in erdnahen Umlaufbahnen.

Von Dušan Živadinović

Anfang Januar kündigte das US-Start-up AST SpaceMobile überraschend an, Lizenzen für einen dicken Frequenzband für die Satellitenanbindung von Smartphones zu kaufen. Damit will ASTS herkömmliche Smartphones mit Spitzenraten von 120 Mbit/s aus dem Orbit versorgen und so terrestrische Abdeckungslücken stopfen. Der öffentliche Betrieb könnte schon 2026 starten.

Nur wenige Wochen zuvor genehmigte die US-Regulierungsbehörde Federal Communications Commission (FCC) dem Satellitendienst Starlink, die Smartphones von Kunden der Telekom-Tochter T-Mobile USA mit Mobilfunkdiensten aus dem All versorgen zu dürfen. Damit wird Starlink vermutlich noch 2025 der erste Anbieter, der unmodifizierte Smartphones aus dem All anbindet.

Oberflächlich betrachtet hängen diese zwei Ereignisse nicht zusammen. Doch sie belegen, dass der Kampf um die besten Plätze für die Satellitenversorgung von Smartphones voll entbrannt ist.

Dabei ist mancher dieser Kämpfe vergeblich. Beispielsweise stammen die 45 MHz, die an ASTS gehen, von Ligado. Das ist ein Spezialist für IoT-Anbindung aus dem Orbit, der diese Frequenzen auch terrestrisch nutzen wollte. Doch weil das US-Verteidigungsministerium Störungen des militärischen GPS-Dienstes befürchtete, verhinderte es diese Nutzung.

Anfang Januar beantragte Ligado Gläubigerschutz und einigte sich mit ASTS über den Transfer der Nutzungsrechte für geschätzte 2 Milliarden US-Dollar (teils in bar, teils in Aktienoptionen). ASTS kommt damit erstmals zu exklusiven Nutzungsrechten von Frequenzen. Es ist zugleich der größte in den USA landesweit dafür erhältliche Frequenzblock überhaupt. Den kann ASTS nun an Netzbetreiber vermieten oder selbst ein Mobilfunknetz aufbauen.

Dabei ist der Kauf nicht ohne Risiko: Ligado durfte die Frequenzen nur mit seinen geostationären Satelliten in 36.000 km Höhe nutzen. ASTS will sie aber in einem Low Earth Orbit (LEO) von 517 km

verwenden und hofft nun auf Genehmigung der FCC.

ASTS gilt unter den vielen Start-ups für Sat-gestützten Mobilfunk als Vorreiter. Die Firma hat 2023 als erste gezeigt, dass sie unmodifizierte Smartphones über LEO-Satelliten an Mobilfunknetze anbinden kann. Ein Testsatellit lieferte damals über einen 5-MHz-Kanal rund 20 Mbit/s. Dafür hat ASTS riesige hochbündelnde Antennen entwickelt (64 Quadratmeter, siehe ct.de/yzdn). Neue Satelliten von ASTS bekommen sogar 223 Quadratmeter große Antennenanlagen. Doch ASTS hat bisher nur fünf der geplanten 243 Satelliten im Orbit.

Starlink, der Sat-Dienst von SpaceX, wird Smartphones wohl mit nur 2 bis 3 Mbit/s beliefern, hat Anfang Januar schon 350 LEOs in die Umlaufbahn gebracht. Insgesamt sollen es 840 werden. Dabei hat auch SpaceX Hunger auf Frequenzen. Im September 2024 gab es Gerüchte, SpaceX könnte sich EchoStar einverleiben, dessen international lizenziertes Spektrum auf 4 Milliarden US-Dollar taxiert wird.

Zwei Jahre zuvor wollte sich SpaceX das längst belegte Band n53 schnappen. Es ist nur 11,5 MHz breit, aber international verwendbar und liegt im attraktiven 2,4-GHz-Bereich. Die FCC hatte es schon 2016 dem Sat-Betreiber Globalstar zugesprochen und gab SpaceX im April 2024 eine Abfuhr.

Konsequenzen für iPhones

Der Verlust hätte Globalstar schwer getroffen. Globalstar spricht kaum darüber, musste aber in einer Pflichtmeldung für Investoren notieren, dass es über n53 Geräte eines „Partners“ versorgt. Der Partner ist Apple, der ab dem iPhone 14 über n53 einen Sat-Notruf und Textmessaging abseits von irdischen Mobilfunknetzen anbietet.

Dabei bleibt es womöglich nicht. Im Herbst 2024 hat Apple 1,5 Milliarden US-Dollar investiert und so unter anderem 20 Prozent Anteile an Globalstar erworben. Mit dem Rest begleicht Globalstar Schulden und baut ein „erweitertes Satellitennetz“ auf. Dabei könnte es sich um eine Megakonstellation aus 3008 LEOs handeln, die Globalstar über die deutsche Bundesnetzagentur registriert hat. Es ist offen, ob Globalstar genau diese Konstellation bauen wird. Aber neue Satelliten sollen ab April in den Orbit starten. (dz@ct.de) **ct**



Bild: AST SpaceMobile

Die US-Firma AST SpaceMobile hat herkömmliche Smartphones bereits 2023 über Satelliten testweise an das Mobilfunknetz angebunden. Die schon damals riesigen Satellitenantennen sind heute auf 223 Quadratmeter angewachsen.

Neue Generation von PCIe-5.0-SSDs

Die ersten schnellen SSDs mit dem E31T-Controller von Phison sind auf dem Markt. Endlich kommt auch die Konkurrenz in Schwung: Adata kündigt SSDs mit dem Silicon Motion SM2508 an.

Phisons SSD-Controller E26 hat die Ära der schnellen SSDs mit PCIe 5.0 eingeläutet, schluckt jedoch dermaßen viel Strom, dass High-End-SSDs riesige Kühltürme zur Wärmeabfuhr benötigen. Der seit Kurzem in einigen SSDs verbaute Innogrit-Controller IG5666 verheizt sogar noch mehr Strom; bis zu 13 Watt benötigen diese SSDs.

Nun kommen die ersten SSDs mit dem Phison-Controller E31T, etwa die Crucial P510. Diese erreicht mit 11 respektive 9,5 GByte/s und 1,5 Millionen IOPS zwar nicht die Werte der schnellen E26-SSDs, braucht dafür aber deutlich weniger Strom und soll sich nach Angaben des Herstellers auch zum Einbau in Notebooks eignen.

Die P510 kommt ohne DRAM-Bau-stein, aber mit einem kleinen Kühlkörper, die Kapazitäten liegen bei 1 und 2 TByte. Sie soll im Frühjahr erhältlich sein, die Preise sind noch unbekannt.

Wenig später dürften SSDs mit dem ersten 5.0er-Controller von Silicon Motion auf den Markt kommen. Adata hat zwei Versionen angekündigt, Mars 970 Blade und Mars 970 Storm. Die Blade erreicht 12 GByte/s beim Lesen und 10 beim Schreiben, die Blade schließt mit 14 beziehungsweise 12 GByte/s zu den E26-SSDs auf. Beide sollen dank der sparsamen 6-Nanometer-Technik des SM2508-Controllers deutlich weniger Energie

aufnehmen. Preise verrät Adata bisher nicht.

Die Blade benötigt nach Angaben von Adata nur einen kleinen Kühlkörper und eignet sich ebenfalls zum Einbau in Notebooks. Der Kühlkörper der Storm wirkt dagegen mit Flüssigkeitskühlung und zwei Lüftern etwas überdimensioniert.

Phison hat zudem den Nachfolger des E26 angekündigt: Der E28 soll dank 6-Nanometer-Technik ebenfalls sehr sparsam sein und Lese- und Schreibgeschwindigkeiten von bis zu 14,5 GByte/s ermöglichen. SSDs mit diesem Controller werden jedoch voraussichtlich erst 2026 erscheinen. (ll@ct.de)

Crucials P510 erreicht bis zu 11 GByte/s und soll sich dank geringen Energiebedarfs auch für Notebooks eignen.

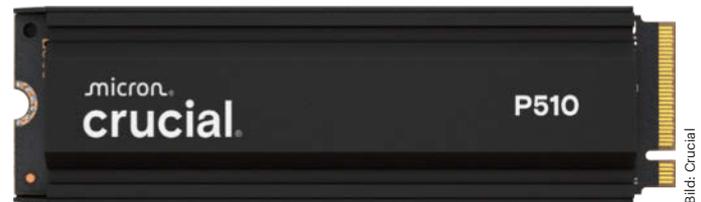


Bild: Crucial

Server-Fernwartung mit Analysefunktionen

Die meisten Server haben einen Baseboard Management Controller (BMC) für die Fernwartung per Netzwerk. Die meisten dieser BMCs stammen bisher vom taiwanischen Hersteller Aspeed. Nun kommen **erste KI-Server mit dem BMC**

Axiado AX3000 oder dessen abgespeckter Variante AX2000 auf den Markt. Der AX3000 enthält einen Ethernet Media Access Controller (MAC) mit 10 Gbit/s statt der bisher üblichen 1 Gbit/s sowie einen Sicherheitscontroller und KI-Rechenwerke. Letztere dienen zur Analyse des Netzwerkverkehrs auf dem Fernwartungsport, um Angriffe zu erkennen. Der Sicherheitscontroller fungiert als Root of Trust und sichert die kryptografisch signierte Firmware ab. Daher spricht Axiado etwas hochtrabend von einer Trusted Control/Compute Unit (TCU).

Wie andere BMC besitzt der AX2000 eine 2D-GPU, damit ein Admin per LAN auf die Konsole oder den Desktop des Servers zugreifen kann (integrated Keyboard, Video, Mouse, iKVM). Außer IPMI beherrscht der Axiado AX3000 auch Redfish und die offene Fernwartungsfirmware OpenBMC. Er enthält ARM- und RISC-V-Prozessorkerne.

(ciw@ct.de)

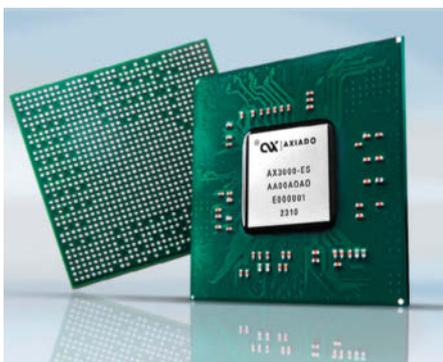


Bild: Axiado

Der Fernwartungschip Axiado AX3000 für Server beherrscht Ethernet mit 10 Gbit/s und kann Netzwerkpakete untersuchen, um Angriffe zu erkennen.

Kurz & knapp

Die SK-Hynix-Tochter **Solidigm steigt aus dem SSD-Endkundenmarkt aus**. In Zukunft will das Unternehmen vor allem SSDs für Server und Rechenzentren produzieren. Solidigm ging aus der ehemaligen Intel-Flash-Sparte hervor.

Microsoft will bis zur Jahresmitte 2025 **80 Milliarden US-Dollar in den Aufbau von Rechenzentren** für AI-Infrastruktur investieren. Diese dienen nach Angaben des Unternehmens vor allem zum Training von KI-Modellen und dem Betrieb von AI-Apps, etwa von ChatGPT.

Der koreanische Hersteller **LG Electronics stellt die Produktion von Blu-Ray-Playern ein**. Sony und Panasonic sowie der High-End-Hersteller Magnetar sind damit die einzigen Unternehmen, die noch Abspielgeräte für UHD-Blu-ray in 4K-Auflösung anbieten.



Bild: Rolf Vennenbernd/dpa-Pool/dpa

Akte mit Löchern

Forscher weisen Sicherheitslücken in der elektronischen Patientenakte nach

Jahrelang wurden bekannte Sicherheitslücken der elektronischen Patientenakte (ePA) nicht geschlossen und Patienten über deren Brisanz im Unklaren gelassen. Kurz vor der bundesweiten Einführung der „ePA für alle“ müssen die Versicherten nun entscheiden, ob sie dem System dennoch vertrauen.

Von Hartmut Gieselmann

Die elektronische Patientenakte (ePA) 3.0 soll ab Mitte Februar bundesweit automatisch für alle gesetzlich Krankenversicherten eingerichtet werden, die dem nicht aktiv widersprochen haben. Auf Servern innerhalb der Telematik-Infrastruktur (TI) soll die Akte die Krankheitsgeschichte der Patienten sammeln, darunter Arztbriefe, Befunde, Medikations- und Behandlungspläne. Diese Daten sind äußerst sensibel und müssen daher mit größter Sorgfalt vor dem Zugriff Dritter geschützt werden.

Dem Bundesgesundheitsministerium (BMG) und der ihm unterstellten Gematik, die die ePA überwacht, waren jedoch seit Jahren diverse Sicherheitslücken bekannt. Trotzdem haben sie die Betroffenen darüber im Unklaren gelassen und die Öffentlichkeit mit Aussagen wie „Unsere ePA ist die sicherste in Europa“ getäuscht.

Das geht aus einer Analyse hervor, die Bianca Kastl und Martin Tschirsich kurz nach Weihnachten auf dem 38. Chaos Communication Congress in Hamburg vorgestellt haben. Kastl und Tschirsich zeigen darin auf, dass Experten in der Vergangenheit Dutzende von Schwachstellen aufgedeckt haben, die die Gematik zum Teil über Jahre nicht geschlossen hat. Bereits mit einem Aufwand von wenigen Minuten könnten sich Fremde Zugriff auf eine einzelne ePA verschaffen. Kastl und Tschirsich warnen: Das Hacken einer Praxis sei in wenigen Stunden möglich und innerhalb eines Monats könnten Angreifer auf alle ePAs zugreifen.

Offene Praxen

Mit einer elektronischen Gesundheitskarte (eGK) hat man also vollen Zugriff auf

eine einzelne ePA. Mit einer SMB-C können Ärzte auf alle ePAs der Versicherten zugreifen, die innerhalb der letzten drei Monate in der betreffenden Praxis eingeschrieben wurden.

Laut Tschirsich könnte ein Angreifer mit nur zwei Telefonanrufen eine fremde eGK bestellen. Lukrativere SMB-C-Karten steckten beispielsweise oft in gebrauchten Terminals, die in Kleinanzeigen angeboten werden. Über die Internetsuchmaschine Shodan könnten Angreifer zudem tausende ungeschützte EDV-Systeme von Arztpraxen aufspüren und über voreingestellte Admin-Zugänge und Passwörter eindringen.

Im Sommer konnten Tschirsich und Kastl per SQL-Injection Onlineformulare von Kartenherausgeberportalen austricksen, fremde Praxen in deren Datenbank eintragen und innerhalb einer Stunde massenhaft SMB-C-Karten bestellen. Die Schwachstelle war seit 2019 bekannt und wurde fünf Jahre lang nicht geschlossen.

Mit einer SMB-C und dem Zugang zur TI über ein gekapertes Praxissystem kann ein Angreifer nicht nur auf die Daten der realen Patienten dieser Praxis zugreifen, sondern auf alle ePAs. 70 Millionen sollen es in Zukunft sein.

Die Sicherheitslücke, die dies ermöglichte, betrifft die ICCSN (Integrated Circuit Card Serial Number), mit der die eGK beim Einstecken in das Praxisterminal identifiziert wird. Dabei fragt das Versichertenstammdatenmanagement (VSDM+) die ICCSN über eine unsignierte und ungesicherte Kopie ab, die leicht geändert werden kann. Da die ICCS-Nummern fortlaufend nummeriert sind, funktioniert diese Methode als Massenangriff.

Seit 2016 sei diese ICCSN-Schwachstelle in den Spezifikationen der Gematik bekannt, so Tschirsich. Angreifer könnten sich mit einem Arbeitsaufwand von etwa einem Monat einen Fernzugriff auf alle ePAs verschaffen.

Unabhängige Prüfungen

Angesichts der anhaltenden Probleme und Sicherheitslücken forderten Kastl und Tschirsich eine Öffnung des Entwicklungsprozesses. Eine unabhängige Kontrollinstanz müsse die Sicherheitsrisiken der TI prüfen und bewerten. „Das können nicht das BMG und die Gematik machen, das muss eine unabhängige Stelle sein“, so Tschirsich. Nicht zuletzt müssten die Betroffenen – also alle gesetzlich Versicher-



Kommentar: ePA – widersprechen oder nicht?

Von Hartmut Gieselmann

Die Beharrlichkeit, mit der Sicherheitsexperten wie Kastl, Tschirsich und viele andere Ehrenamtliche seit Jahren auf die Mängel der Telematik-Infrastruktur hinweisen, ist bewundernswert. Doch die zuständigen Politiker haben sie bisher ignoriert, weil sie die Digitalisierung im Stechschritt vorantreiben wollten. Das war unter Jens Spahn von der CDU so und hat sich unter Karl Lauterbach von der SPD nicht geändert.

Als Reaktion auf die neu entdeckten Lücken twitterte der Bundesgesundheitsminister zwar, man wolle diese unbedingt noch vor dem Start der ePA 3.0 schließen. Doch mit einem kleinen Pflaster ist es nicht getan. Die Probleme liegen viel tiefer.

Da ist zunächst die unüberschaubare Komplexität: Allein die Spezifikationen der Gematik umfassen mehrere tausend Seiten und immer neue Revisionen. Damit ein solches System reibungslos funktioniert und Ärzten wie Patienten wirklich hilft, braucht es Zeit zum Reifen. Während dieser Reifezeit muss es jedem freistehen, an den Beta-Tests teilzunehmen.

Wer aber unausgereifte und unsichere Systeme vor schnell durchpeitschen will, weil irgendwelche Konzerne nach den Daten gieren, schadet am Ende allen. Er stiehlt Ärzten wichtige Zeit, die ihnen für die Behandlung ihrer Patienten fehlt. Er gefährdet die Gesundheit der Patienten, weil ihre Daten gelöscht oder manipuliert werden könnten. Und auch alle Forschungs-, Pharma- und Versicherungsunternehmen schauen in die Röhre, wenn die in den ePAs gesammelten Daten unvollständig und fehlerhaft sind.

Patienten mit sensiblen Erkrankungen, etwa in psychologischer Behandlung oder wegen Geschlechtskrankheiten, sollten ihre Daten vorerst nicht in die ePA übertragen. Gleiches gilt für alle chronischen Erkrankungen, die für den Abschluss von Verträgen mit Kranken- und Pflegekassen oder bei der Bewerbung um einen Arbeitsplatz von Nachteil sein könnten. Ganz zu schweigen von Erbkrankheiten, die an Kinder und Enkel weitergegeben werden.

Besprechen Sie mit Ihrem Hausarzt, ob eine ePA Ihnen helfen und die Behandlung erleichtern kann. Denn er kann aus seiner täglichen Arbeit am besten einschätzen, ob und wann die neuen Systeme zuverlässig funktionieren. Bis dahin sollten Sie bei Ihrer Krankenkasse der Einrichtung einer ePA widersprechen.

ten – transparent über die Risiken informiert werden, damit sie selbst entscheiden können, ob sie die ePA nutzen wollen oder nicht. (hag@ct.de) **ct**

Vortrag vom 38C3, Infos zum Widerspruch: ct.de/ydt



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 Adaptern
oder Buch Apple Junkies



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

Jetzt bestellen:

www.mac-and-i.de/vorteil

✉ leserservice@heise.de ☎ 0541 80009 120

Besorgte Hacker

38. Chaos Communication Congress offenbart brisante Datenlecks

Der alljährliche Kongress des Chaos Computer Club (CCC) ging in die 38. Runde. In Hamburg trafen sich Tausende zur Hackerparty, doch die Community ist in Sorge.

Von Christopher Kunz

Der CCC veranstaltete zum vergangenen Jahresende den 38. Chaos Communications Congress (38C3). Gut 15.000 Teilnehmer kamen ins Congress Center Hamburg. „Wir leben in schwierigen Zeiten“, konstatierte CCC-Urgestein Gabriela Bogk in ihrem Eröffnungsvortrag. Autoritäre Systeme seien auf dem Vormarsch, es werde Zeit für Hacker weltweit, sich zu rüsten für den Kampf gegen Zensur und staatliche Kontrolle.

Eine deutliche Aussage von berufener Stelle, versteht sich der Chaos Computer Club doch seit jeher auch als politische Instanz, die die Aushöhlung von Bürgerrechten ebenso anprangert wie Sicherheitslücken und unausgeglichene staatliche IT-Systeme. Und von denen gab es heuer wieder einige.

CCC zerlegt ePA, Wahlsoftware und VW-Fahrzeugdaten

Insgesamt diskutierten die Hacker in über 140 Vorträgen Fragen der IT-Sicherheit, des Datenschutzes und der Privatsphäre sowie klassische Hacking- und Bastelthemen. Auch Politik, Philosophie und Kunst hatten ihren Platz im Konferenzprogramm. Besucher mussten anhand der vielen parallelen Veranstaltungen sorgfältig planen, um nichts zu verpassen.

Wer lieber selbst Hand anlegen, mit anderen Hackern fachsimpeln oder deren Kreationen bestaunen wollte, fand sich in den „Assemblies“ ein, dem ehemaligen Hackcenter. Über 400 Initiativen trafen sich auf mehr als 10.000 Quadratmetern

und hackten – meist im Halbdunkel – an 230 Projekten quer durch den CCC-Themengarten drauflos.

Die elektronische Patientenakte war Gegenstand gleich mehrerer Vorträge – die Mängel im Vorzeigeprojekt des Gesundheitsministeriums sind so eklatant, dass Minister Lauterbach reagieren musste. Mehr dazu auf Seite 42. Auch KI-gestützte Schulsoftware sehen die CCCler kritisch. Zwar nutzen mittlerweile über 7500 Schulen das Angebot des Herstellers Fobizz, dessen Notenvorschläge für Schülertexte verglich Ethikprofessor Rainer Mühlhoff jedoch mit dem Würfeln von Zensuren.

CCC-Sprecher Linus Neumann kritisierte in seinem Vortrag erneut die Wahlsoftware des Monopolisten „Vote Group“. Dessen Software „Elect“ sorgte für kollektives Stirnrunzeln – trotz umfangreichem Anforderungskatalog des BSI. Im heise-Podcast „Passwort“ zog Neumann ein ernüchtertes Fazit: Es habe sich seit sieben Jahren wenig verbessert (siehe ct.de/yfg1).

Aktivist Arne Semsrott mahnte in seinem Jahresrückblick zur Wachsamkeit gegenüber autoritären Bestrebungen und Ex-Staatsanwältin Anne Brorhilker berichtete von ihren Ermittlungen zu „Cum Ex“ und den Hindernissen. Brorhilker, die mittlerweile den Staatsdienst quittiert hat, erhielt Standing Ovationen im voll besetzten Saal.

Doch nicht nur die öffentliche Hand, auch die Versäumnisse der Privatwirtschaft waren wieder ein großes Thema. Besonders eindrücklich zeigten das Hacker Flügke und Datenjournalist Michael Kreil am Beispiel von Volkswagens Softwaretochter Cariad. Die ging allzu sorglos mit der Cloudspeicherung ihrer Fahrzeugdaten um, was die Forscher für detaillierte Bewegungsprofile nutzen konnten. Die Bewegungen etwa von Regierungsmitarbeitern und VW-Managern über Jahre hinweg kartierten die Forscher zentimetergenau. Auf diese Weise abrufbar seien europaweit die Daten von über 800.000 Autos der Marken VW, Audi, Skoda und Seat, sofern ihre Besitzer die VW-App nutzten. Die verantwortliche VW-Softwareschmiede reagierte professionell auf die Sicherheitshinweise des CCC, lobten die Vortragenden. Sie warfen allerdings die Frage auf, zu welchem Zweck VW die Positionsdaten derart lange speichere – das dürfte auch die Datenschutzbehörde interessieren.

Zahlen, Zahlen, Zahlen

Am letzten Kongresstag lud der CCC zur alljährlichen „Infrastruktur-Review“ ein. Die im Stile einer Konzern-Pressekonferenz vorgetragenen Zahlen reichten vom Stromverbrauch des Events (6 MWh) über ihren Datenverkehr (40 GBit/s im Peak) und WLAN-Clients (9795) bis hin zu Arbeitsstunden (4 Personenjahre) der freiwilligen Helfer (3481).

Viele Vorträge sind als Aufzeichnungen auf media.ccc.de verfügbar, zudem haben wir mehrere Videos auf dem YouTube-Kanal „heise & c’t“ veröffentlicht. Auch der Podcast „Passwort“ von heise Security und c’t hat eine Folge vom 38C3 gesendet. (ktn@ct.de) **ct**

Links zu Videos und Podcast: ct.de/yfg1



Verwaistes Cyberpunk-Idyll: So leer war es in den „Assemblies“ nur am frühen Vormittag.

3D-Chips bieten viel Raum für Logik und Speicher

MIT-Forscher haben ein mehrschichtiges Chipdesign vorgestellt, das nicht auf Silizium-Wafern aufbaut, sondern auf abwechselnden Schichten von 2D-Materialien. Damit lässt sich die Dichte der Logik- und Speicherelemente eines Chips massiv erhöhen.

Eine neue Methode ermöglicht es, Logik- und Speicherelemente nicht unbedingt auf vergleichsweise dickem Siliziumsubstrat zu bilden, sondern auf 2D-Materialien. Ein Team um Jeehwan Kim am Massachusetts Institute of Technology (MIT) setzt auf sogenannte Übergangsmetaldichalkogenide (transition-metal dichalcogenides, TMD). Diese einkristallinen Halbleiter zeigen im Unterschied zu Silizium selbst in zweidimensionalen Strukturen mit einer Dicke von nur einem Molekül noch ihre halbleitenden Eigenschaften. Damit wird es möglich, Flächen mit Transistoren und Halbleiterelementen übereinander zu stapeln.

Für ihre jüngste Veröffentlichung erzeugten die Forscher einen mehrlagigen

Chip, der aus abwechselnden Schichten der TMDs Molybdändisulfid und Wolframdiselenid besteht. Das erste Material ist für

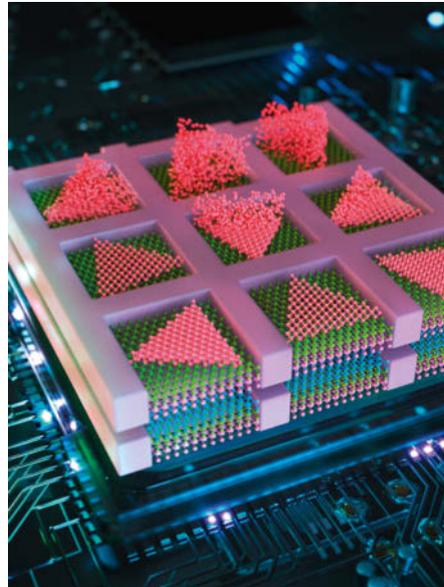


Bild: MIT / Cube 3D Graphic

Im mehrschichtigen Chipdesign entstehen Halbleiterbauelemente in hoher Dichte: MIT-Forscher ließen bereits in einem Siliziumgerüst mehrere funktionale Halbleiterschichten wachsen.

die Herstellung von n-Typ-Transistoren geeignet, das zweite für p-Typ-Transistoren. Beide Materialien konnten die Forscher übereinander aufbauen, ohne dass dazwischen dicke Silizium-Wafer erforderlich waren. Zudem konnten sie die Schichten bei ausreichend niedrigen Temperaturen herstellen, ohne die jeweils darunter liegenden Schaltkreise zu zerstören.

„Ein mit unserer Technik realisiertes Produkt kann nicht nur ein 3D-Logikchip sein, sondern auch 3D-Speicher oder eine Kombination aus beiden“, schreibt Kim auf der MIT-Homepage. Mit der neuen Herstellungsmethode könne man Dutzende bis Hunderte von Logik- und Speicherschichten direkt übereinander wachsen lassen. Dabei ließe sich der Datenaustausch zwischen diesen Schichten leicht integrieren.

Mittlerweile hat Kim das Start-up FS2 (Future Semiconductor 2D Materials) gegründet. Das soll spezialisierte 3D-Hochleistungschips im mehrschichtigen Design für KI-Anwendungen entwickeln.

(agr@ct.de)

Publikationen der Forscher: ct.de/yc16

Dicht gepackt im Dreiersystem

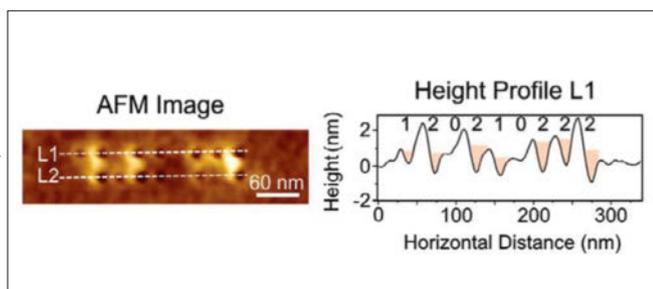
Forschern an der australischen Flinders University in Adelaide ist es gelungen, mit dem Rasterkraftmikroskop **Daten in höchster Dichte auf einer Kunststoffolie** zu speichern. Sie nutzten dazu statt des üblichen Binärcodes einen ternären Code, also Datenpunkte, die „0“, „1“ oder „2“ repräsentieren. Zudem konnten sie den Speicherinhalt auf ihrer Folie durch kurzzeitiges Erhitzen wieder löschen und ihren Datenträger anschließend neu beschreiben.

Ein Rasterkraftmikroskop tastet Oberflächen mit einer nanoskopisch feinen

Nadel ab. Die Forscher nutzen diese Technik, um in ein mit Schwefel copolymerisiertes Dicyclopentadien (DCPD) ein Raster aus Vertiefungen zu drücken. Mit derselben Technik gelang es anschließend, lesend zwischen „0“ – keine Vertiefung, „1“ – 0,3 bis 1 Nanometer oder „2“ – 1,5 bis 2,5 Nanometer zu unterscheiden. Mit dieser Technik ist rechnerisch eine Datendichte von einem Terabyte auf 4,3 Quadratzentimeter möglich. Lithografische Methoden könnten künftig dazu dienen, in Polymeren gespeicherte Daten zu kopieren. (agr@ct.de)

KI hebt Effizienz in Solarmodulen

Perowskit-Solarzellen gelten als Hoffnungsträger, die zukünftig Photovoltaik auf Siliziumbasis ablösen könnten. Eine KI hat nun aus einer Datenbank **unter einer Million organischer Moleküle diejenigen identifiziert**, die positive Ladungen in Perowskit-Solarzellen effizient leiten. Dazu berechneten die Forscher am Karlsruher KIT lediglich zu 13.000 der virtuellen Moleküle mit quantenmechanischen Modellen verschiedene Merkmale. Etwa 100 dieser Moleküle, die sich stark unterscheiden, stellten die Forscher dann tatsächlich her und setzten sie in baugleichen Solarzellen ein. Mit den Messergebnissen daraus trainierten sie ein KI-Modell. Das schlug dann 48 Moleküle konkret vor. Mit einem dieser Kandidaten ließ sich der Wirkungsgrad einer Referenz-Solarzelle um rund zwei Prozentpunkte auf 26,2 Prozent steigern. (agr@ct.de)



Auf einem Polymerdatenträger mit Vertiefungen im Nanomaßstab haben australische Forscher ternären Code abgelegt, mit einer höheren Speicherdichte als auf einer DVD.

Weniger Inhaltskontrolle auf Facebook und Instagram

Meta wird auf seinen Plattformen Facebook, Instagram und Threads in den USA die Zusammenarbeit mit externen Faktencheckern beenden und kontroverse Inhalte weniger rigide filtern. Beobachter kritisieren diesen Richtungswechsel.

Meta-Chef Mark Zuckerberg hat einen „Wendepunkt“ bei der Moderation von Inhalten auf den Plattformen seines Konzerns angekündigt. Sein Unternehmen werde in den USA die Zusammenarbeit mit Faktencheckern einstellen. Die Faktenchecks will er durch eine Form der Community Notes nach dem Vorbild von X (ehemals Twitter) ersetzen lassen. Dabei handelt es sich um Anmerkungen, die andere Nutzer zu einem Posting schreiben, das potenziell irreführend oder falsch ist.

Zuckerberg will außerdem die Inhaltsrichtlinien vereinfachen und eine Reihe von Beschränkungen zu kontroversen politischen Themen wie Migration und Geschlechterfragen abschaffen. Politische Inhalte sollen insgesamt wieder mehr auf



Bild: Instagram

Zu „den Wurzeln der freien Meinungsäußerung zurückkehren“ will Mark Zuckerberg, hier bei der Verkündung der Neuerungen bei Instagram.

den Plattformen verbreitet werden. Dabei soll, so Zuckerberg, darauf geachtet werden, dass „die Communities freundlich und positiv bleiben“. Für die Durchsetzung der Richtlinien will der Meta-Chef auch weniger auf automatische Filter setzen.

Nicht zuletzt will Zuckerberg „mit Präsident Trump zusammenarbeiten“, um gemeinsam auf der ganzen Welt auf laxere Inhaltserregulierungen hinzuwirken. Zuckerberg nennt in diesem Zusammenhang Europa mit einer „ständig wachsenden

Anzahl von Gesetzen, die Zensur institutionalisieren“, sowie China und Lateinamerika.

Viele Politiker und Experten kritisieren die Entscheidung. re:publica-Veranstalter Markus Bechedahl bezeichnete den Schritt als Kniefall vor Donald Trump und seiner kommenden Regierung. Die EU-Kommission droht Meta mit empfindlichen Geldstrafen, sollte der Konzern das Faktencheck-Programm auch in der EU beenden. (jo@ct.de)

UN nimmt umstrittene Cybercrime-Konvention an

Die Vollversammlung der Vereinten Nationen (UN) hat nach fünfjährigen Verhandlungen die **UN-Cybercrime-Konvention verabschiedet**. Das Übereinkommen soll die internationale Zusammenarbeit bei der Verhütung und Bekämpfung von Cyberkriminalität stärken. Die 193 Mitglieder des Gremiums billigten den Entwurf ohne Abstimmung am 24. 12. 2024. Der Vertrag wird 2025 zur Unterzeichnung aufgelegt.

Netzaktivisten und Bürgerrechtler warnten und warnen vor der Konvention, die ursprünglich im Oktober 2019 von Russland mit Unterstützung von Weißrussland, Kambodscha, China, Nordkorea, Myanmar, Nicaragua und Venezuela formuliert worden war. Die Bürgerrechtsorganisation Electronic Frontier Foundation (EFF) etwa weist darauf hin, dass der Vertrag unbefristet Befugnisse zur Be-

weiserhebung für Straftaten einräumt, die nur wenig mit den eigentlichen Cyberverbrechen zu tun haben.

Der Vertrag enthalte viele beunruhigende Bestimmungen und Auslassungen, die nicht mit internationalen Menschenrechtsstandards in Einklang stehen, und stelle es in das Ermessen der Mitgliedstaaten, inwiefern sie Menschenrechtsgarantien einhalten. Die nationalen Gesetze vieler Mitgliedstaaten schützen die Privatsphäre aber nicht, im Gegenteil: Einige Staaten kriminalisieren zum Beispiel die freie Meinungsäußerung. So sei das jordanische Gesetz zur Cyberkriminalität gegen LGBTQ+-Personen, Journalisten, Menschenrechtsverteidiger und Regierungskritiker eingesetzt worden. Die EFF fordert die UN-Staaten daher auf, den Vertrag nicht zu ratifizieren.

(jo@ct.de)

Fingerprinting erlaubt

Google hat eine Änderung der Richtlinien für seine Werbeplattform angekündigt, die ab Mitte Februar in Kraft treten soll. Der Werbekonzern lässt dann sogenanntes **Device Fingerprinting für Werbezwecke** zu. Dabei handelt es sich um Techniken, durch die Geräte für Werbetreibende wiedererkennbar, also trackbar werden. Das läuft für den Verbraucher intransparent ab und lässt sich nur schwer bis gar nicht unterbinden.

Fingerprinting macht es Werbetreibenden einfacher, Nutzer auf neuen Geräteklassen wie Smart TVs zu tracken. Die Neuerung stellt eine fundamentale Abkehr von Googles bisheriger Haltung zum Fingerprinting dar. Stephen Almond, Direktor für regulatorische Risiken bei der britischen Datenschutzbehörde, findet Googles Schritt „unverantwortlich“. (jo@ct.de)

Richtlinien, Stellungnahme: ct.de/yx6g

Echtzeitüberweisungen: Aufpreise abgeschafft

Bisher erhoben viele Kreditinstitute für schnelle Überweisungen happige Entgelte. Seit diesem Jahr ist eine zusätzliche Bepreisung verboten, zudem können bald alle Bankkunden schnell Geld senden.

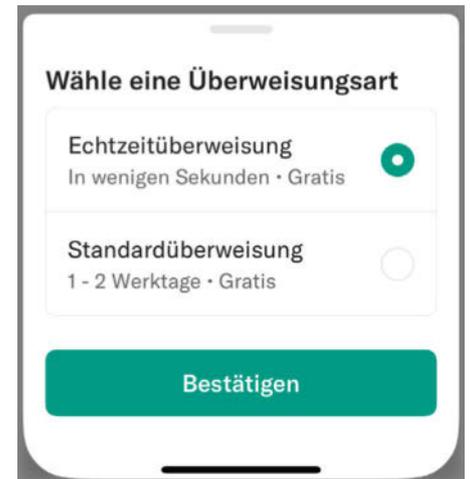
Seit dem 9. Januar müssen Banken und Sparkassen im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) SEPA-Echtzeitüberweisungen in Euro ohne zusätzliche Kosten für die Kunden durchführen, sofern sie diese Option für Girokonten anbieten. Das bestimmt die Instant Payment Regulation der EU. Außerdem sind nun sämtliche Institute verpflichtet, Echtzeitüberweisungen zu empfangen. Bei einer kurzen Prüfung durch c't erfüllten am Stichtag alle betrachteten Banken und Sparkassen diese Anforderungen.

„Ohne Zusatzentgelt“ bedeutet, dass eine Bank oder Sparkasse für eine solche schnelle Transaktion nicht mehr verlangen darf als für eine SEPA-Standardüberweisung, die innerhalb eines Bankarbeitstages (Montag bis Freitag) beim Empfänger eingehen muss. Kostet eine Standardüberweisung beispielsweise 30 Cent,

werden für die schnelle Variante künftig ebenfalls nur 30 Cent fällig.

SEPA-Echtzeitüberweisungen müssen innerhalb von zehn Sekunden beim Empfänger gutgeschrieben sein, worüber der Sender auf Wunsch informiert werden muss. Diese Vorgaben müssen die Kreditinstitute rund um die Uhr an 365 Tagen im Jahr gewährleisten. Die EU-Verordnung sieht außerdem vor, dass Kunden diese schnellen Transaktionen in Euro ab dem 9. Oktober 2025 bei sämtlichen Banken im EWR auf Wunsch auch senden können. Außerdem müssen die Banken ab diesem Stichtag IBAN und Empfängernamen vor sämtlichen Euro-Überweisungen abgleichen und Kunden bei Abweichungen warnen.

Die EU erhofft sich von ihrer Verordnung mehr Innovation und europäische Eigenständigkeit im Zahlungsverkehr gegenüber US-Anbietern wie PayPal. Ein Beispiel ist der Echtzeit-Zahlungsdienst Wero, den mehrere deutsche, französische und belgische Banken ihren Kunden seit dem Sommer 2024 anbieten. Für die Banken bedeuten die Echtzeitüberweisungen allerdings auch zusätzlichen technischen



Die Kosten für SEPA-Echtzeitüberweisungen dürfen ab sofort nicht mehr höher sein als für Standardüberweisungen.

und administrativen Aufwand, zum Beispiel bei der Liquiditätsplanung. Denn während sie SEPA-Standardüberweisungen blockweise mit anderen Banken verrechnen, müssen sie Echtzeittransfers einzeln ausführen. (mon@ct.de)

Zahlungen kosten Verbraucher mehr als gedacht

Laut einer neuen Untersuchung müssen Verbraucher im Durchschnitt am wenigsten für eine Zahlung aufwenden, wenn sie bar oder mit einer Debitkarte bezahlen. Kreditkarten folgen mit deutlichem Abstand. Zu diesem Ergebnis kommen Forscher der Technischen Hochschule Aschaffenburg und der Ostbayerischen Technischen Hochschule Amberg-Weiden im Auftrag der Bundesbank.

Grundlage der Studie ist eine **Befragung von 2000 Personen** aus dem Jahr 2023. Darin erfassten die Wissenschaftler nicht nur die konkreten Entgelte und Kosten für Kontoführung, Barabhebungen, etwaige Debit- und Kreditkarten sowie Kartenverlust und Betrug. Sie ließen auch den zeitlichen Aufwand einfließen, den es erfordert, wenn jemand Geld am Automaten holt oder seine Kontoauszüge kontrolliert. Abweichend von vielen anderen Studien versuchten die Forscher außerdem, die von den Verbrauchern dabei preisge-

gebenen Daten in Geldwerte umzurechnen – gerade dann, wenn Technologieunternehmen ins Spiel kamen, die solche Daten monetarisieren. Dazu fragten sie unter anderem, was es den Verbrauchern wert wäre, wenn die Zahlungsdaten dort sofort gelöscht würden. Umgekehrt berücksichtigten sie Rabatte etwa durch Bonuspunkteprogramme.

So berechnet kostet jede Barzahlung im Schnitt 38 Cent, eine Debitkartenzahlung 74 Cent und eine Kreditkartenzahlung 1,34 Euro. Gemessen am Zahlungsbetrag führt die Debitkarte mit 1,49 Prozent, gefolgt vom Bargeld mit 1,74 Prozent und der Kreditkarte mit 2,38 Prozent. Dabei spielt auch eine Rolle, dass Verbraucher die Karte eher bei höheren Beträgen zücken. Die Studie mit Methodik und Ergebnissen haben wir unter ct.de/yfgy verlinkt. (mon@ct.de)

Bundesbank-Studie, Schufa: ct.de/yfgy

Schufa lockert Speicherfrist

Seit Januar 2025 können Verbraucher bei deutschen Auskunftsteilen die dreijährige Speicherfrist für nicht bezahlte, aber ausreichend gemahnte und unbestrittene Forderungen verkürzen. Grundlage ist eine freiwillige Vereinbarung mit den Datenschutzbehörden des Bundes und der Länder. **Begleitet man seine Schulden innerhalb von 100 Tagen** ab dem Meldedatum des Händlers an die Auskunftsteil, verringert sich die Speicherdauer auf 18 Monate. Innerhalb dieser 18 Monate dürfen aber keine weiteren Negativdaten an die Auskunftsteil gemeldet werden und keine Einträge zur Person in Schuldnerverzeichnisse oder Insolvenzbekanntmachungen erfolgen. Hält man sich daran, speichern Schufa & Co. die Störung zwar weitere drei Jahre lang, jedoch mit dem mildereren Vermerk „erledigt“.

Die Schufa informiert auf einer Landingpage (ct.de/yfgy) über Details.

(mon@ct.de)



Snapdragon für alle

Frischzellenkur für Samsung Galaxy S25, S25+ und S25 Ultra

Samsung frischt die S-Klasse auf: In der 2025er-Auflage gibt es für alle Modelle Qualcomm-Chips. Ansonsten fasst der Hersteller die Hardware nur behutsam an und setzt vor allem auf KI. Davon sollen auch ältere Modelle profitieren.

Von Robin Brand

Uppdate für die S-Klasse: Die neuen Smartphone-Aushängeschilder von Samsung stehen in den Startlöchern. Sie markieren Samsungs Abkehr von den eigenen Prozessoren, alle Angehörigen der S25-Familie erhalten Qualcomms Snapdragon 8 Elite als System-on-Chip (SoC). Dessen Vorgänger, der Snapdragon 8 Gen3, hatte einzig im S24 Ultra gesteckt, hingegen waren das S24 und S24+ mit dem selbst entwickelten Exynos 2400 bestückt.

Der Qualcomm-Chip besteht aus einem Cluster mit zwei Prime-Kernen und einem weiteren Cluster mit sechs Performance-Kernen. Die Prime-Kerne erreichen in der Spitze bis zu 4,32 GHz, die Performance-Kerne bis zu 3,53 GHz. Eine höher taktende Version für Galaxy-Smartphones gibt es diesmal nicht. Doch auch so sollte die Leistung ausreichen. Im Asus ROG Phone 9 konnten wir den Snapdragon bereits ausgiebig testen: Er gehört zu den schnellsten Smartphone-SoCs überhaupt, hängt in vielen Testszenarien (CPU-Multicore und GPU-Benchmarks) den Apple A18 Pro ab und drosselt unter Dauerlast kaum. In allen Modellen kann der Chip auf mindestens 12 GByte Hauptspeicher zugreifen. Der Flashspeicher fasst in allen Varianten wahlweise 256 oder 512 GByte, das Ultra wird es überdies mit 1 TByte, die Basisversion mit 128 GByte Speicher zu kaufen geben.

Abgesehen davon tut sich hardwareseitig recht wenig. So bleiben die Akkukapazitäten im Vergleich zu den Vorgän-

gern unverändert, genau wie die Ladegeschwindigkeiten. Samsung verspricht aufgrund des effizienteren SoCs dennoch längere Laufzeiten. Allen drei Galaxy-Smartphones ist der plane Bildschirm gemein. Wie gehabt hat das Basismodell das kleinste Display mit einer Diagonalen von 6,2 Zoll (circa 15,7 cm). Ebenfalls unverändert bleibt die Auflösung von 2340 × 1080 Pixeln. S25+ und Ultra zeigen 3120 × 1440 Pixel an. Der Bildschirm des S25 Ultra ist mit 6,9 Zoll (ca. 17,5 cm) Diagonale einen Hauch größer als im Vorgänger, beim Plus bleibt es bei 6,7 Zoll (17 cm). Alle drei OLED-Displays regeln die Bildwiederholrate dynamisch zwischen 1 und 120 Hertz und sind HDR10+-zertifiziert. Nur der des Ultra hat eine mattere Oberfläche.

KI bedient Apps

Das Galaxy S25 und S25+ haben eine Kombination aus 50-Megapixel-Hauptkamera, 12-Megapixel-Ultraweitwinkel und 10-Megapixel-Tele mit dreifacher Vergrößerung. Die Auflösung des Ultraweitwinkels des Ultra hebt Samsung von 12 auf 50 Megapixel an. Eine 200-Megapixel-Hauptkamera, ein Fünffachtele mit 50 Megapixeln und ein 10-Megapixel-Dreifachtele komplettieren das Setup. Für alle drei Modelle verspricht Samsung sieben Jahre Updates, das gilt für sowohl monatliche Sicherheitspatches als auch Android-Funktionsupdates.

Für die Bedienoberfläche verspricht Samsung größere Änderungen: Alle Smartphones bekommen Android 15 in Samsungs eigener Interpretation OneUI 7, und die soll vor allem intelligenter sein. Die Interaktion mit der KI soll natürlicher vonstattengehen. Größte Änderung: Die KI kann Anweisungen auch App-übergreifend ausführen. So kann die KI zum Beispiel der Anweisung Folge leisten, die kommenden fünf Hannover-96-Fußballspiele zu suchen und in den Kalender einzutragen. Anfangs funktioniert die App-übergreifende KI mit Google- und Samsung-Apps sowie mit Spotify und WhatsApp. Samsung will aber die Programmierschnittstellen öffnen, damit bald weitere Apps hinzukommen. Von den neuen KI-Talenten sollen laut Samsung auch ältere Modelle profitieren, noch ist allerdings unklar welche.

Die Preise der Smartphones waren bei Redaktionsschluss noch nicht bekannt. Eine aktualisierte Meldung inklusive Preisen finden Sie unter ct.de/y8q6.

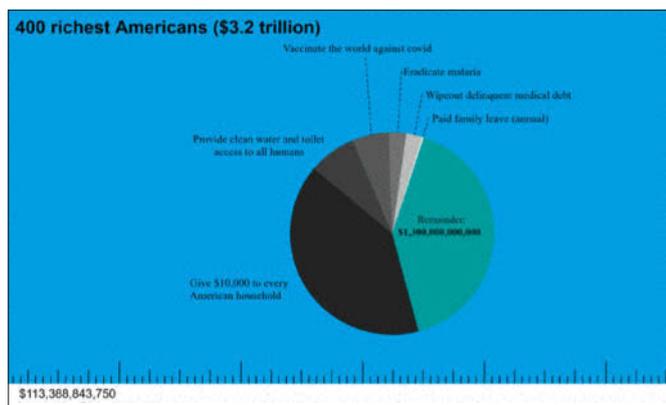
(rbr@ct.de) 

Bezos' Milliarden in Pixeln

mkorostoff.github.io/1-pixel-wealth

Wie viel Geld einige wenige Menschen im Vergleich zu den meisten anderen besitzen, ist unfassbar. Mit seiner Website **One pixel wealth** visualisiert der US-amerikanische Entwickler Matt Korostoff diese Relationen in Pixeln. Um seine Grafiken zu betrachten, scrollen (oder wischen) Nutzer von rechts nach links.

Die meisten Statistiken beziehen sich auf die USA, sind deshalb aber nicht weniger eindrucksvoll. Am Anfang steht ein Bildpixel, das 1000 US-Dollar symbolisiert. Es folgen ein winziges schwarzes Quadrat, das das Median-Haushaltseinkommen in den USA darstellt (68.000 US-Dollar), und ein hoher, langer Balken, der eine Milliarde US-Dollar zeigt.



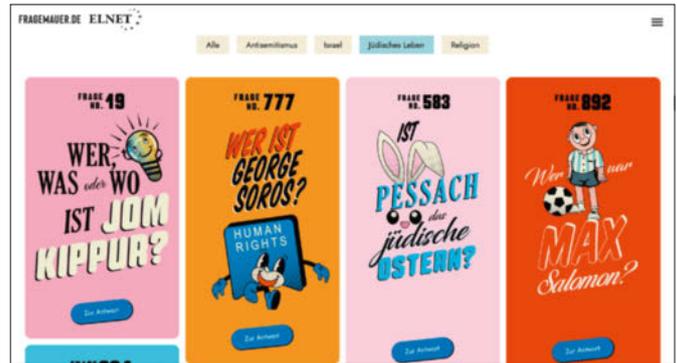
Danach verdeutlicht ein seeehr langer oranger Balken, wie viel (185 Milliarden US-Dollar) Jeff Bezos besitzt, einer der reichsten Menschen der Welt. Das eintönige Scrollen bis zum Balkenende macht die enorme Menge konkret erfahrbar. Die Zeit, die Besucher zum Scrollen benötigen, verkürzt Korostoff mit Vergleichen: Zum Beispiel mit einem Balken für die jährlichen Chemotherapiekosten aller Krebspatienten: 9 Milliarden US-Dollar. Korostoff ergänzt: „Am 20. Juli 2020 verdiente Jeff Bezos an einem einzigen Tag 13 Milliarden Dollar.“

Ist man endlich am Ende von Bezos' Vermögen angelangt, geht es erst richtig los. Ein noch viel längerer blauer Balken symbolisiert das ungeheure Vermögen der 400 reichsten Menschen in den USA (3,2 Billionen US-Dollar). Die optimistische Schlussfolgerung nach weiteren eindrucklichen Vergleichen: Mit einem Teil ihres Geldes könne die Menschheit eine neue Entwicklungsstufe erreichen. (gref@ct.de)

An der Fragemauer

fragemauer.de

Sagen Juden auch „Schalömchen“? Glauben sie an Jesus? Warum gibt es den modernen Staat Israel? Solche Fragen über jüdisches Leben sammelt und beantwortet die Website **Frage-mauer**, um „gegen Hass, Diskriminierung und Unwissen“ vorzugehen. Jede Frage ist als quietschbunte, Social-Media-taug-



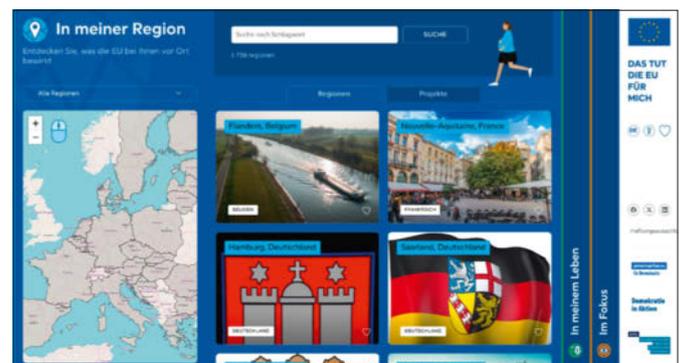
liche Kachel designt. Per Klick auf den blauen Button gelangt man zur Antwort, die jeweils mit Links zu weiterführenden Informationen versehen ist.

Die Fragekacheln sind nummeriert, das Ziel sind 2641 Fragen, weil es im Entstehungsjahr der Website (2022) ebenso viele jüdenfeindliche Straftaten in Deutschland gab. Neue Fragen stellen Besucher über ein Webformular. Betreiber der Website ist das European Leadership Network (ELNET), eine Denkfabrik und Netzwerkorganisation, die die europäisch-israelischen Beziehungen fördern will. (gref@ct.de)

Was tut die EU für mich?

what-europe-does-for-me.europarl.europa.eu/de

Wo die Europäische Union ihren Bürgern im Alltag begegnet, zeigt die Website **Das tut die EU für mich**. Der Wissenschaftliche Dienst des Europäischen Parlaments hat die interaktive Website im Februar 2024 neu veröffentlicht. Besucher wählen zwischen den drei Kategorien „In meiner Region“, „In meinem Leben“ und „Im Fokus“, um die Website zu erkunden. Auf



einer Karte finden sie konkrete Projekte, welche die EU in ihrer Region gefördert hat. Kurze Texte informieren unter anderem darüber, wie viel EU in Smartphones steckt und wie Badeseen mithilfe der EU sauberer werden, in längeren Texten erfahren Besucher mehr über übergeordnete Ziele der EU, die zum Beispiel hochwertige Lebensmittel für die EU-Bevölkerung sicherstellen will. (gref@ct.de)

Diese Seite mit klickbaren Links: ct.de/ya6j



Versteckspiele

O2 ignoriert Kundenrechte bei Handyvertrag

Gehört zu einem Mobilfunkvertrag die Lieferung eines Smartphones, gelten dafür dieselben Gewährleistungsrechte wie beim direkten Kauf. Etwaige Mängel muss der Anbieter beseitigen. Tut er dies nicht, ist der gesamte Vertrag hinfällig.

Von Tim Gerber

Ende November 2023 schloss Axel A. einen Mobilfunkvertrag mit O2 für eine Laufzeit von zwei Jahren und gleichzeitiger Lieferung eines Smartphones vom Typ Google Pixel 8 mit 128 GByte Arbeitsspeicher. Das Telefon sollte wie bei solchen Verträgen üblich über die monatliche Grundgebühr abbezahlt werden. Der damalige Kaufpreis für ein Smartphone dieses Typs hätte etwa 720 Euro betragen.

Nach ein paar Monaten fing das Display des Smartphones an, gelegentlich für einen Sekundenbruchteil auszufallen, also eine Art Flackern zu zeigen. Anfang August 2024 suchte Axel A. deshalb einen Shop von O2 in seiner Nähe auf. Über den Shop wurde das Smartphone zur Überprüfung an eine Vertragswerkstatt des Herstellers eingeschickt. Es kam allerdings wenige Tage später mit der Anmerkung zurück, man habe keinen Fehler feststellen können.

Axel A. hielt die Display-Ausfälle nunmehr mit mehreren Videos fest und führte die Aufnahmen im O2-Shop vor. Darauf wurde das Smartphone abermals in die Werkstatt geschickt, von wo es Ende August ein zweites Mal unrepariert zurückkam. Auch bei diesem Mal habe die Werkstatt den Fehler nicht feststellen können, hieß es.

Abermals reklamierte Axel A. das Flackern in mehreren O2-Vertragsgeschäften, zunächst vergeblich. Am 15. Septem-

ber wandte er sich per Brief an die deutsche Niederlassung des Telefónica-Konzerns, zu dem die Mobilfunk-Marke O2 nebst zugehörigem Netz gehört. Da der Mangel an seinem Smartphone nun zwei Mal nicht behoben worden sei, wolle er vom Vertrag zurücktreten und verlange den bereits bezahlten Teil des Kaufpreises von etwa 300 Euro zurück, schrieb er dem Provider.

Nun wurde das Smartphone ein drittes Mal an die Werkstatt gesandt. Dieses Mal bestätigte die Werkstatt endlich den Mangel in Form eines Display-Flackerns. Doch statt einer Reparatur oder einem neuen, mangelfreien Gerät erhielt er lediglich ein gebrauchtes Tauschgerät, das nach seinen Schilderungen deutliche Gebrauchsspuren aufwies. Sein eigenes Pixel-Smartphone sei hingegen äußerlich so gut wie neu gewesen.

Abermals reklamierte der Kunde diese Behandlung Ende Oktober im O2-Shop. Doch nach Rücksprache mit dem

Mobilfunkanbieter hieß es nur, dass er bei Lieferung eines neuen Telefons auch einen neuen Vertrag abschließen müsse. Mit anderen Worten, die bereits für das mangelhafte Smartphone gezahlte Summe wäre einfach weg. Darauf wollte sich Axel A. aber nicht einlassen. Nach weiterem fruchtlosen Hin und Her mit den O2-Mitarbeitern wandte er sich am 28. Oktober an die c't-Redaktion und schilderte uns den Vorgang.

Eindeutig

Am 3. Dezember konfrontierten wir die Pressestelle von Telefónica mit dem Vorgang und wiesen darauf hin, dass auch nach unserer Einschätzung der Kunde Anspruch auf Lieferung eines mangelfreien Neugeräts habe, da er ein solches ja definitiv nicht erhalten hatte.

Auf unsere mehrmalige Anfrage bei der Pressestelle von Telefónica teilte ein Sprecher mit, dass der vom Smartphonehersteller autorisierte Reparaturdienstleister bei den Reparaturaufträgen vom 17.8. und 24.8.2024 keinen Defekt am Gerät habe feststellen können. Daher sei damals der Gewährleistungsfall nicht eingetreten.

Es handele sich also nicht um erfolgreiche Nachbesserungsversuche, sondern es sei seitens des Reparaturdienstleisters kein Fehler beziehungsweise Sachmangel festgestellt worden. Auf dieser Grundlage habe dem Wunsch des Kunden, vom Kauf zurückzutreten, seitens O2 Telefónica nicht entsprochen werden können. Erst beim Reparaturauftrag vom 8.10.2024 sei ein Defekt festgestellt worden.

Der Kunde habe im Zuge der Gewährleistung ein gleichwertiges Ersatzgerät erhalten. Hier sei vom Reparaturdienstleister ein Tauschgerät statt der Reparatur gewählt worden, um dem Kunden eine möglichst kurze Wartezeit zu garantieren. Den Anspruch auf ein Neugerät verneinte der Sprecher.

Am folgenden Tag teilte der Sprecher mit, man habe Axel A. kontaktiert und eine einvernehmliche Lösung mit ihm gefunden. Der wollte davon allerdings nichts wissen. Zwar habe ihn der Kundendienst angerufen, schrieb er uns. Dabei sei ihm ein Austausch gegen ein anderes Gerät in besserem Zustand angeboten worden, was er jedoch abgelehnt habe, weil er ja bereits vom Kauf zurückgetreten sei. Daraufhin habe ihm der Mitarbeiter gesagt, dass der Mobilfunkvertrag mit der SIM-Karte an das Handy gekoppelt sei und ein Rücktritt

vom Kaufvertrag daher nicht möglich sei. Der Anruf sei auf „Druck durch die Presse“ zustande gekommen, hätte der Anrufer ihm gesagt.

Rechtlich ist das Verhalten aufseiten von O2 höchst fragwürdig. Denn für einen Ratenkauf – und nichts anderes ist der „MyHandy“-Vertrag von O2 – gelten für den Verkäufer exakt dieselben Pflichten wie bei jedem anderen Kaufvertrag auch. Das ist insbesondere die Lieferung einer mangelfreien Sache an den Käufer. Die Sache muss im Lieferzeitpunkt mangelfrei sein. Wann der Mangel erkannt wird, spielt eben gerade keine Rolle. Denn typisch sind ja gerade die versteckten Sachmängel, die man nicht sofort erkennen kann. Für später eintretende Mängel haftet der Verkäufer nicht.

Im ersten Jahr ab der Lieferung gilt die gesetzliche Vermutung, dass später zutage tretende Mängel bereits bei Lieferung vorhanden waren (§ 477 Abs. 1 BGB). Erst im zweiten Jahr entfällt diese gesetzliche Vermutung und nach dessen Ablauf verjährt der Anspruch des Käufers ganz (§ 438 BGB).

Der eigentliche Mangel, wahrscheinlich ein Produktionsfehler in Form einer kalten Lötstelle oder dergleichen, lag hier also von Anfang an vor. Der Kunde hatte ihn bemerkt und O2 darauf hingewiesen.



Obwohl der Kunde den Ausfall des Displays in mehreren Videos dokumentiert hatte, wollte O2 den Mangel nicht anerkennen, weil die Werkstatt ihn nicht reproduzieren konnte.

Das Unternehmen hatte nun die Möglichkeit, entweder den Mangel zu beseitigen oder statt des mangelhaften ein mangelfreies Gerät zu liefern. Der Vertrag war über ein Neugerät geschlossen, also kam auch nur ein Neugerät als Nacherfüllung in Betracht. Von seinem Wahlrecht zwischen Reparatur und Ersatzlieferung (§ 439 Abs. 1 BGB) hat der Kunde zunächst keinen Gebrauch gemacht. Da die vertragliche Pflicht von Telefónica hier von Anfang an in der Lieferung eines mangelfreien Neugeräts und nicht eines Ge-

brauchtgeräts liegt, stellt die Lieferung eines gebrauchten Geräts im Oktober aber so oder so keine wirksame Nacherfüllung dar. Etwas anderes wäre nur dann gegeben, wenn explizit ein gebrauchtes Gerät verkauft worden wäre.

Nach zwei erfolglosen Nachbesserungsversuchen hat der Kunde dann also von seinem gesetzlichen Recht Gebrauch gemacht, vom Kauf zurückzutreten. In diesem Fall muss O2 den gesamten bereits gezahlten Kaufpreis erstatten. Auf die nun angebotene Lieferung eines weiteren gebrauchten Ersatzgeräts musste sich der Kunde nicht einlassen. Zur selben Einschätzung gelangte auch ein Rechtsanwalt, den Axel A. inzwischen mit der Wahrung seiner rechtlichen Interessen betraut hatte. Dies legte der Anwalt in einem Schreiben vom 16. Dezember an Telefónica dar, das c't vorliegt. Wir konfrontierten Telefónica deshalb am 6. Januar mit dieser rechtlichen Einschätzung der Sache und baten um Auskunft, wie man auf das anwaltliche Schreiben zu reagieren beabsichtige.

Späte Einsicht

Darauf räumte Telefónica am 8. Januar telefonisch ein, dass entgegen bisher mitgeteilter Einschätzungen der Kunde doch im Recht sei und Telefónica ihm nun doch seine Kosten erstatten wolle. Ob dies tatsächlich erfolgt, war zu Redaktionsschluss allerdings noch offen.

Der Vorgang zeigt einmal mehr, dass man als Kunde hartnäckig sein muss und sich unter Umständen auch nicht scheuen sollte, einen Rechtsanwalt einzuschalten, auch wenn es nur um eine vergleichsweise geringe Summe geht. Erfahrungsgemäß kommen Anwaltsschreiben intern in Hände von Mitarbeitern mit mehr juristischen Kenntnissen, als sie das meiste Hotline- und Shop-Personal hat.

(tig@ct.de) ct

Raspi in vier Wänden

Wie Raspis das Smart Home bereichern



Wie Raspis das Smart Home bereichern	Seite 52
Homematic auf dem Raspi 4	Seite 54
Taupunktlüftungsanlage mit Raspis	Seite 60
Netzwerkvideorekorder ohne Cloud, mit KI	Seite 68

Bild: Andreas Martini

Jedes Smart Home ist anders und Fertiglösungen von der Stange werden dem nicht immer gerecht. Mit einem oder mehreren Raspis sparen Sie nicht nur Geld, sondern setzen auch coole Projekte um, die datenschutzfreundlich arbeiten und weitreichend konfigurierbar sind. Der Bastelspaß ist dabei stets inklusive.

Von Peter Siering

Mannigfaltige Aufgaben gibt es im Smart Home: Lampen steuern, die Heizung regeln, die Waschmaschine loslaufen lassen und so weiter. Hinter den Kulissen heißt das: Messwerte sammeln, Gerätschaften schalten, Verbindungen zwischen selbigen herstellen und daraus Aufgaben ableiten, Verlaufsdaten sammeln, Bedienoberflächen bereitstellen und Brücken zwischen verschiedenen Techniken bauen. Mitglieder der Raspi-Familie können an jeder Stelle helfen.

Der Artikel auf Seite 60 zeigt unter anderem, wie die Pico-Familie dank ESP-Home-Firmware gemeinsam mit regulären Raspis glänzen kann. Dass ein moderner Raspi mit passender Erweiterung lokale KI-Modelle ausführen kann, um so Objekte in einem Videodatenstrom zu erkennen, demonstriert der Artikel auf Seite 68. Und der auf Seite 54 turnt die nötigen Schritte durch, um eine schwächelnde Homematic-Zentrale durch einen leistungsstärkeren Raspi zu ersetzen, ohne auch nur ein Gerät im Smart Home abzuhängen.

Hausmeister

Als Basis fürs Smart Home brauchen Sie eine Zentrale, die alle Fäden zusammenhält. Welcher Ansatz passt, hängt von den Anforderungen ab und vor allem von dem Gerätezoo, den Sie verwenden wollen. Ein weiteres wichtiges Kriterium ergibt sich daraus, wie sehr sie sich in die Abhängigkeit zu einem Hersteller und dessen Clouddiensten begeben wollen. Die folgend vorgestellten Open-Source-Lösun-

gen helfen oft, die Klauen fragwürdiger Anbieter zu meiden.

ioBroker, Home Assistant und openHAB schreiben sich das Automatisieren und die Visualisierung des smarten Zuhauses auf die Fahnen. Sie enthalten eigene Verfahren zum Gestalten der Oberfläche und zum Beschreiben von Aktionen. Alle kennen eigene Apps für Mobilgeräte zum Steuern der Geräte. Die Möglichkeiten für einen Zugriff aus der Ferne, etwa um die Heizung hochzufahren, variieren von selbstgestrickten Portfreigaben über einen VPN-Zugang zu speziellen Clouddiensten.

Homebridge vergrößert die Welt von Apples Heimautomatisierung (Home oder Home Kit genannt) schlagartig um eine Vielzahl von Geräten. Es schlägt eine Brücke zu nicht offiziell von Apple zertifizierten Gerätschaften und ist eher im Backend des Smart Home anzusiedeln, sprich seine Weboberfläche dient zum Verwalten des Gerätebestands, nicht aber zum Steuern. Die erledigt man wie für zertifiziertes Gerät mit den macOS- und iOS-Apps. Die bieten in Grenzen auch Automatisierungen an und sind auch aus dem Internet zugänglich, wenn ein Homepod oder iPad im lokalen Netz aktiv ist – dann allerdings mithilfe der Apple-Cloud.

Alle bedienen sich eines eigenen Konzepts für Erweiterungen, die mal Plug-ins oder Add-ons heißen. Die Erweiterungen rüsten einzelne Funktionen nach oder binden Geräte eines bestimmten Typs an. Oft unterscheiden die Projekte offizielle Erweiterungen und solche, die aus der Community stammen. Erweiterungen gehen gern mal bei größeren Updates der Plattform kaputt. Bei Entwicklungen aus der Community muss man oft höhere Hürden für die Inbetriebnahme meistern, etwa

Entwicklerkonten beim Gerätehersteller einrichten, um eine Spülmaschine herstellercLOUDfrei in die Automatisierung zu bringen.

Erweiterungen schlagen auch Brücken zwischen verschiedenen Standards. Viele Plattformen können ihnen bekannte Geräte per eigener HomeKit-Brücke auch für die Apple-Welt exportieren. Nötigenfalls helfen weitere Dienste, zum Beispiel zigbee2mqtt, das Zigbee-Geräte wie Philips Hue und Ikea Tradfri aus der Herstellercloud holt und über einen lokal betriebenen MQTT-Server steuerbar macht, oder NodeRed, das Daten konvertiert und exportiert oder MQTT-Topics bei Bedarf umschreibt.

Auch wenn die Aufgaben und Lösungen sich ähneln, so hat doch jede dieser Smart Home-Blasen ihre eigenen Begrifflichkeiten und Regeln. Bis man mitreden kann und die passenden Suchbegriffe kennt, vergeht einige Zeit. Bei einem Weltwechsel ist man zunächst verloren. Sprachbarrieren tun ihr Übriges. Drum: Prüfe, wer sich bindet.

Solide Raspisorien

Einsteiger sollten auch wissen: Nichts hält länger als ein solides Raspisorium. Und ein Smart Home ist immer auch ein Tamagotchi-Zoo: Batterien wollen getauscht werden, Firmware sollte aktualisiert werden, die Software der Zentrale verlangt ebenfalls nach Updates. Die einzuspielen, empfiehlt sich schon deshalb, weil Sie so sicherstellen, dass die auch neuartige, später ergänzte Geräte überhaupt zu benutzen weiß.

Die Pflege braucht Strategien. Wenn wegen automatisch eingespielter Updates plötzlich die Mitbewohner das Licht nicht mehr einschalten können, hängt schnell der Hausseggen schief. Oft ist etwa bei Update-Aussetzern Hilfe nicht weit. In den Bug-Trackern der Projekte finden sich binnen Stunden Hilfen. Den Aufwand und solche Notfalleinsätze sollte man indes bei der Planung des eigenen Smart Home einkalkulieren.

Das alles ist aber kein Grund, sich ins Bockshorn jagen zu lassen. Sie gewinnen viel Freiheit: Sie müssen Ihre Daten keinem Clouddienst anvertrauen. Sie dürfen smarte Gerätschaften verschiedener Provenienz beliebig mischen. Sie können Funktionen realisieren, die es als kommerzielles Produkt gar nicht gibt. Das wiegt etwaige Minnedienste an der Technik locker auf. (ps@ct.de) **ct**



Bild: Andreas Martini

Steiniger Aufstieg

Homematic auf dem Raspberry Pi 4 – eine Umbauanleitung

Reicht die Performance der Zentrale in größeren Smart-Home-Installationen mit dem Homematic-System nicht mehr aus, kann der Umstieg auf einen flotten Raspberry Pi 4 die Lösung sein – wenn man denn die Funkstörungen in den Griff bekommt.

Von Georg Schnurer

Seit vielen Jahren steuert ein Homematic-System von eQ3 mein smartes Zuhause: Wenn es regnet, schließen sich die Dachfenster im Wintergarten automatisch, wird es dort im Sommer zu warm, öffnen sich die Fenster. Auch die Beschattung des Wintergartens öffnet und schließt sich automagisch, wobei Regen- und Windsensoren verhindern, dass die Bespannung allzu nass wird oder bei Sturm kaputtgeht.

Im Keller sorgt die Homematic für mehr Sicherheit, indem sie die Außenrollos bei Dunkelheit automatisch herunterfährt.

Wird es morgens wieder hell, öffnen sich auch die Rollos wie von Geisterhand. Sensoren an den Außentüren und den Fenstern melden, wenn diese geöffnet sind. Gleichzeitig schließen sich die Heizkörperthermostate bei geöffnetem Fenster und sparen so Heizkosten. Außerdem werden die Räume nur geheizt, wenn die zugehörigen Mitbewohner auch anwesend sind.

Daneben haben sich über die Jahre auch einige Smart-Home-Gimmicks eingeschlichen: Die Rollos im Wohnzimmer schließen sich, wenn die Südsonne allzu intensiv strahlt und das Zimmer unnötig aufheizt. Die Aktivboxen der Audio-Anlage schalten sich automatisch ein, sobald jemand eine Soundquelle aktiviert. Und natürlich: Auch die Weihnachtsbeleuchtung lässt sich wahlweise automatisch sowie bei Bedarf manuell ein- und ausschalten.

Damit all diese mehr oder minder nützlichen Spielereien funktionieren, haben sich über die Jahre über 100 Sensoren und Aktoren angesammelt. Als gewachsenes System besteht der Homematic-Zoo teils aus Komponenten, die noch das

klassische BidCos-Funkprotokoll (Homematic) nutzen. Neuere Gerätschaften sprechen dagegen „Homematic IP“, das aktuelle Funkprotokoll von eQ3. Damit die Smart-Home-Zentrale alle Komponenten erreichen kann, verrichten mehrere Repeater ihren Dienst: Im Keller, dessen Stahlbetondecke den Funkverkehr arg beeinträchtigt, hängt ein HM-LGW-O-TW-W-EU-2, der das BidCos-Funksignal dort verteilt. An die Zentrale ist er über das Heimnetz (LAN) angebunden.

Ein weiterer BidCos-Repeater hängt im nachträglich ans Haus angebauten Wintergarten. Dort war der Empfang zwar meist gut genug, doch sobald die Metalljalousien heruntergelassen wurden, gab es immer mal wieder folgenschwere und inakzeptable Aussetzer – es ist halt ärgerlich, wenn sich die Dachfenster bei einsetzendem Regen nicht schließen ...

Inzwischen gibt es noch eine zur Werkstatt umgebaute Garage, die natürlich auch mit Smart-Home-Komponenten gepflastert wurde – Näherungssensoren für die Außenbeleuchtung, Toröffner, Dimmer, automatische Lichtschalter. Hier übernimmt ein zum Repeater umfunktionaler Homematic-IP-Access-Point (HmIP-HAP) die Vermittlerrolle. Auch er ist via LAN mit der Zentrale verbunden.

Überforderte Zentrale

Als Zentrale kam bislang eine CCU3 zum Einsatz. Das System basiert – wie die als Bastellösung erhältliche Version „Charly“ – auf einem Raspberry Pi 3B und einer passenden Funkplatine (RPI-RF-MOD). Trotz der vielen Sensoren, Aktoren, Repeater und diverser Programme schaffte es die CCU3 bislang, die ihr zugeordneten Aufgaben ohne Stolperer zu erledigen. Doch

c't kompakt

- Eine Homematic-Zentrale kann sowohl auf der Hardware vom Hersteller eQ3 laufen als auch auf einem Raspberry Pi.
- Besonders große Smart-Home-Installationen mit umfangreichen Zusatzfunktionen profitieren von einer leistungsstarken Hardware.
- Das Open-Source-Betriebssystem RaspberryMatic ist auf vielen Hardwareplattformen, aber auch als virtuelle Maschine nutzbar.

wer einmal mit dem Smart-Home-Virus infiziert ist, findet bekanntlich immer neue Aufgaben, die das System noch erledigen könnte. Bei mir war es der Wunsch nach einem zentralen Dashboard für das gesamte Zuhause. Über eine Webseite sollte jederzeit per PC oder Smartphone abfragbar sein, wie viel Energie die PV-Anlage aktuell erzeugt, was die Wärmepumpe momentan verbraucht und natürlich auch, welche Fenster und Türen aktuell offen sind. Auf der Wunschliste für das Dashboard stand zudem eine komfortable Übersicht, welche Homematic-Komponente demnächst wohl eine neue Batterie vertragen könnte.

Dank der sehr ausführlichen Dokumentation des Homematic-Systems ließen sich alle benötigten Daten Stück für Stück per Skript in eine InfluxDB exportieren – doch das wäre eine Heidenarbeit. Bequemer geht es mit der RedMatic, einem Homematic-Plug-in, das Node Red

auf der CCU3 installiert. Vorgefertigte Zugangspunkte erleichtern hier, Sensor- und Aktor-Status auszulesen und zu setzen. Doch die anfängliche Euphorie legte sich schnell: Die RedMatic ist wie Valium für die CCU3 – also muss eine neue, leistungsfähigere Zentrale her.

Ohne große Basteleien käme da die seit Kurzem erhältliche „Homematic IP Home Control Unit“ infrage. Sie ist deutlich performanter als die CCU3, hat aber einen entscheidenden Pferdefuß: Die neue Zentraleinheit unterstützt nur noch das aktuelle Homematic-IP-Funkprotokoll. BidCOS, den betagten Funkdialekt der alten Homematic-Gerätschaften ohne IP im Namen, spricht es nicht mehr. Also alle alten Homematic-Aktoren durch moderne IP-Versionen ersetzen? Das geht ins Geld, macht viel Arbeit, ist nicht nachhaltig und liefert erst einmal keinen spürbaren Mehrwert.

Auftritt: RaspberryMatic

Die Homematic-Zentralen-Software gibt es nicht nur als geschlossenes System für die Zentralen von eQ3. Das sogenannte „Homematic Open Central Control Unit Software Development Kit“ (HM-OCCU-

Projektinfo

-  Eine Homematic-Zentrale mit Raspberry Pi 4 und Raspberry-Matic aufbauen.
-  3 bis 4 Stunden
-  ca. 100–150 Euro
-  Raspberry Pi 4 B, 8 GByte
Geekworm-Kühler P165-B
Funkplatine, z. B. RPI-RF-MOD
SanDisk Extreme microSDXC A2 UHS-I U3 V30 128 GB
Pigtail mit SMA-F-Einschraubbuchse
868-MHz-Antenne mit SMA-M-Anschluss und Magnetstandfuß
Netzteil, entweder das der CCU3 oder ein Raspi-Netzteil
Stiftleiste (2 × 20 Pin, RM 2,54 mm)
-  Schraubendreher T6
Lötcolben
optional: 3D-Drucker



Links die neue Homematic-Zentrale auf Basis des Raspberry Pi 4 B und der RaspberryMatic-Software. Rechts die bislang genutzte CCU3 von eQ3.



Ein Blick in die CCU3 offenbart: Hier werkelt ein Raspberry Pi 3 B, auf dem eine Funkplatine sitzt.

SDK) ermöglicht die Portierung der Software auf verschiedene alternative Hardwareplattformen (CCU3, ELV-Charly, Raspberry Pi, Tinkerboard, ODR0ID, Intel NUC) und die Installation in Containern auf virtuellen Maschinen. Das von Jens Maus gepflegte Betriebssystem RaspberryMatic nutzt das OCCU-SDK und ist weitgehend kompatibel mit den Gerätschaften von eQ3. Neue Komponenten werden fix integriert und RaspberryMatic folgt mit geringer Verzögerung den von eQ3 herausgegebenen neuen Versionen der CCU-Software. Ein Umstieg geht dank der kompatiblen Backupfunktion flott von der Hand – doch dazu später mehr.

Meine erste Idee, zu einer performanteren Zentraleinheit zu kommen, war ein Container für das heimische Synology-NAS. Das hat genug Rechenleistung, um neben seiner Funktion als Datengrab und Medienserver auch noch eine CCU zu simulieren. Ein passendes Installationsimage für die Synology-Docker-Umgebung gibt es fix und fertig, es lief wohl mit einigen Umbauten (das NAS steht im Keller, also müssten weitere Repeater her ...), bringt aber auch neue Probleme. So müsste das NAS kontinuierlich laufen und das würde den Energiebedarf in die Höhe treiben. Angesichts der eingangs erwähnten Dachfenster-und-Regen-Problematik war mir zudem eine eigenständig laufende Zentrale wichtig.

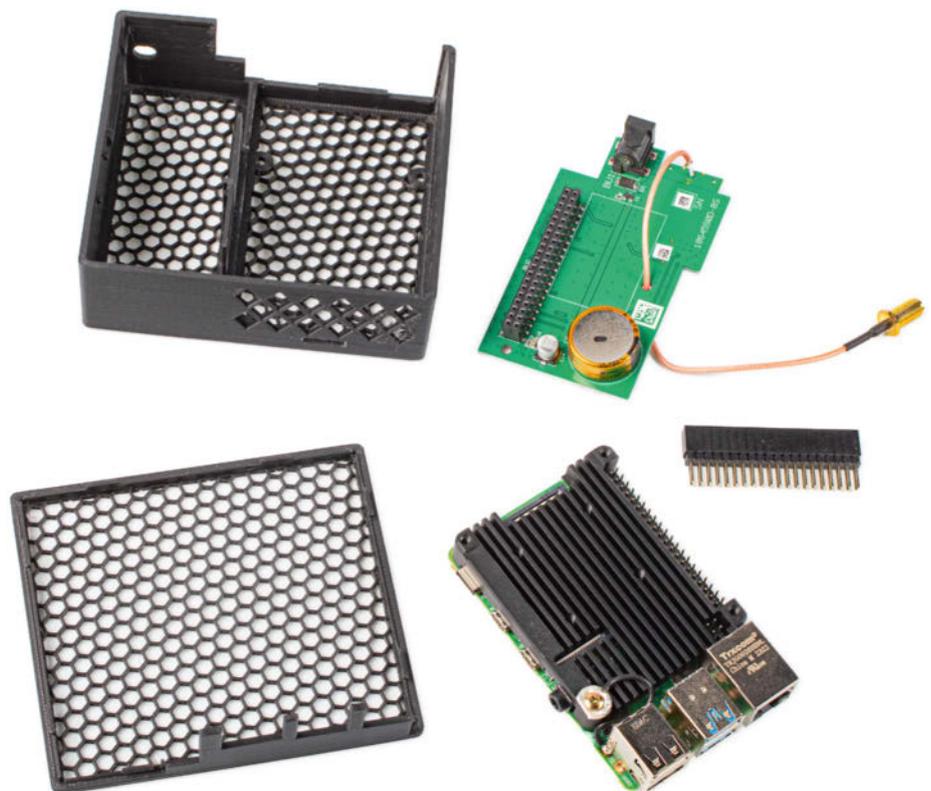
Namensgeber für RaspberryMatic ist der Raspberry Pi: Die Software läuft auf nahezu allen Pi-Varianten, angefangen beim kleinen Pi Zero bis hin zum Raspberry Pi 5. Soll die neue Zentrale flinker arbeiten als die CCU3, kommen ein Pi 4 oder

Pi 5 infrage, wobei der Raspberry Pi 5 für die meisten Einsatzfälle hoffnungslos überdimensioniert ist. Zudem ist eine passive Kühlung beim großen Pi eine echte Herausforderung, die ich mir ersparen wollte. Ein Raspberry Pi 4 B mit 8 GByte Speicher (RAM) sollte auch für künftige Erweiterungen und Plug-ins leistungsfähig genug sein.

Als passiver Kühlkörper für den Raspberry Pi 4 B bietet sich das 11 Millimeter hohe Modell P165-B von Geekworm an, das bei verschiedenen Händlern für knapp 10 Euro zu haben ist. Montiert mit Wärmeleitpaste und verschraubt mit den vier mitgelieferten Schraubbolzen hält es den Pi 4 auch ohne Lüfter auf vertretbarem Temperaturniveau.

Fehlt noch ein passendes Funkmodul. Wer wie ich von einer CCU3 kommt, kann die dort verbaute Funkplatine (RPI-RF-MOD) einfach weiternutzen. Alternativ gibt es diese bei ELV auch als Bausatz für knapp 40 Euro. Das Modul bringt eine per Super-CAP gepufferte Echtzeituhr mit. Allerdings schreibt ELV explizit, dass das RPI-RF-MOD ausschließlich zum Betrieb mit einem Raspberry Pi 3 B gedacht ist. Es funktioniert aber auch mit einem Pi 4 oder Pi 5. Damit es auf den Pi 4 passt, ist noch eine Stiftleiste (2 x 20 Pin, RM 2,54 mm) als Verlängerung erforderlich.

Das alles ist schnell provisorisch zusammengesteckt. Das Originalnetzteil der CCU3 passt in den Spannungseingang auf der Funkplatine und versorgt auch den Raspberry Pi 4 mit Energie. Alternativ können Sie ein Raspberry-Pi-Netzteil an



Die Komponenten der selbst zusammengebauten Homematic-Zentrale: Neben dem 3D-gedruckten Gehäuse liegen ein Raspberry Pi 4 B mit montiertem Kühlkörper, eine Funkplatine mit angelötetem Pigtail und SMA-F-Buchse sowie eine 40-polige Pfostenverlängerung.

WIR TEILEN KEIN HALBWISSEN. WIR SCHAFFEN FACHWISSEN.



19.02.25



WORKSHOP

Kluge Strukturen für Microsoft 365

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

25. + 26.02.25

SECURITY
CHECK



WORKSHOP

Dienste mit SELinux absichern

Der Workshop zeigt, wie man SELinux so nutzt, dass alles besser abgesichert ist und trotzdem funktioniert.

06.03.25



WEBINAR

Photovoltaik für Einsteiger

Lernen Sie die erforderliche Ausstattung einer eigenen Photovoltaik-Anlage zu überschlagen und die technischen Komponenten am Markt einzuschätzen.

25. + 26.03.25



WORKSHOP

Blender im professionellen Workflow

Vom einfachen Würfel zur fotorealistischen Szene – erfahren Sie alles Wichtige über das Blender-Interface sowie die ergonomische und effiziente Bedienung.

09. + 10.04.25



WORKSHOP

Einführung in den Kea DHCP Server

Erfahren Sie alles über Kea-DHCP-Software auf Unix- und Linux-Systemen. Sie lernen mehr über die Installation, Konfiguration und Betrieb des Systems.

14. + 21.05.25



WORKSHOP

CI/CD mit GitLab

Lernen Sie die Continuous-Integration-Funktionen (CI) der Entwicklungsplattform GitLab kennen und üben Sie, wie man damit Softwareprojekte baut.

Sichern Sie sich Ihren Frühbucher-Rabatt:

heise.de/ct/Events

Warum ausgerechnet Homematic?

Bei der Wahl meines Smart-Home-Systems gab es viele Vorgaben und Wünsche, die Stück für Stück andere Systeme ausschlossen. Das wichtigste Feature war, dass die Heimautomation auch komplett autark, also ganz ohne externe Server- oder Cloud-Anbindung funktionieren sollte. Selbst wenn das Internet mal ausfällt, was in den Anfangsjahren in unserer Straße mit Telefonleitungen auf Masten immer wieder mal passierte, sollten die Dachfenster bei Regen automatisch schließen.

Der zweite wichtige Punkt war ein halbwegs sicheres Übertragungsprotokoll, das nicht mit einfachsten Mitteln wie einer Replay-Attacke überlistet werden kann. Zudem lege ich Wert auf bidirektionale Kommunikation zwischen Zentrale, Aktoren und Sensoren. „Fire and forget“ war mir zu unsicher. Die Zentrale

sollte erkennen, wenn ein Sensor keine Daten liefert oder wenn ein Aktor nicht auf ausgesendete Befehle reagiert.

Ebenfalls gewünscht war eine direkte Kommunikationsmöglichkeit zwischen Aktoren und Sensoren, also etwa zwischen einem Fenstersensor und dem Heizungsthermostat. Die Zentrale sollte da möglichst nicht involviert sein. Da bereits von Anfang an klar war, dass die Smart-Home-Installation wachsen würde, sollte es möglich sein, Repeater oder ähnliches zu nutzen. Als nachträglich zu installierendes System stand von vornherein auch fest, dass alles ohne zusätzliche Verkabelungen funktionieren muss. Gleichzeitig war eine gewisse Vielfalt an Sensoren und Aktoren gewünscht. Übrig blieb nach vielen Experimenten mit anderen Lösungen dann die Homematic.

der USB-C-Buchse anschließen, das dann die Funkplatine über die 5-Volt-Leitung des GPIO-Anschlusses speist.

Raspi-Image

Die Installation von RaspberryMatic auf den verschiedenen Plattformen ist ebenso wie der Umstieg von verschiedenen CCU-Varianten sehr gut und ausführlich auf der RaspberryMatic-Webseite dokumentiert (Link via ct.de/yf7n), deshalb hier nur eine Kurzversion: Das Software-Image landet Raspi-typisch auf einer microSD-Karte, die gern flott und groß sein darf. Die Projekt-

webseite nennt eine Mindestgröße von 8 GByte und macht keine Angaben zur Mindestgeschwindigkeit. Ich habe gleich zu einer hochwertigen 128 GByte-Karte (SanDisk Extreme microSDXC A2 UHS-I U3 V30) für knapp 14 Euro gegriffen. Ein 32-GByte-Modell hätte es sicher auch getan, doch viel günstiger sind die auch nicht.

Das Aufspielen der Software übernimmt der Raspberry Pi Imager (siehe ct.de/yf7n). Dort wählt man das genutzte Raspi-Modell, hier also den Raspberry Pi 4, und sucht unter „OS wählen“ über „Other

specific-purpose OS“ und „Home assistants and home automation“ den Eintrag „RaspberryMatic“. Dort findet sich dann die aktuelle Version – bei Redaktionsschluss war das Version 3.79.6.20241122 (Pi4, Pi 400). Daneben gibt es noch einen „Nightly Snapshot“ mit der Entwicklerversion mit neuen, ungetesteten Funktionen für experimentierfreudige Zeitgenossen ohne Dachfenster. Jetzt noch die zu beschreibende SD-Karte auswählen und auf „Weiter“ klicken. Die SD-Karte wird komplett überschrieben und enthält anschließend das Startimage für den Raspi 4.

Um die alte auf der CCU3 laufende Konfiguration zu übernehmen, sind jetzt noch drei Dinge zu tun: Zuerst die Homematic-Software auf den gleichen Versionsstand – hier also 3.79.6 – wie RaspberryMatic aktualisieren. Nur dann lassen sich alle Daten später ohne Probleme übernehmen. Das passiert auf der CCU über die Web-Oberfläche (WebUI) im Menüpunkt „Einstellungen/Systemsteuerung/Zentralen-Wartung“. Dort sollte in der ersten Zeile unter „Aktuelle Software Version“ für unser Beispiel die 3.79.6 stehen. Ist die CCU-Version älter, spielt man die gewünschte Version entweder über das automatische oder über das manuelle Update ein.

Im nächsten Schritt muss ein Backup der aktuellen Sensor- und Aktor-Konfiguration her. Das passiert wieder im WebUI über „Einstellungen/Systemsteuerung/Sicherheit“ mittels Klick auf „Backup erstellen“. Im Download-Ordner des PCs landet dann eine .sbk-Datei, in der alle relevanten Daten und Programme der CCU gespeichert sind. Jetzt schaltet man die CCU ab und startet den Raspberry Pi 4 mit der zuvor bespielten microSD-Karte. Nach einiger Zeit – die grüne LED am Raspi blinkt dann regelmäßig – lässt sich RaspberryMatic im Browser unter der IP-Adresse des Raspi oder unter <http://home-matic-raspi/> starten. Damit die alte Konfiguration auf dem Raspi 4 landet, jetzt das zuvor erstellte Backup wieder einspielen („Einstellungen/Systemsteuerung/Sicherheit/Backup einspielen“). Wer für seine Zentrale ein Sicherheitspasswort vergeben hat, muss dieses noch eingeben. Danach den Raspi neu starten und das System könnte wie zuvor funktionieren.

Funkstörungen

Das Wort „könnte“ deutet es schon an: Ganz so leicht ist der Umstieg auf einen Raspberry Pi 4 dann doch nicht, denn die



Im gut durchlüfteten 3D-gedruckten Gehäuse finden der Raspberry Pi 4 und das Funkmodul bequem Platz.

Platine produziert viele Funkstörungen, sodass weiter entfernte Aktoren nicht mehr erreichbar sind. Einen Hinweis auf die Ursache liefert gleich der Startbildschirm von RaspberryMatic: Rechts zeigt das System für die Zentrale (CCU) und für jeden Repeater sowohl den „Duty Cycle“ als auch den „Carrier Sense“ in Prozent an. Der Duty Cycle gibt an, wie viel der maximal zulässigen Zeit das System das Funkfrequenzband belegt. Da Homematic im freien 868-MHz-Band funkt, darf es diese Frequenz nur zu maximal einem Prozent (also innerhalb einer Stunde für höchstens 36 Sekunden) belegen, damit andere Geräte in diesem Frequenzband nicht gestört werden. Das Homematic-System kommt üblicherweise mit sehr wenigen Übertragungen aus und überschreitet nur sehr selten den zulässigen Duty Cycle. Nur wenn kommunikationsintensive Prozesse wie etwa das Einstellen und Testen des Erfassungsbereiches eines frisch angelegten Bewegungsmelders laufen, kann der Duty Cycle schon einmal temporär überschritten werden. Dann heißt es warten, bis wieder freie Funkzeit zur Verfügung steht.

Für die Erkennung von Funkstörungen ist aber der Carrier Sense die wichtigere Größe. Er gibt die Gesamtbelegung des 868-MHz-Bandes an. Liegt er bei 100 Prozent, ist keine Funkübertragung mehr möglich, etwa weil andere Geräte das Funkband komplett belegen oder Störungen im 868-MHz-Bereich erzeugen. Genau das passiert beim Raspberry Pi 4 – und übrigens auch beim Pi 5. Die Störungen werden besonders groß, sobald der USB-3-Port des Raspi genutzt wird. Doch auch ohne USB-Nutzung beträgt der Carrier Sense schon mal 50 Prozent und eine sichere Kommunikation mit den Homematic-Komponenten ist nicht mehr garantiert.

Zwei Maßnahmen lösen das Problem nachhaltig: Zunächst gilt es, den Kühlkörper



Eine Auswahl verschiedener Funkmodule für RaspberryMatic: links das einfachste Modell HM-MOD-RPI-PCB, in der Mitte RPI-RF-MOD und rechts ein USB-Stick mit integriertem Funkmodul (HmIP-RFUSB).

per auf dem Raspi 4 zu erden, also mit dem Minuspol (Masse) zu verbinden. Das geht am besten an einer der vier Schraubgewinde oben auf dem Kühlkörper: Einfach die schwarze Eloxierung rund um das Gewinde abschleifen, eine Lötöse mit Masse verbinden und zusammen mit einer Zahnscheibe aufschrauben.

Erden allein reicht aber nicht, denn die Stummelantenne auf der Funkplatine sitzt einfach zu dicht am Raspi. Ein stattdessen aufgelöteter Pigtail mit SMA-F-Einschraubbuchse verhilft dem Funkmodul zu einem anständigen Antennenaustritt. Der innere Draht des Pigtails kommt in den Lötspitzen, in dem die Drahtantenne steckt, die Schirmung kann man einfach an der Metallkappe des Funkmoduls anlöten. Bereits eine in 25 Zentimeter Abstand zum Raspi platzierte Stabantenne für 868 MHz behebt das Problem mit den Störungen dauerhaft. Der Carrier Sense sinkt dann von gut 50 Prozent auf nahezu null. Ich habe mich jedoch für eine 868-MHz-Antenne mit Magnetfuß, fünf Meter Zuleitung und SMA-M-Stecker entschieden. So findet die Antenne in einem Regal ihren Platz, weit weg vom Raspi, vom DECT-Telefon und vom WLAN-Router.

Ein fliegender Aufbau sollte meine neue Homematic-Zentrale nicht bleiben. Also musste ein angepasstes Gehäuse her.

Zwar gibt es viele passende 3D-Druck-Vorlagen für einen Raspberry Pi 4 mit RPI-RF-MOD, doch in keines passte ein Raspi 4 mit dem Geekworm-Kühler. Zudem sollte „mein“ Gehäuse möglichst luftdurchflutet sein, weshalb eine Neukonstruktion mit Mesh-Deckel und Befestigungslöchern für die vier Schraubsockel unter dem Raspi entstand. Die mit Onshape erstellte Vorlage für Boden und Deckel des Gehäuses verlinken wir zur freien Nutzung unter ct.de/yf7n.

Alternativlösungen

Wer RaspberryMatic mit anderen Funkmodulen nutzen will, findet eine gute Zusammenstellung der möglichen Alternativen zum RPI-RF-MOD auf der Webseite des Projekts. Zu beachten ist hier aber, welches Homematic-Funkprotokoll die einzelnen Funkmodule unterstützen. Muss es wie in meinem Fall sowohl das alte BidCOS-Protokoll als auch das aktuelle Homematic-IP-Protokoll sein, wird die Auswahl schnell sehr klein. Sollen neben den Funkprotokollen auch noch die drahtgebundenen Homematic-Protokolle (Homematic wired beziehungsweise Homematic IP wired) unterstützt werden, ist zusätzliche Hardware erforderlich.

Mein RaspberryMatic auf dem Raspberry Pi 4 arbeitet inzwischen auch mit installiertem RedMatic-Plug-in flott. Vom angestrebten Haus-Dashboard trennen mich allerdings noch etliche Programmier- und Bastelstunden, doch das ist eine andere Geschichte. (gs@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Mirko Dölle, Raumklimawandel, Effiziente Heizungssteuerung mit Homematic IP und Raspi, c't 2/2025, S. 138

Dokumentationen, Software und Bezugsquellen: ct.de/yf7n



Der PigTail mit der SMA-F-Einbaubuchse wird direkt am Funkmodul angelötet. Die innere Ader ersetzt die Draht-Antenne, die Abschirmung kann man gut an der Metallhaube anlöten.



Bild: Andreas Martini

Trockenobst

Taupunktlüftungsanlage mit Raspi für Keller und Wohnung

Wenn die Luftfeuchtigkeit an Wänden oder Fenstern kondensiert, herrscht Schimmelgefahr. Eine automatische Taupunkt-lüftungsanlage mit Raspberry Pis hilft Ihnen, besonders im Winter das Raumklima im Griff zu behalten, ohne ständig die Fenster öffnen und schließen zu müssen.

Von Mirko Dölle

Richtiges Lüften ist für das Raumklima entscheidend, die feuchte und vergleichsweise warme Luft muss regelmäßig nach draußen befördert und trockene, kältere Luft hineingelassen werden. Andernfalls droht der Wasserdampf an Fenstern oder Außenwänden zu kondensieren, was die Schimmelbildung fördert. Moderne Niedrigenergiehäuser sind deshalb mit ausgeklügelten Lüftungsanlagen ausgestattet, die den regelmäßigen Luftaustausch übernehmen.

In älteren Häusern muss man sich selbst darum kümmern, die Fenster regelmäßig zu öffnen – und vor allem auch wieder zu schließen, damit nicht bei schlechtem Wetter feuchte Luft etwa in den Keller gelangt und dort das Schimmelproblem verschärft. Deshalb behält eine kleine Armada aus einem Raspberry Pi, auf dem

Home Assistant läuft, und mehreren Raspberry Pi Pico, die mit ESPHome als WLAN-Sensoren arbeiten, die Umgebungsbedingungen außen, im Keller oder Ihrer Wohnung im Blick. Gelüftet wird automatisch dann, wenn die Bedingungen dafür stimmen.

Dazu steuern die Raspis Rohrlüfter, wie sie in Küchen und Badezimmern verbreitet sind und die sich auch nachträglich etwa in Kellerfenster einsetzen lassen. Steht in Ihrem Keller aber schon einen Finger breit Wasser, kann das keine Taupunktlüftungsanlage mehr richten. Das Hauptkriterium, den oder die Lüfter einzuschalten, ist der Taupunkt. Dieser berechnet sich aus gemessener Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit und gibt an, ab welcher Temperatur der in der Luft vorhandene Wasserdampf Tröpfchen bildet

ct kompakt

- Home Assistant überwacht als Smart-Home-Zentrale Temperatur und Luftfeuchtigkeit, kann aber auch Ihre Internetbandbreite oder den Tonerstand des Druckers im Auge behalten.
- Mit ESPHome entwickeln Sie ohne Programmierkenntnisse eigene Sensoren auf Basis des Raspberry Pi Pico, die sich nahtlos in Ihr Smart Home integrieren.
- Die Vernetzung über WLAN erlaubt die nachträgliche Nachrüstung in jeder Wohnung ohne viel Kabelsalat.

– etwa an der Fensterscheibe. Der Taupunkt ist ein gutes Indiz dafür, wie viel Wasserdampf sich in der Luft befindet – Luft mit einem niedrigeren Taupunkt enthält weniger Feuchtigkeit als solche mit einem höheren. Eine automatische Steuerung soll deshalb nur dann lüften, wenn der Taupunkt der Außenluft niedriger als der der Innenraumluft ist.

Kabellos glücklich

Um den Verkabelungsaufwand für Sensoren und Steuerung zu reduzieren, haben wir uns für mehrere, per WLAN untereinander vernetzte Raspis entschieden. Die Steuerung soll das äußerst leistungsfähige Smart-Home-System Home Assistant übernehmen. Auf Ihrer Einkaufsliste sollten deshalb ein Raspi 4 oder 5, mindestens zwei Raspberry Pi Pico W für die Sensoren, zwei Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssensoren vom Typ DHT22 oder AM2302 und ein 230-Volt-Relais-Modul oder eine WLAN-Schaltsteckdose stehen. Außerdem benötigen Sie 5-Volt-Netzteile für den Raspi und die Picos.

Beginnen Sie mit der Installation von Home Assistant auf einer MicroSD-Karte. Dies ist mit dem Raspberry Pi Imager schnell erledigt: Modell auswählen – wir empfehlen dafür einen Raspi 4 mit 2 GByte RAM –, Home Assistant OS in der Rubrik „Other specific-purpose OS/Home assistants and home automation“ als Betriebssystem auswählen und das System auf die Karte kopieren. Die Ersteinrichtung erfolgt über das Web-Frontend unter der URL <http://homeassistant.local:8123>, das

wenige Minuten nach dem ersten Start des Raspis über die Ethernet-Schnittstelle erreichbar ist und erste Statusmeldungen anzeigt. Bis zum Willkommensgruß und dem Start der Konfiguration dauert es allerdings gut 10 bis 15 Minuten. Lassen Sie sich in dieser Zeit nicht von etwaigen Warnungen verunsichern – in den meisten Fällen ist der erste Start dennoch erfolgreich. Erst wenn Sie nach über 20 Minuten noch immer nicht willkommen geheißen werden, sollten Sie einen Blick auf die Warnungen oder in die Log-Dateien im Web-Frontend werfen.

Los geht es mit einem Klick auf „Mein Smarthome erstellen“, woraufhin Sie Name, Benutzername und Passwort für den Administratorzugang festlegen müssen. Die anschließende Abfrage Ihrer genauen Wohnadresse legt den Heimbereich fest. Das kann später für Automatisierungen praktisch sein, etwa um eine Außenleuchte bereits einzuschalten, wenn sich Ihr Smartphone dem Heimbereich nähert. Einen Missbrauch der Daten müssen Sie nicht fürchten, denn Sie können im darauffolgenden Dialog genau festlegen, ob und welche statistischen oder Diagnosedaten an die Entwickler weitergegeben werden. Zum Abschluss gibt Ihnen Home Assistant einen Überblick, welche unterstützten Geräte der Netzwerkscan bereits gefunden hat. Mit einem Klick auf „Fertig“ gelangen Sie zum – noch nahezu leeren – Dashboard, zu Deutsch „Übersicht“ im Navigationsmenü auf der linken Seite.

Ebenfalls in der Navigationsleiste finden Sie etwaige Benachrichtigungen, etwa über verfügbare (Firmware-)Updates oder eben über Geräte, die Home Assistant automatisch gefunden hat. Alternativ finden Sie diese auch unter „Einstellungen/Geräte und Dienste“. So hat Home Assistant zum Beispiel eine sogenannte Integration für die Fritzbox, über die Sie sich die verfügbare DSL-Bandbreite im Dashboard von Home Assistant anzeigen lassen können. Über die IPP-Integration kommen Sie an Druckerdaten wie den Tonerstand Ihres Netzwerkdruckers heran.

Smart-Home-Sensoren

Um die Raspberry Pi Pico W als drahtlose Umweltsensoren einzubinden, benötigen Sie die ESPHome-Integration. ESPHome ist ein weitgehend hardwareunabhängiges Entwicklungssystem für Heimautomatisierung, das neben den bekannten ESP32-Mikrocontrollern auch verschiedene Arduino-Modelle sowie den Rasp-

berry Pi Pico W unterstützt. Die ESP-Home-Entwicklungsumgebung erzeugt aus einfach strukturierten Konfigurationsdateien, ohne dass Programmierkenntnisse erforderlich wären, Firmwaredateien, die meist per WLAN auf den Mikrocontrollern landen.

ESPHome ist in Python geschrieben und prinzipiell betriebssystemunabhängig. Achten Sie bei der Installation von Python aus dem Microsoft-Store darauf, dass der Interpreter Ihrem Standard-Pfad hinzugefügt wird. Unter Linux greifen Sie auf die Paketverwaltung Ihrer Distribution zurück – sofern Python nicht ohnehin zum Standardinstallationsumfang gehört. Die Installation von ESPHome erfolgt in einer virtuellen Python-Umgebung, damit etwaige Zusatzbibliotheken nicht mit den systemweit installierten kollidieren. Öffnen Sie deshalb eine PowerShell oder ein Linux-Terminal und legen Sie ein Verzeichnis für ESPHome an, in dem Sie die virtuelle Python-Umgebung installieren. Die Befehle dazu sind unter Windows und Linux die gleichen:

```
mkdir esphome
cd esphome
python -m venv venv
cd ..
```

Um die virtuelle Umgebung zu aktivieren, rufen Sie unter Windows das Skript

Projektinfo

 Raspberry Pi mit Home Assistant als Taupunkt-Lüftungsanlage mit ESPHome-Sensoren auf Basis des Raspberry Pi Pico W

 Linux-Grundkenntnisse

 4 Stunden

 ab 80 Euro

 Raspberry Pi 4 mit 2 GByte RAM
Netzteil für Raspi 4
MicroSD-Karte ab 16 GByte
2 Raspberry Pi Pico W
2 Netzteile für Raspi Pico
2 Sensoren DHT22 oder AM2302
Relais-Platine oder WLAN-Schaltsteckdose

Vorsicht bei zusätzlichen Rohrlüftern

Installieren Sie zu etwaigen vorhandenen Rohrlüftern weitere, um Keller oder Wohnung zu trocknen, so sollten Sie Ihren Schornsteinfeger um Rat fragen: Pusten Sie zu viel Luft nach draußen, besteht die Gefahr, dass etwa die Gas-Etagenheizung nicht mehr genug Brennluft erhält und deshalb Kohlen-

monoxid erzeugt oder gar Abgase durch den Schornstein in die Wohnung gesaugt werden. Ihr Schornsteinfeger kann beurteilen, ob eventuell weitere Zuluftöffnungen erforderlich sind. In jedem Fall raten wir, einen Kohlenmonoxidmelder in der Wohnung zu installieren.

`.\esphome\venv\Scripts\activate` auf, unter Linux benutzen Sie den Befehl `source esphome/venv/bin/activate`. Als Bestätigung, dass Sie sich in der virtuellen Umgebung befinden, sehen Sie am Anfang des Prompts ein `(venv)`. Nun installieren Sie ESPHome über die Python-Paketverwaltung:

```
pip3 install esphome
```

Anschließend können Sie mit `esphome version` überprüfen, ob die Installation erfolgreich war, und danach das Web-Frontend von ESPHome starten:

```
esphome dashboard esphome/
```

Im Browser finden Sie das Web-Frontend nun unter der Adresse `http://127.0.0.1:6052/`.

Aufgespielt

Beginnen Sie mit dem Raspi Pico W für den Außensensor – ohne zunächst den Sensor selbst anzulöten. Damit Sie den Pico über das ESPHome-Frontend programmieren und schließlich in Home Assistant integrieren können, müssen Sie darauf zunächst eine PlatformIO-Firmware installieren. Diese Firmware müssen Sie für jeden Pico neu erzeugen, denn sie enthält den individuellen Geräteschlüssel für die Home-Assistant-Integration und das Passwort für spätere OTA-Updates (Over The Air, via WLAN) durch das ESPHome-Frontend.

Die Firmware erzeugen Sie, indem Sie per Browser im Dashboard von ESPHome auf „New Device“ klicken und einen Namen für die Komponente vergeben – zum Beispiel „dht-aussen“. Wir empfehlen, an dieser Stelle auf Leerzeichen, Großbuchstaben und Umlaute zu verzichten, denn dieser Name wird auch in abgewandelter Form als Dateiname für die

Gerätekonfiguration benutzt. Einen gut lesbaren Gerätenamen können Sie gleich im Anschluss vergeben. Als Nächstes will ESPHome die Firmware-Installation vornehmen. Dieser Schritt funktioniert aber nur auf ESP32-Mikrocontrollern. Beim Raspberry Pi Pico W klicken Sie auf „Skip this step“ und gelangen so zur Geräteauswahl, wo Sie den Pico anklicken.

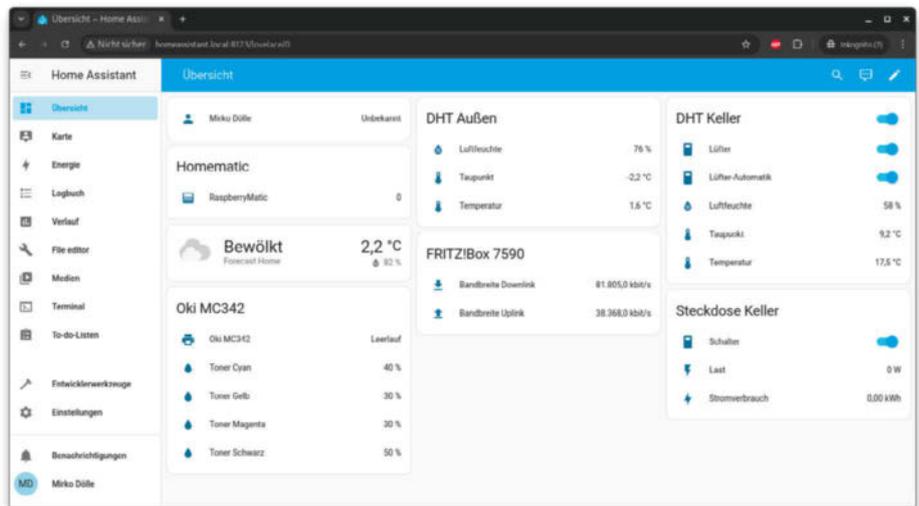
Daraufhin wird der Geräteschlüssel erzeugt, den Sie unter anderem für Home Assistant benötigen. Es ist zu diesem Zeitpunkt nicht nötig, den Schlüssel aufzubewahren, da er auch in den Konfigurationsdaten des Geräts steht. Klicken Sie einfach auf „Install“, um zur Auswahl der Übertragungsart der Firmware zu gelangen. Hier müssen Sie einmalig „Manual download“ verwenden, schließlich ist der neue Pico noch nicht per WLAN erreichbar. So gelangen Sie zur Anleitung, wie Sie die Firmware aufspielen, und nach ein paar Sekunden Vorbereitungszeit erscheint auch der Download-Link. Laden Sie die Firmware

unbedingt im UF2-Format herunter und speichern Sie die Datei auf Ihrem PC.

Die Übertragung auf den Raspi Pico ist leicht, halten Sie dazu einfach den Taster auf dem Pico gedrückt, während Sie ihn per USB an Ihren PC anschließen. Dort meldet sich der Pico als USB-Speicherriegel an und Sie kopieren die Firmware-Datei einfach in das oberste Verzeichnis von dessen Dateisystem. Hat das geklappt, trennt der Pico selbst die Verbindung und der Status im ESPHome-Dashboard wechselt von Offline auf Online. Ab dann dient das USB-Kabel nur noch zur Stromversorgung und der Pico erhält spätere Updates via WLAN.

Mit einem Klick auf „Edit“ öffnen Sie die im YAML-Format gespeicherte Konfigurationsdatei des Geräts. Es handelt sich um eine einfache Textdatei, in der Einrückungen (zwei Leerzeichen pro Ebene) eine große Rolle spielen und zur Strukturierung dienen. Gleich am Anfang finden Sie im Block „esphome“ unter „name“ den (möglicherweise vereinfachten) Gerätenamen; dafür sind nur Kleinbuchstaben und Minus erlaubt. Den Namen hinter „friendly_name“ zeigt Home Assistant im Dashboard an. Hier dürfen Sie auch Leerzeichen, Großbuchstaben und Umlaute verwenden. Schließen Sie diesen Namen aber sicherheitshalber in Anführungszeichen ein, damit es keinen Ärger etwa mit Leerzeichen gibt:

```
esphome:
  name: dht-aussen
  friendly_name: "DHT Außen"
```



Home Assistant zeigt nicht nur Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Keller an, die universelle Smart-Home-Zentrale behält auch die Internetbandbreite Ihrer Fritzbox und den Tonerstand Ihres Netzwerkdruckers im Auge.

Im Konfigurationsblock „api“ steht der schon erwähnte Geräteschlüssel für Home Assistant, unter „ota“ das Passwort, das ESPHome für Updates verwendet, und unter „wifi“ die Zugangsdaten Ihres WLAN – allerdings nur als Verweis auf die Einträge in der Datei secrets.yaml, nicht als Klartext. Das macht es auch einfacher, die Zugangsdaten für alle Geräte an dieser zentralen Stelle zu ändern.

Unterhalb des Blocks „wifi“ können Sie eigene Blöcke einfügen – und damit den Raspi Pico individuell programmieren. Das geht in den meisten Fällen ganz ohne eine Programmiersprache mit wenigen Schlüsselementen, die ESPHome dann intern in Code umwandelt. Als Erstes soll der Pico ein Lebenszeichen von sich geben, indem die LED alle zwei Sekunden aufblitzt.

Dazu müssen Sie wissen, dass die LED des Pico W, anders als beim Pico ohne WLAN, über den GPIO-Port 32 angesteuert wird. Die Konfiguration wird also um ein Ausgabegerät auf GPIO32 erweitert:

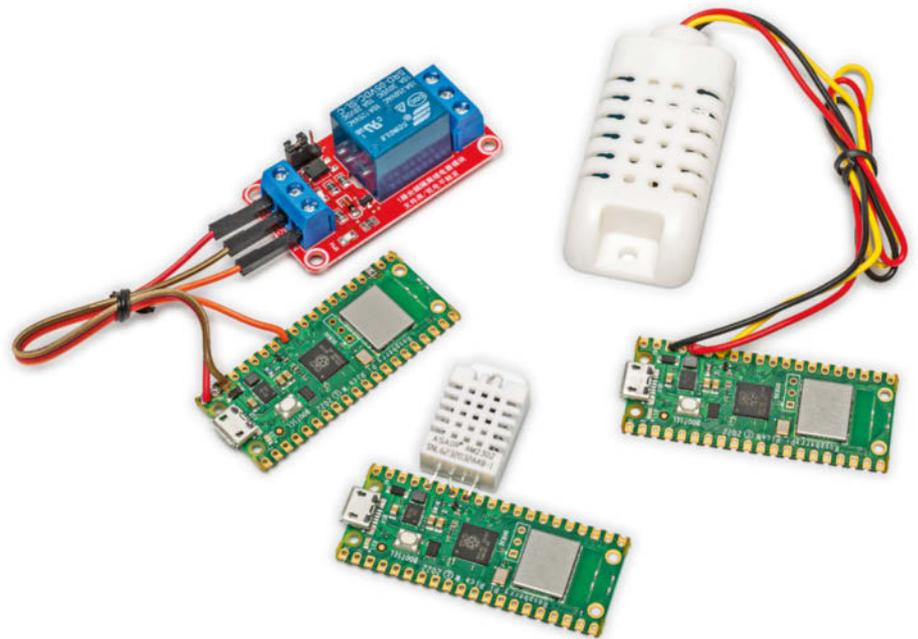
```
output:
  - platform: gpio
    pin: 32
    id: led
```

Damit gibt es ein „Ding“ („Entity“) mit der ID „led“, das zur Ausgabe („output“) dient – kurz ein Ausgabegerät mit der Bezeichnung „led“. Damit weiß der Pico zunächst nichts anzufangen, denn er hat noch keine Information, was er damit tun soll.

Für wiederkehrende Aktionen kennt ESPHome das „interval“; da die LED im Zwei-Sekunden-Takt aufblitzen soll, beträgt das Intervall entsprechend 2000 ms (Millisekunden). Damit die LED nur kurz aufblitzt, soll der LED-Ausgang für 100 ms eingeschaltet und dann wieder ausgeschaltet werden. Daraus ergibt sich folgende Konfiguration:

```
interval:
  - interval: 2000ms
    then:
      - output.turn_on: led
      - delay: 100ms
      - output.turn_off: led
```

Speichern Sie die vervollständigte Konfiguration, danach klicken Sie auf „Install“. Daraufhin erscheint ein Terminalfenster, das den Übersetzungsvorgang sowie den



Mit wenigen Lötunkten wird aus einem Raspi Pico W ein drahtloser Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssensor. Der Pico links oben hingegen wurde mittels Relais-Platine zur WLAN-Schaltsteckdose aufgerüstet.

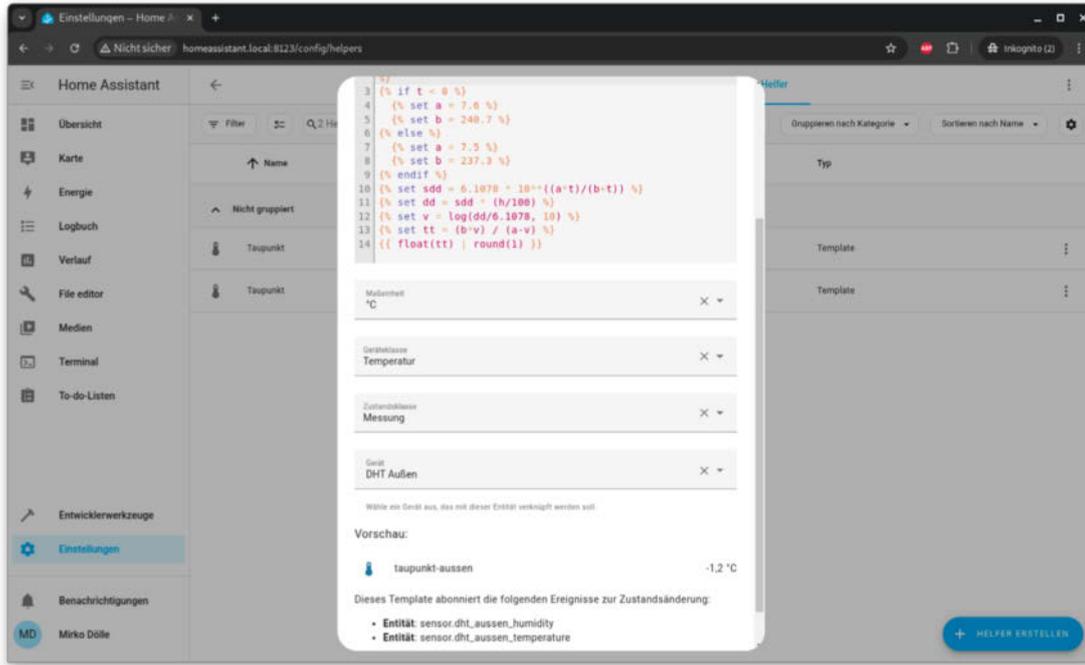
anschließenden Upload auf den Pico zeigt. Bei einem Tippfehler oder anderen Problemen sehen Sie die entsprechenden Fehlermeldungen im Terminal. Ist die Übertragung abgeschlossen, sehen Sie etwaige Statusmeldungen des Picos im Terminal, das Sie mit einem Klick auf „Stop“ jederzeit schließen können. Derweil blinkt die LED des Pico unaufhörlich.

Sobald der Pico online ist, wird er von Home Assistant erkannt und zur Einbindung angeboten. Warten Sie damit noch etwas, denn mit der bisherigen Konfiguration stellt der Pico noch keine „Dinge“ für Home Assistant bereit: Ein Ausgabegerät zählt für Home Assistant nicht. Der nächste Schritt ist deshalb, den Sensor für Temperatur und Luftfeuchtigkeit anzulöten. Dazu empfehlen wir entweder das Modell DHT22 oder AM2303, was letztlich ein DHT22 in einem Outdoor-Gehäuse ist. Der Sensor benötigt 3,3 bis 6 Volt und hat einen 1-Wire-Anschluss, über den er die Daten liefert. Schließen Sie Pin 1 (VCC, rot) an Pin 36 des Pico an, der letzte Pin des DHT22 gehört an Pin 38 oder 33 (GND, schwarz) und der zweite Pin des DHT22 (gelb) an Pin 34 (GPIO28) des Pico. Auf externe Pull-Up-Widerstände können Sie bei so kurzen Kabeln verzichten. Die Einbindung erfolgt über einen weiteren Abschnitt in der Konfigurationsdatei:

```
sensor:
  - platform: dht
    model: DHT22
    pin: 28
    temperature:
      name: temperature
    humidity:
      name: humidity
    update_interval: 30s
```

Mit pin ist nicht etwa der Anschlusspin 34 gemeint, sondern die interne GPIO-Nummer, 28 steht also für GPIO28 oder kurz GP28. Speichern und übertragen Sie die Konfiguration auf den Pico, schon empfängt er Temperatur und Luftfeuchtigkeit über GPIO28.

Nun können Sie den Pico in Home Assistant einbinden, eine entsprechende Benachrichtigung über ein neues Gerät finden Sie unten in der Navigationsleiste. Voraussetzung dafür ist lediglich, dass sich der Raspi mit Home Assistant im gleichen Netzwerk wie der Pico befindet. Klicken Sie auf den Link „Check it out“, und Sie landen in den Integrationen, wo Sie den neuen ESPHome-Knoten „DHT Außen“ vorfinden. Mit einem Klick auf „Hinzufügen“ startet die Einbindung, bei der Sie unter anderem den Geräteschlüssel aus der Konfigurationsdatei eingeben müssen. Die Zuordnung zu einem Raum oder Bereich ist nicht



Ein Jinja-Template in Home Assistant berechnet aus Temperatur und Luftfeuchtigkeit des physischen DHT22-Sensors den Taupunkt und stellt ihn als virtuellen Sensor-Messwert bereit.

nötig, das können Sie später noch erledigen.

Unmittelbar nach dem Einbinden taucht der Pico im Dashboard von Home Assistant mit seinem `friendly_name` „DHT Außen“ auf und liefert „Humidity“ und „Temperature“ – weil in der Konfiguration die englischen Begriffe als `name` für Temperatur und Luftfeuchtigkeit eingetragen sind. Das ist Absicht, denn der `name`-Eintrag wird auch herangezogen, um die „Entity-ID“ für Temperatur und Luftfeuchtigkeit zu bilden: „`sensor.dht_aussen_humidity`“ und „`sensor.dht_aussen_temperature`“. Sie finden diese Angaben, indem Sie unter „Einstellungen/Geräte & Dienste/ESPHome“ bei „DHT Außen“ auf „Entitäten“ klicken.

Die Entity-ID wird unter anderem für Automatisierungen oder in Templates (Helfer) benötigt und darf deshalb weder Umlaute noch Leer- oder Sonderzeichen enthalten. Verwenden Sie deutsche Begriffe als `name`-Angabe, so werden etwa Umlaute durch andere Zeichen ersetzt, was die Lesbarkeit erschwert. Indem Sie in der Liste der Entitäten etwa auf den Namen „DHT Außen humidity“ und dann auf das Zahnrad-Symbol klicken, können Sie einen deutschen Begriff für die Entität angeben, die dann auch im Dashboard angezeigt wird. Die Entity-ID ändert sich dadurch nicht.

Ausgerechnet

Der DHT22-Sensor liefert Temperatur und Luftfeuchtigkeit, jedoch keinen Tau-

punkt. Dieser wird aber benötigt, um abzuschätzen zu können, ob im Keller gelüftet werden soll oder nicht. Die Taupunkttemperatur lässt sich jedoch aus aktueller Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit berechnen. Solche Umrechnungen sind typische Aufgaben für sogenannte Helfer (Templates) in Home Assistant, von denen etliche zur Standardinstallation gehören. So auch ein Schimmelindikator, der jedoch nicht den benötigten Taupunkt liefert.

Um einen feuchten Keller trocken-zulegen, ist entscheidend, ob die Außenluft weniger Wasser enthält als die im Keller. Es gibt verschiedene Erweiterungen aus der Home-Assistant-Community, die den Wassergehalt der Luft oder die Taupunkttemperatur berechnen, doch diese lassen sich mit Bordmitteln nicht ohne Weiteres installieren. Deshalb haben wir uns entschieden, den Taupunkt kurzerhand in Home Assistant selbst zu berechnen.

Dazu verwenden wir die in [1] beschriebene Näherungsformel. Sie berechnet anhand der Temperatur (t) den Sättigungsdampfdruck (sdd) auf Basis der Magnusformel, dann unter Einbeziehung der relativen Luftfeuchtigkeit (h) den Dampfdruck (dd) und schließlich die Taupunkttemperatur (tt) in Grad Celsius. Zudem finden temperaturabhängig noch die Konstanten a und b Eingang in die Formel. Hier der Inhalt der Berechnungsfunktion aus [1], verfasst in C:

```
float a, b;
if (t >= 0) {
    a = 7.5;
    b = 237.3;
} else {
    a = 7.6;
    b = 240.7;
}
float sdd=6.1078*pow(10,(a*t)/(b+t));
float dd = sdd * (h/100);
float v = log10(dd/6.1078);
float tt = (b*v) / (a-v);
return { tt };
```

Home Assistant verwendet Jinja-Templates (siehe ct.de/yzqq), bei denen geschweifte Klammern (`{}`) eine entscheidende Rolle spielen. Die nachfolgenden Zeilen zeigen analog zur C-Funktion die Berechnung der Taupunkttemperatur in einem Jinja-Template:

```
{% set t = float(states('sensor.⌘
    ↳dht_aussen_temperature')) %}
{% set h = float(states('sensor.⌘
    ↳dht_aussen_humidity')) %}
{% if t < 0 %}
    {% set a = 7.6 %}
    {% set b = 240.7 %}
{% else %}
    {% set a = 7.5 %}
    {% set b = 237.3 %}
{% endif %}
{% set sdd=6.1078*10**((a*t)/(b+t)) %}
{% set dd = sdd * (h/100) %}
{% set v = log(dd/6.1078, 10) %}
```

```
{% set tt = (b*v) / (a-v) %}
{{ float(tt) | round(1) }}
```

Beim direkten Vergleich der C- und Jinja-Implementierung lassen sich die Unterschiede der Sprachen leicht herausarbeiten. In den ersten beiden Zeilen werden Temperatur und Luftfeuchtigkeit anhand der Entity-ID ausgelesen, die sich bei jedem ESPHome-Knoten ändert. Erklärungsbedürftig ist außerdem die Rückgabe von `tt` mittels `{{ ... }}` in der letzten Zeile des Jinja-Codes: Die explizite Typenumwandlung der Variablen mittels `float()` ist erforderlich, damit der Wert nicht als Zeichenkette fehlinterpretiert wird – ansonsten funktioniert das anschließende `(|)` Runden auf eine Dezimalstelle per `round(1)` nicht. Damit Sie das Jinja-Template nicht abtippen müssen, wenn Sie im nächsten Schritt einen neuen Helfer in Home Assistant anlegen, finden Sie es auf ct.de/yzqq zum Download.

Zur Eingabemaske für neue Helfer gelangen Sie über „Einstellungen/Geräte & Dienste/Helfer/Helfer erstellen“. Home Assistant bietet Ihnen dann verschiedene vorgefertigte Hilfsfunktionen an, wählen Sie aus der Liste „Template“ für ein neues, eigenes Jinja-Template. Anschließend möchte Home Assistant noch wissen, was dieses Template leisten soll – wählen Sie dort „Template für einen Sensor erstellen“. Nehmen Sie als Namen zunächst „taupunkt-aussen“, da dieser Name auch wieder als Vorlage für die ID des Templates dient. In das Feld „Zustandstemplate“ fügen Sie den Code des Jinja-Templates ein; die Maßeinheit ist „°C“, die Geräteklasse, anhand derer das Icon bestimmt wird, „Temperatur“, die Zustandsklasse „Messung“ und schließlich das Gerät „DHT Außen“.

Nun sollte unter „Vorschau“ ein kleines Thermometer mit der Bezeichnung „taupunkt-aussen“ auftauchen und dort eine plausible Taupunkttemperatur anzeigen. Steht dort als Wert „Unbekannt“, deutet das auf einen Fehler im Jinja-Code hin, wahrscheinlich bei der Auswahl der Entity-ID von Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Ist die Vorschau plausibel, klicken Sie auf „OK“ und erstellen so das neue Sensoren-Template, das die Taupunkttemperatur der Außenluft bereitstellt. Ein zweites Sensor-Template mit dem gleichen Code, bei dem Sie allerdings Temperatur und Luftfeuchtigkeit des Kellersensors als Eingabewerte verwenden, erledigt die Berechnung des Taupunkts der Luft im Keller.

Bevor Sie einen Rohrlüfter ansteuern, können Sie für einen Trockenlauf die LED des Kellerknotens als virtuellen Lüfterschalter benutzen. Wurde sie in der ESPHome-Konfiguration des Außenknotens als „output“ benutzt, um ein Lebenszeichen zu senden, dient sie beim Kellerknoten als „switch“, also als Schalter:

```
switch:
  - platform: gpio
    pin: 32
    name: fan
    restore_mode: ALWAYS_OFF
```

Damit erhalten Sie im Dashboard von Home Assistant bei „DHT Keller“ neben Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Taupunkt einen Schiebeschalter mit der Entity-ID „switch.dht_keller_fan“, über den Sie die LED (Pin 32) ein- und ausschalten können. Indem Sie die Pin-Nummer später ändern, können Sie über einen der anderen GPIO-Pins ein Relais ansteuern, das den Rohrlüfter schaltet. Zunächst signalisiert aber nur die LED, ob der Rohrlüfter laufen würde oder nicht – abhängig davon, wie hoch der Taupunkt außen und innen ist.

Damit es sich auch lohnt, den Rohrlüfter einzuschalten, sollte der Taupunktunterschied zwischen draußen und Keller mindestens 5 Grad betragen. Diese Bedingung muss regelmäßig überprüft und der Lüfter auch wieder abgeschaltet werden, wenn etwa im Sommer Temperatur und Luftfeuchtigkeit draußen höher sind als im Keller – sonst würde man sich die Feuchtigkeit ins Haus tragen. Es gibt noch

weitere sinnvolle Randbedingungen, so soll es im Winter im Keller nicht frieren, der Lüfter soll also auch dann ausgehen, wenn es im Keller kälter als 10 Grad wird. Auch wenn es draußen Stein und Bein friert, soll der Lüfter nicht laufen. Nutzen Sie den Taupunkt-Lüfter nicht im Keller, sondern im Wohnbereich, möchten Sie auch nicht auf weniger als 50 Prozent Luftfeuchtigkeit heruntertrocknen.

All dies formulieren Sie unter „Einstellungen/Automatisierungen & Szenen/Automatisierung erstellen“, indem Sie eine neue Automatisierung einrichten. Die Eingabemaske hat drei Abschnitte: „Sobald“, „Und wenn“ sowie „Dann“. Es hat sich bewährt, mit der Formulierung von „Dann“ zu beginnen: Der Lüfter soll nur eingeschaltet werden, wenn die Taupunktdifferenz und alle anderen Anforderungen erfüllt sind – ansonsten wird der Lüfter ausgeschaltet. Ein einfaches „Dann“ genügt nicht, Sie benötigen ein „Dann“, das den Lüfter einschaltet, und ein „Sonst“, das ihn ausschaltet. Klicken Sie deshalb unter „Dann“ auf „Baustein hinzufügen“ und wählen Sie aus der Liste der Bausteine „Wenn-dann“. Sie erhalten daraufhin im „Dann“-Abschnitt einen Baustein mit „Wenn“, „Dann“ und der Möglichkeit, ein „Sonst“ hinzuzufügen – was Sie tun.

Anschließend können Sie das „Sonst“ formulieren, indem Sie auf „Aktion hinzufügen“ klicken und aus der Liste der Möglichkeiten „Gerät“ wählen. Als Gerät geben Sie „DHT Keller“ an und als Aktion, den Lüfter auszuschalten – damit ist das „Sonst“ auch schon vollständig definiert. Arbeiten Sie sich weiter nach oben zu „Dann“ vor. Auch hier fügen Sie ein neues „Gerät“ als Aktion hinzu, wählen wiederum „DHT Keller“ aus und lassen den Lüfter einschalten.

Das „Wenn“ im „Dann“-Abschnitt korrekt zu definieren, verlangt einige Überlegungen. Der Knackpunkt: Wenn nicht alle Bedingungen zum Einschalten des Lüfters erfüllt sind – Taupunktdifferenz, Mindesttemperatur und -luftfeuchtigkeit im Keller und auch draußen nicht zu kalt –, muss der Lüfter explizit ausgeschaltet werden. Es genügt deshalb nicht, die Bedingungen im „Und wenn“-Abschnitt einzutragen, alle vier Bedingungen gehören in den „Wenn-dann“-Abschnitt mit dem „Sonst“.

Für die Überprüfung des Taupunkts fügen Sie als erste Bedingung ein „Template“ hinzu, das Sie unter „Andere Bedingungen“ finden. Den eigentlichen Tempe-



Die WLAN-Schaltsteckdose Shelly Plug S gibt es schon für gut 10 Euro, auch sie wird von Home Assistant unterstützt. Das erspart es Ihnen, mit potenziell lebensgefährlicher Netzspannung an einer Raspi-Schaltung herumbasteln zu müssen, und ist sogar billiger als ein Raspi Pico W mit Relaisplatine.

raturvergleich erledigt folgendes Jinja-Template:

```
{{ float(states('sensor.taupunkt_innen')) - float(states('sensor.taupunkt_aussen')) > 5 }}
```

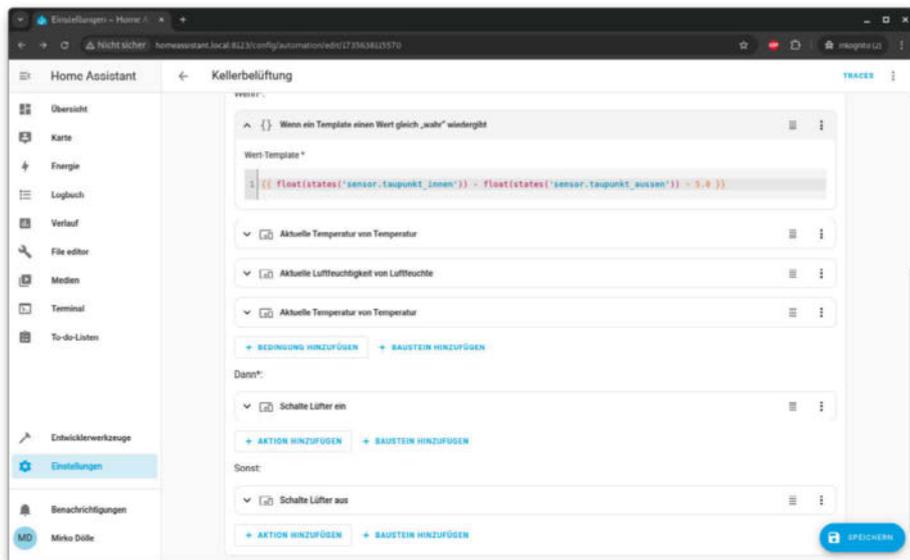
Bei den übrigen Bedingungen handelt es sich um einfache „Gerät“-Bedingungen, bei denen Sie lediglich Temperatur oder Luftfeuchtigkeit der ESPHome-Knoten „DHT Keller“ und „DHT Außen“ überprüfen. Damit ist der „Dann“-Abschnitt vollständig.

Der Abschnitt „Und wenn“ darüber kann leer bleiben – eine nicht erfüllte Bedingung an dieser Stelle würde verhindern, dass der Lüfter überhaupt angesteuert wird. Das ist allenfalls praktisch, um die Lüftungsautomatik abschalten und den Lüfter manuell steuern zu können.

Der „Sobald“-Abschnitt entscheidet darüber, wann Home Assistant die Automatisierung überhaupt ausführt – der Trigger. Naheliegender wäre, auf jede Änderung der Taupunkttemperatur innen und außen zu reagieren, um zu überprüfen, ob der Lüfter unter den neuen Bedingungen noch laufen soll. Hier steht Ihnen aber eine Eigenart der Home-Assistant-Logik im Weg: Zwar können Sie eine „Gerät“-Bedingung für den Taupunkt hinzufügen, müssen jedoch zwingend eine Mindest- oder Höchsttemperatur angeben. Home Assistant löst dann nur aus, wenn einer der Schwellwerte über- respektive unterschritten wird – nicht jedoch, wenn sich die Änderung innerhalb des angegebenen Bereichs bewegt. Auf den bloßen Umstand, dass sich der Wert geändert hat, können Sie so nicht reagieren.

Deshalb bleibt Ihnen nur, die Automatisierung in festen Zeitabständen auslösen zu lassen, etwa minütlich oder alle fünf Minuten. Dazu fügen Sie unter „Sobald“ den Auslöser „Zeitschema“ hinzu, den Sie in der Rubrik „Zeit und Ort“ finden. Um die Automatisierung alle fünf Minuten auszulösen, tragen Sie unter „Minuten“ als Wert „/5“ ein. Möchten Sie jede Minute auslösen, können Sie entweder „/1“ bei „Minuten“ eintragen oder „0“ unter „Sekunden“ – bei Letzterem löst Home Assistant zu jeder vollen Minute aus.

Die vollständige Automatisierung können Sie nun speichern, wobei sie unmittelbar aktiv wird. Anhand der LED erkennen Sie, ob der Lüfter laufen würde oder nicht. Sie können die LED über den Schalter im Dashboard auch manuell ein- oder aus-



Da der Lüfter auch ausgeschaltet werden muss, wenn die Voraussetzungen nicht erfüllt sind, benötigen Sie eine „Wenn-dann“-Bedingung mit zusätzlicher „Sonst“-Angabe. Als Auslöser bleibt nur eine Zeitsteuerung.

schalten – bis die Automatik eine Minute später wieder die Kontrolle an sich reißt.

Angeschaltet

Um den Rohrlüfter mit dem Raspi Pico ein- und auszuschalten, benötigen Sie ein netzspannungsfähiges Relais für den Raspi. Solche werden in großer Zahl angeboten. Wichtig ist eine Betriebsspannung von maximal 5 Volt, mehr kann der Pico nicht bereitstellen. Auch wenn die Ansteuerung mit einem 3,3-Volt-Signal erfolgt, sollte dies für alle üblichen 5-Volt-Relais ausreichen – so sieht es der TTL-Standard vor. An welchen GPIO-Pin des Raspi Sie die Steuerleitung des Relais anschließen, bleibt Ihnen selbst überlassen – potenzielle Kandidaten sind GPIO27 (Pin 32) und GPIO26 (Pin 31). Diese liegen in der Nähe der Anschlüsse für 5 Volt (Pin 40) und Masse (Pin 38 oder 33). Indem Sie in der ESPHome-Konfigurationsdatei die Pin-Nummer 32 für die LED in 27 oder 26 ändern, schaltet der Pico künftig das Relais.

Sie können das Lüfter-Relais auch mit einem eigenen, dritten Raspi Pico ansteuern – etwa wenn sich der Rohrlüfter an anderer Stelle befindet als dort, wo Sie Temperatur und Luftfeuchtigkeit messen wollen. Dann verlegen Sie einfach den „switch“-Block der ESPHome-Konfiguration von „DHT Keller“ in die Konfiguration des neuen Pico. So ersparen Sie sich lange Kabelwege.

Noch einfacher und auch günstiger ist es aber, auf eine fertige WLAN-Schalt-

steckdose wie den Shelly Plug S zurückzugreifen. Diesen gibt es bei Sonderangeboten bereits für knapp 10 Euro. Haben Sie den Shelly Plug mit Ihrem WLAN verbunden (und den internen Access Point des Plugs abgeschaltet), findet Home Assistant den Plug automatisch und bietet an, ihn hinzuzufügen. Alles, was Sie dann noch tun müssen, ist die Automatisierung anzupassen – indem Sie nicht mehr den Lüfter am Raspi Pico ansteuern, sondern den Schaltausgang des Shelly Plug. Das vermeidet auch das Risiko, mit lebensgefährlicher Netzspannung an einer Raspi-Schaltung herumbasteln zu müssen.

Fazit

Eine Taupunktlüftungsanlage ist ein probates Mittel, um Schimmel in Wohnung und Keller vorzubeugen. Dabei sparen Sie durch die Sensoren auf Basis des Raspberry Pi Pico W und günstigen WLAN-Steckdosen viel Geld gegenüber kommerziellen Anlagen. Die drahtlose Vernetzung erleichtert außerdem den Einbau, für den Sie andernfalls viele Kabel durch Wohnung oder Keller verlegen müssten.

(mid@ct.de)

Literatur

- [1] Ulrich Schmerold, Das Taupunkt-Lüftungssystem, Make Magazin 1/2022, S. 22 (kostenlos abrufbar in der Make-App)

YAML-Konfigurationen und Jinja-Templates: ct.de/yzqj



**WIR SIND NICHT NUR NERDS.
WIR SIND AUCH VOM FACH.**

Jetzt 5 × c't lesen

für 20,25 €
statt 27,25 €*

* im Vergleich zum Standard-Abo

**30%
Rabatt!**



c't MINIABO DIGITAL AUF EINEN BLICK:

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

Jetzt bestellen:
ct.de/nerdwissen





Bild: Andreas Martini

Raspoptikum

Raspi-NVR ohne Cloud, aber mit KI

Um Kameraaufnahmen des eigenen Grundstücks auszuwerten, braucht es keine teuren Softwareabos oder Herstellerclouds. Ein Raspberry Pi mit etwas Zubehör, Open Source Software und ein Nachmittag Zeit genügen, um einen Netzwerkvideorekorder mit Objekterkennung zu basteln.

Von Christopher Kunz

Wer sein Hab und Gut mit Kameras im Blick behalten möchte und sich nicht an eines der Herstellersysteme für Videoüberwachung wie „Unifi Protect“ von Ubiquiti binden möchte, benötigt einen autarken Netzwerkvideorekorder, öfter Network Video Recorder (NVR) genannt. Schön wäre es, wenn der nicht nur aufzeichnet, sondern auch Objekte erkennt. NAS-Hersteller wie Synology und QNAP, aber auch Anbieter wie Genius Vision, bieten solche Produkte an. Die sind aber kostenpflichtig und gehen bei mehreren Kameras schnell ins Geld.

Ehemals vielversprechende kostenlose Alternativen wie MotionEyeOS schei-

nen nicht mehr weiterentwickelt zu werden. Anders die Open Source Software Frigate des Entwicklers Blake Blackshear, um die sich inzwischen auch eine aktive Community gebildet hat. Frigate fügt sich nahtlos in den populären Home Assistant ein (eine Einführung finden Sie ab S. 60), leistet aber auch unabhängig davon gute Dienste. Wenn man Frigate auf einem Raspberry Pi installiert und der Software KI-Rechenwerke in Form einer TPU (Tensor Processing Unit) zur Seite stellt, wird der Raspi zum vollwertigen NVR mit Objekterkennung, der ganz ohne Cloud auskommt.

Frigate: Open-Source-NVR

Frigate läuft als Docker-Container auf dem Raspi und nutzt zur Objekterkennung die Frameworks OpenCV und TensorFlow. Hardwarebeschleunigt durch TPU geht das rasend schnell. Die Software bereitet das Bild mehrerer IP-Überwachungskameras in einer Weboberfläche übersichtlich auf und steuert Aufnahmen und Vorhaltezeit. Bevorzugt verarbeitet sie

RTSP-Videostreams (Real-Time Streaming Protocol), wie sie zum Beispiel ältere Kameras des Herstellers Ubiquity liefern. Auch einige Kameras von TP-Link und Ring sprechen RTSP, die haben wir aber nicht mit Frigate getestet. Gibt eine Kamera lediglich einen MJPEG-Stream oder Einzelbilder aus, kann Frigate sie mit den passenden Parametern für FFmpeg umkodieren. Aber Achtung: Datenströme auseinanderzunehmen und wieder zusammenzusetzen, kostet wertvolle CPU-Zyklen, über die ein Raspberry Pi nicht unendlich verfügt. Frigate steht unter der freizügigen MIT-Lizenz.

Für unseren Testaufbau haben wir die RTSP-Kameras Ubiquiti G3, Ubiquiti G4 Bullet, Annke C800 und eine Webcam auf Basis eines Raspberry Pi Zero W mit Raspberry-Pi-Kamera ausprobiert. Letztere liefert nur einen MJPEG-Stream. Alle IP-Kameras und der Raspi sollten mit demselben (drahtlosen) Netzwerk verbunden sein.

Was steckt drin?

Der NVR-Server besteht im Kern aus einem Raspberry Pi 5 mit 4 GByte RAM und einem Erweiterungsboard, auf dem das KI-Beschleunigerkärtchen mit TPU (Tensor Processing Unit) im M.2-Format steckt. Der TPU-Chip ist mit der PCIe-Schnittstelle des Raspi 5 verbunden. Der Hersteller Pineboards verkauft das Erweiterungsboard mit dem TPU-Chip als Bundle namens „Hat AI!“ (HAT, Hardware Attached on Top), obwohl das Board unter den Raspi 5 montiert wird.

Grundsätzlich funktioniert das auch mit einem Raspberry Pi 4, mangels PCIe ist es dann aber Essig mit dem M.2-Beschleunigerkärtchen und man muss mit einer TPU vorliebnehmen, die per USB angebunden ist. Der Coral USB Accelerator von Google schlägt derzeit mit satten 75 Euro zu Buche. Wir haben uns deswegen für den Raspi 5 entschieden, der im fertigen Aufbau auch kompakter und robuster wirkt, weil kein USB-TPU daran baumelt.

Das offizielle Netzteil und der aktive Kühler für den Raspi 5 sowie eine wertige MicroSD-Karte mit 64 GByte fanden zusätzlich den Weg in unseren Einkaufskorb. Wer auf absolute Ruhe bedacht ist, kann den aktiven Kühler auch durch einen passiven Kühlkörper ersetzen, ungekühlt sollte der Raspi jedoch nicht bleiben. Der Prozessor steht bei der Verarbeitung von Aufnahmen ständig unter Last.

ct kompakt

- Die Software „Frigate“ stellt die Videostreams mehrerer IP-Kameras übersichtlich dar.
- Objekte und Personen erkennt die Software zuverlässig und speichert Clips.
- Alle Aufnahmen bleiben auf dem Gerät. Frigate kommt ohne Cloud aus.

Installation von Hardware und Betriebssystem

Als ersten Schritt bringen Sie Raspberry Pi OS Lite in der 64-Bit-Version auf die MicroSD-Karte und konfigurieren den Netzwerk- und SSH-Zugriff. Das erledigen Sie am einfachsten in den Einstellungen des Raspberry Pi Imagers (siehe ct.de/ywjs). Den Benutzer haben wir aus sentimentalen Gründen „pi“ getauft. Sie können natürlich auch einen anderen Namen wählen.

Zur Inbetriebnahme des Rechners stecken Sie lediglich die MicroSD-Karte in den Slot und verbinden den Raspi mit dem Netzteil. Da Sie sich in den folgenden Schritten den Kartenleser des Geräts verbauen, sodass Sie die Karte nicht mehr mal eben stecken und entfernen können, sollten die Netzwerkverbindung und der Fernzugriff funktionieren. Prüfen Sie, ob der Raspberry Pi sich mit dem konfigurierten WLAN verbindet und Sie sich mittels SSH einloggen können. Wenn beides funktioniert, fahren Sie ihn wieder herunter.

Stecken Sie dann das flache kupferfarbene Kabel aus dem „Hat AI!“-Bundle in den entsprechenden Slot auf dem Erweiterungsboard. Das richtige Kabelende erkennen Sie am Aufdruck „Hat“. Ziehen Sie dazu den stehenden Riegel nach oben. Die auf Kabel und Platine gedruckten weißen Dreiecke müssen auf derselben Seite sein. Schieben Sie das Kabel bis zum Anschlag in den Stecker und arretieren Sie vorsichtig den Riegel, damit es fest klemmt. Das Kabel darf nicht schief sitzen.

Nun nehmen Sie das KI-Kärtchen und den eingekerbten Abstandshalter aus Messing aus dem Tütchen und schieben die Karte in den M.2-Slot. Den Abstandshalter platzieren Sie in der vorgesehenen Einkerbung und schrauben ihn von unten fest. Alle mitgelieferten Schrauben im Bundle

sind identisch, deswegen müssen Sie sich nicht um ein falsches Gewinde sorgen. Befestigen Sie mit vier weiteren Schrauben die Abstandshalter auf dem Erweiterungsboard.

Mit den vier übrigen Schrauben befestigen Sie nun das Erweiterungsboard unter dem Raspi. Dessen PCIe-Schnittstelle sitzt an der kurzen Seite gegenüberliegend der USB-Ports. Der Riegel ist anders als der Riegel des Erweiterungsboards in einer liegenden Position, sodass Sie ihn vorsichtig in Richtung Kante der Platine ziehen müssen. Schieben Sie das Flachkabel vorsichtig in den Slot und arretieren Sie es mit dem Riegel. Es darf weder verdreht noch schief sitzen. Bei Problemen können Sie unseren Artikel zum Einbau von PCIe-Adapterkarten beim Raspberry Pi 5 [1] zurate ziehen.

Um den aktiven Kühler zu montieren, lösen Sie die Schutzfolien von den Klebepads am Kühlkörper, richten den Lüfter aus und lassen die Federnasen in die letzten beiden Löcher auf dem Raspi einrasten. Das kleine Kabel passt in den einzigen vierpoligen Pfostenstecker auf dem Board.

Frigate vorbereiten

Wenden Sie sich nach der Hardware jetzt der Software zu. Außer verschiedenen Kniffen für mehr Leistung braucht Raspberry Pi OS auch Treiber für das KI-Kärtchen. Schalten Sie den Raspi an, loggen Sie sich mittels SSH ein und bringen Sie

Projektinfo

-  Raspberry Pi als NVR-Server mit KI-Objekterkennung
-  Linux- und Netzwerkgrundkenntnisse
-  2 bis 4 Stunden
-  ca. 140–150 Euro
-  Raspberry Pi 5 mit 4 GB RAM
offizielles Raspberry-Pi-5-Netzteil
Raspberry Pi 5 Active Cooler
Pineboards Hat AI! Bundle inkl. M.2 Coral Edge TPU
MicroSD-Karte mit 64 GByte Speicherplatz
(optional) Pineboards Universalgehäuse, transparent

alle Pakete mit `sudo apt update && sudo apt upgrade` auf den neuesten Stand. Editieren Sie jetzt die Konfigurationsdatei `/boot/firmware/config.txt` mit einem Texteditor wie `nano` oder `vim`. Ergänzen Sie den folgenden Block, um der Raspi-GPU mehr RAM zu gewähren und den Kernel und das Erweiterungsboard miteinander bekannt zu machen:

```
gpu_mem=512
dtparam=pciex1
kernel=kernel18.img
dtoverlay=pineboards-hat-ai
```

Einen Neustart später wird das Erweiterungsboard erkannt, der Raspi kann mangels Treiber aber nicht viel mit dem KI-Beschleuniger anfangen. Um das zu beheben, fügen Sie zunächst das Repository von Google für die Coral Edge TPU hinzu:

```
echo "deb https://packages.cloud.google.com/apt coral-edgetpu-stable main" | sudo tee /etc/apt/sources.list.d/coral-edgetpu.list
```

```
sudo curl https://packages.cloud.google.com/apt/doc/apt-key.gpg -o /etc/apt/trusted.gpg.d/coral.asc
```

```
sudo apt update
```

Installieren Sie anschließend die notwendigen Bibliotheken und Werkzeuge zum Bau der Kernelmodule:

```
sudo apt update && sudo apt install \
cmake libedgetpu1-std devscripts \
debhelper dkms dh-dkms
```

Laden Sie die Quellen der sogenannten „Gasket“-Treiber (Gasket steht für Google ASIC Software, Kernel Extensions & Tools) von GitHub herunter. Bauen Sie daraus ein Debian-Paket und installieren Sie es:

```
git clone https://github.com/google/gasket-driver.git
cd gasket-driver/
sudo debuild -us -uc -tc -b
cd ..
sudo dpkg -i gasket-dkms_1.0-18_all.deb
```

Zum Schluss erstellen Sie noch eine `udev`-Regel und ergänzen Systembenutzer und -Gruppe für die TPU, die Google „apex“ nennt.

```
sudo sh -c "echo 'SUBSYSTEM==\"apex\", MODE=\"0660\", GROUP=\"apex\"' >> /etc/udev/rules.d/65-apex.rules"
```

```
sudo groupadd apex
```

```
sudo adduser apex
```

Das Kernelmodul sollte jetzt installiert und aktiv sein. Ob das geklappt hat, prüfen Sie mit dem Befehl `sudo -l` `spci -v`. In der Ausgabe sollte das Gerät „Global Unichip Corp. Coral Edge TPU“ und „Kernel driver in use: apex“ auftauchen. Fehlt die Coral Edge TPU, hilft womöglich ein Reboot. Prüfen Sie außerdem, ob das Kernelmodul korrekt kompiliert und installiert wurde. Taucht es in der Ausgabe von `lsmod | grep apex` nicht auf, ist beim Bau der Module etwas schiefgegangen.

Andocken

Frigate steckt in einem Docker-Container, die Container-Engine muss also auch noch auf den Raspi. Die nötigen Installationsbefehle kopieren Sie aus der Docker-Dokumentation, die wir unter `ct.de/ywjs` verlinkt haben. Für einen Testaufbau können

Sie Docker auch mit dem sogenannten Convenience Script installieren:

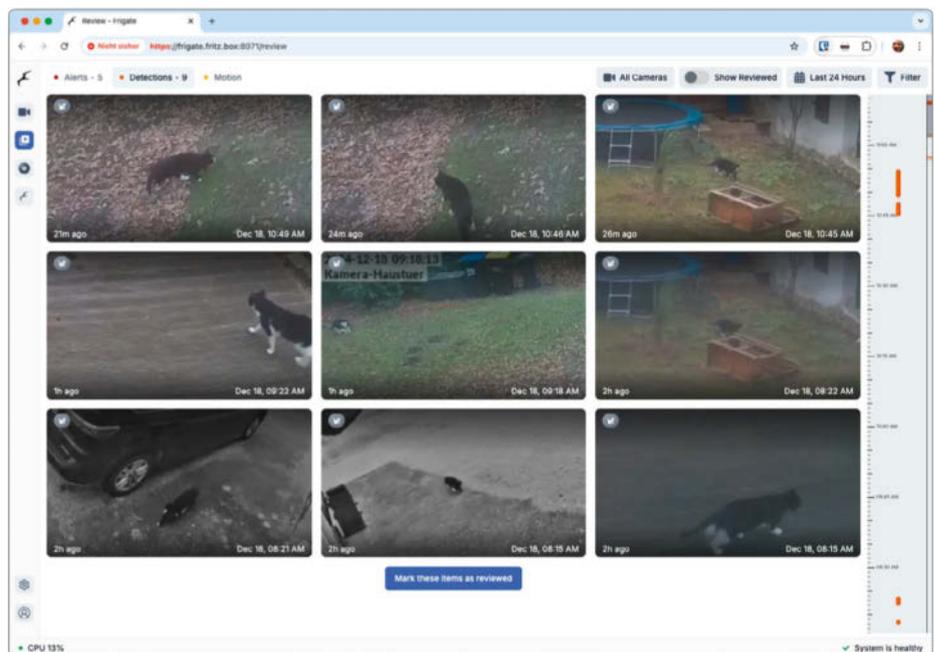
```
curl -fsSL https://get.docker.com -o get-docker.sh
```

```
sudo sh get-docker.sh
```

Erstellen Sie in einem passenden Verzeichnis, etwa dem Homeverzeichnis des Benutzers „pi“, die notwendige Verzeichnisstruktur für Frigate:

```
cd /home/pi
mkdir -p frigate/docker
mkdir frigate/config
mkdir frigate/storage
```

Im Unterverzeichnis `frigate/docker` erstellen Sie nun die Datei `docker-compose.yml` für Docker Compose, die Sie aus dem verlinkten GitHub-Repository herunterladen (`ct.de/ywjs`). Lautet das Arbeitsverzeichnis nicht `/home/pi`, dann ändern Sie die entsprechenden Zeilen mit einem Texteditor. Der Wert hinter der Variable `shm_size` ist von der Anzahl und Auflösung Ihrer Kameras abhängig. Der Entwickler von Frigate gibt einen Richtwert von Bildbreite in Pixel mal Bildhöhe in Pixel mal 13,5 plus 270.480 Byte Speicherbedarf pro Kamera an. Zusätzlich genehmigt sich Frigate 30 MByte des Hauptspeichers, um Anwendungsprotokolle vorzuhalten. Sie



Was treiben eigentlich die Katzen? Frigate auf dem Raspi-NVR zeigt alle Katzensichtungen der letzten Stunden an. Am rechten Bildschirmrand befindet sich ein interaktiver Zeitstrahl.



KANBAN DAYS

Den Wertstrom teamübergreifend optimieren

26./27. Februar 2025 • Mannheim

Mit Kanban Engpässe identifizieren
und den Workflow verbessern

Erfahrene Experten und innovative Vordenkerinnen bieten praxisnahe Einblicke, wie sie mit Kanban eine nahtlose und effiziente Wertschöpfungskette gestalten.

Die Konferenz richtet sich an Führungskräfte und Verantwortliche für Services, Produkte und Projekte sowie Kanban und Agile Coaches und Scrum Master, die sich für das Thema interessieren oder es vertiefen wollen.

Jetzt
Frühbuche-
ticket
sichern!

Kooperationspartner



kanban-days.de

PRODUCT OWNER DAYS

So geht agiles Produktmanagement besser

2./3. April 2025 • Köln

Produkte sollen Endkundinnen und -kunden begeistern. Product Owner und Produktmanagerinnen wählen in der agilen Welt durch kontinuierliches Inspizieren und Adaptieren die geeigneten Produkteigenschaften aus.

Bei den Product Owner Days wird es um folgende Themenbereiche gehen:

- ✓ User Research
- ✓ Product Discovery, Product Economics
- ✓ Business Modelling
- ✓ Planung und Controlling größerer Entwicklungsvorhaben
- ✓ Product Roadmaps
- ✓ Produktvisionen, Produktstrategie

Jetzt
Frühbuche-
ticket
sichern!

Workshops am 1. und 4. April 2025

Kooperationspartner



product-owner-day.de

können den Speicherbedarf mit den folgenden Zeilen Python-Code schnell ausrechnen. Die Platzhalter in Spitzklammern ersetzen Sie durch Ihre Werte:

```
python3 -c 'print("{:.2f}MB".format(
(((<Breite> * <Höhe> * 13.5
+ 270480) / 1048576) *
<Kameras> + 30))'
```

Verfügt Frigate über zu wenig Shared Memory, quittiert der Container das mit Fehlermeldungen, die `Bus error` enthalten. Spätestens dann sollten Sie den Taschenrechner zücken.

Speichern Sie die Docker-Compose-Datei, starten Sie den Container aber noch nicht. Damit Frigate erfolgreich hochfährt, ist eine Konfigurationsdatei nötig, die Sie ebenfalls im GitHub-Repository zu diesem Artikel finden. Eine Beispielkamera ist in dieser Konfigurationsdatei bereits aktiviert; die RTSP-URL `rtsp://192.168.1.123/stream1` ersetzen Sie durch die Adresse Ihrer Kamera. Falls Sie den Raspi nach der Installation der Treiber nicht neu gestartet haben, dann tun Sie es jetzt.

Frigate konfigurieren

Jetzt steht der erste Start des Containers an:

```
cd ~/frigate/docker
sudo docker compose up
```

Behalten Sie beim ersten Start die Logs im Auge, denn hier taucht das initiale Administratorpasswort für Frigate auf. Mit dem Benutzernamen „admin“ und dem Passwort klappt die Anmeldung auf `https://ip-adresse-des-raspi:8971` im Browser, nachdem Sie eine Ausnahme für das selbst signierte Zertifikat hinzugefügt haben.

Notieren Sie die Zugangsdaten in Ihrem Passwortmanager, beenden Sie den Container mit `Strg+C` und fahren Sie ihn mit dem Befehl `sudo docker compose up -d` im Hintergrund erneut hoch.

Die Weboberfläche von Frigate begrüßt Sie im aufgeräumten Look. Am linken Bildschirmrand befindet sich eine Schaltfläche für die Übersicht aller Kamerastreams, je eine Schaltfläche für Bewegungsereignisse und die Einstellungen. Doch in diesem Zustand kann man lange vor der Kamera herumhampeln, es werden keine Ereignisse aufgezeichnet. Das liegt daran, dass die frisch installierte Frigate-Instanz zwar die Videostreams der eingebundenen Kameras anzeigt, diese aber noch nicht analysiert und somit auch keine Clips von Interesse speichert.

Das können Sie Frigate aber fix und ohne Kommandozeile beibringen. Über den Menüpunkt „Configuration Editor“ in den Einstellungen rufen Sie ebendiesen auf und ergänzen den folgenden Block:

```
record:
  enabled: True
  retain:
    days: 0
  mode: all
  events:
    retain:
      default: 30
      mode: motion
```

Damit weisen Sie Frigate an, alle erkannten Bewegungen aufzunehmen, als Clips zu speichern und dreißig Tage lang vorzuhalten. Ereignislose Aufnahmen werden nicht gespeichert. Nach jeder Konfigurationsänderung müssen Sie Frigate über „Save & Restart“ in der oberen rechten Ecke des Fensters neu starten. Nach we-

nigen Minuten ist die Weboberfläche wieder erreichbar.

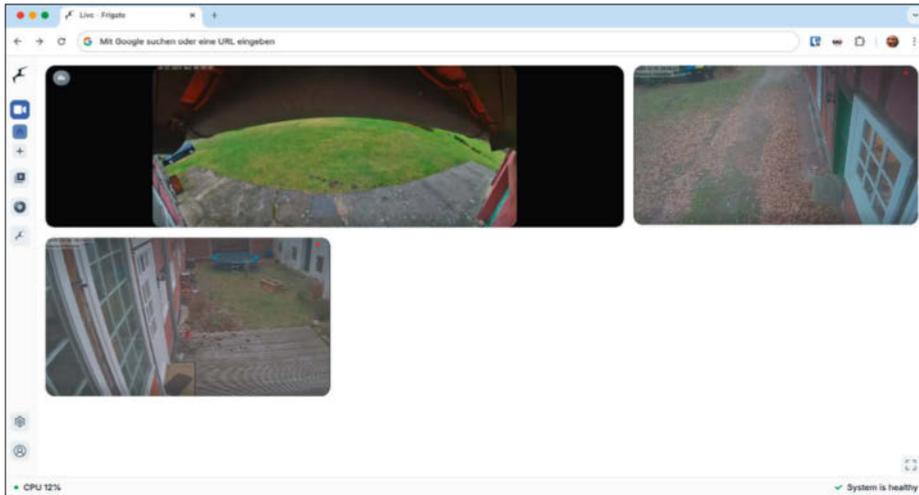
Wenn Sie sich nun vor der Kamera bewegen, taucht nach wenigen Sekunden beim Klick auf die Schaltfläche „Play“ in der linken Menüleiste ein Alarm (Alert) auf. Eine Bewegung wurde erkannt und die entsprechende Aufnahme gespeichert. Am rechten Rand des Fensters finden Sie zudem einen Zeitstrahl, der übersichtlich alle Ereignisse der vergangenen Stunden anzeigt. Außer Personen erkennt Frigate auch Autos, Fahrräder, Hunde, Katzen und weitere bewegliche Objekte; löst ihr vierbeiniger Mitbewohner zu viele Alarme aus, kann man dessen Umtriebe auch mittels Objekt-Labels in der Konfigurationsdatei (siehe `ct.de/ywjs`) von der Aufnahme ausschließen.

Beim Anbinden weiterer Kameras ist ein wenig Vorsicht geboten. Zwar ist die Konfiguration simpel, Sie kopieren einfach den Block, der in unserem Beispiel im GitHub-Repository mit `wohnzimmer` beginnt, müssen YAML-typisch aber die korrekte Einrückung beachten und die RTSP-URL anpassen:

```
mqtt:
  enabled: false
detectors:
  coral:
    type: edgetpu
    device: pci
cameras:
  wohnzimmer:
    enabled: True
    ffmpeg:
      inputs:
        - path:
            rtsp://192.168.1.123/stream1
      roles:
        - detect
        - record
```

Frigate verarbeitet bevorzugt RTSP-Video-streams von Netzwerkkameras. Mit etwas FFmpeg-Zauberei verdaut es aber auch MJPEG-Streams, wie sie beispielsweise die Raspberry Pi Kamera auf einem Raspberry Pi Zero W liefert.





Video Interface) kompatibel sind. Aufzeichnungen lassen sich prinzipiell auch anhand von Audiosignalen starten, Sie können sich per Telegram-Bot Alerts zu neuen Ereignissen um Haus und Hof aufs Smartphone schicken lassen und auch eine Gesichtserkennung lässt sich als Plugin nachrüsten.

Blake Blackshear, der Entwickler von Frigate, bietet zudem einen Zusatzdienst namens „Frigate+“ an. Für einen Obolus von 50 US-Dollar im Jahr erhalten Kunden bis zu zwölf maßgeschneiderte KI-Modelle, die man anhand eigener Bilddaten trainieren kann. Dazu müssen Sie jedoch zuvor reichlich Bilder in die Cloud von Frigate hochladen und die Objekterkennung manuell anlernen. (ndi@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Lutz Labs und Christof Windeck, Raspadapter, SSD- und PCIe-Adapter für den Raspberry Pi 5: Test und Technik, c't 19/2024, S. 82

GitHub-Repository zum Projekt: ct.de/ywjs

Auf der Übersichtsseite der Weboberfläche liefert Frigate Livebilder aller angeschlossenen Kameras.

Frigate verwendet viel Prozessorleistung auf die Dekodierung der Videostreams, um sie an den TPU-Chip zur Objekterkennung weiterzugeben. Dem genügt eine geringere Auflösung, um zuverlässig Resultate zu liefern. Sofern Ihre Kamera also mehrere RTSP-Streams verschiedener Qualitätsstufen anbietet, nutzen Sie die niedrigste zur Erkennung und die höchste zur Aufzeichnung von Ereignissen. Das spart CPU-Leistung. Die Bildqualität der gespeicherten Aufnahmen ist jedoch wichtig, um beispielsweise im Ernstfall Einbrecher erkennen zu können.

Mit der entsprechenden Konfiguration kommt Frigate auf einem Raspberry Pi 5 mit mehreren HD-Kameras gut klar. In unseren Tests verarbeitete die Software die Streams zweier Ubiquiti G3, einer Ubiquiti G4 Bullet und einer Annke C800 mehrere Wochen lang ohne Murren und zeichnete Ereignisse zuverlässig auf. Wenn der Platz auf der MicroSD-Karte knapp wird, können Sie Ihrem NVR auch eine Netzwerkfreigabe als Datenspeicher unterschieben, indem Sie die Docker-Compose-Datei in diesem Sinn anpassen.

Ausblick

Mit verhältnismäßig wenig Geld und einem Nachmittag Raspi-Bastelei erhält man einen autarken NVR, der simpel zu bedienen ist und viele Funktionen enthält. Frigate ist kostenlos, erweiterbar und verträgt sich prima mit Home Assistant, das Ereignisse in Frigate als Auslöser für Smart-Home-Aktionen, beispielsweise Licht anschalten, nutzen kann. Im Zusammenspiel mit der Coral Edge TPU bietet Frigate eine robuste Objekterkennung.

Läuft der NVR stabil, stehen Ihnen weitere Möglichkeiten offen. So unterstützt Frigate die automatische Verfolgung von Objekten mittels motorisierter PTZ-Kameras (Pan, Tilt, Zoom), sofern diese zum ONVIF-Standard (Open Network

Die Konfiguration Ihres Frigate-Setups können Sie auch im integrierten Editor der Weboberfläche anpassen.





Luxus für den Lenker

High-End-Fahrradcomputer: Garmin Edge 1050 vs. Wahoo Elemnt Ace

Die neuen Radcomputer von Garmin und Wahoo zeigen auf ihren riesigen Displays große Kartenausschnitte, navigieren mit Sprachansagen und warnen Fußgänger mit virtuellen Klingeln. Die Bedienkonzepte unterscheiden sich allerdings deutlich.

Von Christian Wölbart

Garmin und Wahoo rufen für ihre neuen Fahrrad-Navis sportliche Preise auf: Der Wahoo Elemnt Ace kostet 600 Euro, der Garmin Edge 1050 rund 700 Euro. Viel Geld, wenn man bedenkt, dass Modelle wie der Elemnt Bolt oder der

Edge 540 bei weniger als 300 Euro liegen und ebenfalls einwandfrei navigieren, Strecken aufzeichnen, Sensoren anbinden und Fahrdaten anzeigen.

Warum also so viel Geld ausgeben? Das Hauptargument sind die großen Touchdisplays, die mit Diagonalen von 3,5 (Edge 1050) beziehungsweise 3,8 Zoll (Ace) eher an die allerersten Smartphones erinnern als an gewöhnliche Fahrradcomputer mit ihren Mäusekinos. Der Ace zeigt rund 350.000 Pixel, der Edge 1050 rund 380.000, während Bolt und Edge 540 nur auf etwa 80.000 Pixel kommen.

In der Praxis heißt das vor allem, dass man auf der Karte viel mehr sieht. Außerdem lässt sich, wenn man spontan umplant, die Karte bequemer verschieben, die Gegend erforschen und ein neues Ziel anpeilen. Allerdings planen viele Nutzer ihre Routen auch unterwegs lieber mit Smartphone-Apps wie Komoot und schie-

ben diese dann via Bluetooth auf den Radcomputer.

Der Ace und der Edge 1050 blenden auch die Fahr- und Leistungsdaten schön groß ein, während man (zumindest ab einem gewissen Alter) bei Bolt & Co. ein bisschen genauer hinschauen oder mehr blättern muss. Beide Displays regulieren die Hintergrundbeleuchtung auf Wunsch automatisch.

Klingeling!

Die Kehrseite der Riesendisplays: Ace und Edge 1050 sind so groß, dass sie nur schlecht oder gar nicht in gängige Lenkerhalterungen von Fahrrad- oder Zubehörherstellern passen. Man muss in der Regel die von Wahoo und Garmin mitgelieferten Halterungen verwenden. Außerdem ist vor allem der Ace mit 210 Gramm so schwer, dass er für Leichtbaufanatiker ausscheidet. Der Edge ist mit 160 Gramm auch kein Leichtgewicht.

Eine weitere Besonderheit beider Modelle sind die virtuellen Klingeln. Diese tönen laut genug, um Fußgänger zu warnen, sie erspart aber nicht die nach Straßenverkehrszulassungsverordnung vorgeschriebene physische „hell tönende Glocke“. Auf dem Ace klingelt man schneller, weil man nur unten aufs Display tippen muss. Auf dem Edge muss man eine Schaltfläche im Schnellzugriffsmenü-Overlay treffen. Außerdem navigieren beide Modelle auf Wunsch mit Sprachansagen – der Edge auch auf Deutsch, der Ace zurzeit nur auf Englisch.

Tasten vs. Gesten

Die Bedienkonzepte unterscheiden sich deutlich. Der Ace besitzt wie die anderen Elemnts drei Tasten unterhalb des Displays, mit denen man je nach Kontext blättert, ein Menü aufruft oder etwas bestätigt. Hinzu kommen zwei Tasten an der Seite zum Zoomen oder für hoch/runter. Auf dem Touchscreen herumwischen muss man selten. Das Tastenkonzept hat mehrere Vorteile: Man sieht, wo man drücken muss, und obendrein sind die Tasten schön groß und griffig, sodass man spürt, ob man fest genug gedrückt hat.

Der Edge 1050 ist für Einsteiger schwerer zu durchschauen, weil er stärker auf Wischgesten setzt. Dass man zum Blättern nach links oder rechts wischt, ist zwar logisch. Aber vieles andere muss man lernen: Einmal irgendwo tippen öffnet das erwähnte Menü-Overlay, nach unten streichen führt zu Widgets etwa für Schnellein-



Garmin Edge 1050

Garmins High-End-Modell hat anders als die meisten Radcomputer kein transflektives TFT-Display, sondern ein LCD, wie man es vom Smartphone kennt. Die Anzeige wirkt deshalb schärfer und die Farben sehen satter aus. Die Oberfläche spiegelt wie beim Handy, was uns wegen der starken Hintergrundbeleuchtung aber kaum störte. Garmin legt nicht nur eine Lenkerhalterung mit Ausleger bei, sondern auch eine zweite Halterung und Gummiringe, sodass man den Edge zum Beispiel auf den Vorbau des Lenkers klemmen kann.

Die Zahl der Funktionen ist gefühlt unendlich: Sprachansagen, virtuelle Klingel, Warnmeldungen zum Beispiel vor verkehrsreichen Straßen, Unfallerkennung über Sensoren, Notfall-SMS und Livetracking-Daten für Dritte sind nur einige Beispiele. Auch die zugehörige Smartphone-App Garmin Connect bietet extrem viele Features, von Trainingsplänen bis zur Streckenplanung. Die vielen Funktionen und die zumindest für Einsteiger verwirrende Gestensteuerung bedeuten aber auch, dass man sich in den Edge einarbeiten muss. Wer bereits im Garmin-Kosmos unterwegs ist, findet sich schneller zurecht.

- ↑ extrem viele Funktionen
 - ↑ helles, scharfes Display
 - ↓ gewöhnungsbedürftige Bedienung
- Preis: 700 Euro

stellungen und nach oben streichen zu Übersichten mit diversen Daten. Für Start/Stop und für Runden gibt es eher versteckt an den Ecken relativ kleine physische Tasten. Beide Displays lassen sich auch mit Handschuhen bedienen. Bei Regen ist der Ace mit seinen physischen Tasten im Vorteil, da beide Touchscreens sich dann schlechter bedienen lassen.



Wahoo Elemnt Ace

Wahoo hat die Software des Ace sowie die zugehörige Smartphone-App neu entwickelt. Man koppelt den Ace nicht mit der bekannten Elemnt-App, sondern mit der neuen Wahoo-App. Einsteiger kommen mit den griffigen Tasten am Ace und mit den übersichtlichen Menüs von Ace und App schnell klar. Das riesige, matte TFT-Display reflektiert einfallendes Licht und lässt sich in jeder Situation gut ablesen.

Als Alleinstellungsmerkmal hat der Ace an der Front einen Luftdrucksensor, mit dessen Hilfe er die Windgeschwindigkeit berechnet. Ein farbig unterlegtes Datenfeld zeigt an, wie stark der Wind bremst oder schiebt, was zum Beispiel beim Windschattenfahren helfen soll. Nach der Fahrt gibt es eine Windstatistik. Das mag für manche Rennradfahrer interessant sein, für andere Radler wohl eher weniger.

Wahoo will kontinuierlich weitere Funktionen durch Softwareupdates nachliefern. Bei bewölktem Himmel benötigte unser Testexemplar in der ersten Woche eine bis drei Minuten bis zum ersten GPS-Fix, danach ging es schneller, aber nicht so schnell wie bei Garmin.

- ↑ eingängiges Bedienkonzept
 - ↑ riesiges Display
 - ↓ schwer
- Preis: 600 Euro

Auch das Design der Datenseiten unterscheidet sich. Der Ace blendet die wichtigen Zahlen groß ein, deren Nachkommawerte aber klein. Der Edge wirkt mit vielen gleich großen, zappelnden Zahlen unruhiger. In der Voreinstellung warnt er zudem mit knallroten Einblendungen zum Beispiel vor verkehrsreichen Straßen. Sicherer ist man aus unserer Sicht unter-

wegs, wenn man das abschaltet und mehr auf die Fahrbahn guckt. Auf beiden Geräten kann man alle Bildschirmseiten personalisieren, die während der Fahrt Daten, Karte et cetera anzeigen.

Die Akkulaufzeit gibt Garmin bei mehreren gekoppelten Sensoren und durchgehend aktivem Display mit bis zu 20 Stunden an. Im Energiesparmodus mit Displayabschaltung nach 15 Sekunden und weniger Sensoren sollen es bis zu 60 Stunden sein. Wahoo spricht von bis zu 30 Stunden, ohne das näher zu erläutern. In unserem Test waren beide Akkus nach einstündigen Touren im Normalmodus ohne externe Sensoren jeweils noch zu rund 90 Prozent gefüllt.

Fazit

Sollte man über 600 Euro für einen Fahrradcomputer ausgeben? Handfeste Gründe dafür gibt es nicht. Um zu sehen, wie man an der nächsten und der übernächsten Kreuzung abbiegen muss, reicht ein günstigeres Modell mit Mäusekinodisplay.

Der Elemnt Ace und der Edge 1050 bieten mit ihren Riesendisplays aber mehr Komfort: Man erkennt mehr Details auf der Karte und mehr Daten. Das hilft besonders dann, wenn man auf kurze Distanz nicht allzu scharf sieht. Aufgrund der Riesendisplays sind die beiden Modelle aber so schwer, dass sie eher für Touren- und E-Bike-Fahrer infrage kommen als für Sportler, die jedes Gramm am Rad einsparen.

Einsteiger kommen mit dem Wahoo-Bedienkonzept schneller zurecht als mit dem von Garmin. Und auch erfahrene Nutzer springen mit den Hardwaretasten des Ace oft schneller zur gewünschten Anzeige als mit der Wischerei auf dem Garmin. (cwo@ct.de) ct

Fahrradcomputer

Modell	Edge 1050	Elemnt Ace
Hersteller, URL	Garmin, garmin.de	Wahoo, de.eu.wahoofitness.com
Getestete Firmwareversion	11.24	300744
Display (Auflösung)	3,5 Zoll LCD (480 × 800 Pixel)	3,8 Zoll transflektives TFT (480 × 720 Pixel)
Interner Speicher	64 GByte	64 GByte
Konnektivität / Ladeanschluss	Wi-Fi 4, Bluetooth, ANT+ / USB-C	Wi-Fi 5, Bluetooth, ANT+ / USB-C
Maße (B × H × T)	6 cm × 11,9 cm × 1,6 cm	7 cm × 12,5 cm × 2 cm
Gewicht	163 g	213 g
Garantie	1 Jahr	2 Jahre
Straßenpreis	700 €	600 €

Schneller Anschluss mit Speicher

Thunderbolt-4-Dock mit SSD-Slots

Das Thunderbolt-Gehäuse Acasis TBU405ProMax nimmt zwei M.2-SSDs auf und stellt je einen HDMI-, USB- und Thunderbolt-Port bereit. Mit USB4-Hosts funktioniert es ebenso gut.

Von Lutz Labs

USB-Gehäuse mit zwei Steckplätzen für SSDs mit RAID-Funktionen sind selten und die paar, die es gibt, fallen in Tests nicht unbedingt positiv auf [1]. Ein Leser wies uns auf das TBU405ProMax von Acasis hin. Das Gehäuse spricht ausschließlich Thunderbolt und ist in Deutschland offiziell noch nicht erhältlich; man kann es jedoch direkt beim Hersteller ordern.

Hardware-RAID bietet das TBU405ProMax nicht an. Wer die SSDs in den beiden M.2-Slots koppeln möchte, muss die Funktionen seines Betriebssystems nutzen. Die dazu bei macOS und Windows nötigen Schritte führt der Hersteller in einer gedruckten Kurzanleitung auf. Zusätzlich zu den beiden M.2-Slots hat das Dock noch einen USB-A-Port mit 10 Gbit/s sowie je einen HDMI- und Thunderbolt-Ausgang und es lädt ein angeschlossenes Notebook per USB-PD auf.

Acasis vermarktet das TBU405ProMax zwar als Thunderbolt-Gehäuse, an USB4 funktioniert es jedoch ebenso. Es verhielt sich an beiden Anschlüssen gleich, auch die erreichten Geschwindigkeiten unterschieden sich kaum. An älteren USB-Anschlüssen, etwa USB 3.2 Gen 2 über USB-C, funktioniert es hingegen nicht.

Das für den Betrieb unverzichtbare mitgelieferte Netzteil liefert 100 Watt, die jedoch nicht komplett dem Notebook zugutekommen. Mit zwei SSDs sowie über

einen USB-Hub angeschlossener Peripherie (Maus, Tastatur und USB-Headset) genehmigte sich das Dock rund 10 Watt. Schaltet man das Notebook ab oder zieht die Thunderbolt-Strippe, sinkt die Leistungsaufnahme unter 2 Watt.

In das Gehäuse passen PCIe-SSDs im klassischen 2280er-Format sowie über eine Plastikschiene auch kleinere, SATA-SSDs im M.2-Format funktionieren nicht. Für die Geschwindigkeitstests haben wir eine Samsung 990 Pro sowie eine Sabrent-SSD verwendet. Beide kamen beim Lesen auf rund 1,7 GByte/s: Sie sind mit jeweils zwei PCIe-Lanes angebunden, das theoretische Maximum liegt damit bei knapp 2 GByte/s. Beim gleichzeitigen Lesen von beiden SSDs zeigte Iometer rund 3,4 GByte/s, was die Anbindung mit 40 Gbit/s bestätigt.

Beim Schreiben schwächelten die SSDs: Die Samsung erreichte nur rund 500 MByte/s, die Sabrent immerhin 700. Mit eingeschaltetem Schreibcache kamen wir jeweils auf rund 1,2 GByte/s, doch muss man diesen für externe Speicher selbst einschalten und darauf aufpassen, dass vor dem Abziehen des Docks alle Daten gesichert sind.

Das Erstellen eines RAID-1-Verbunds mittels der Windows-Datenträgerverwaltung funktionierte; nach dem Wiederanstecken des Docks beschwerte sich Windows aber über fremde sowie fehlende Datenträger. Wir empfehlen, für externe Datenträger mit Redundanz die Windows Storage Spaces zu nutzen oder die beiden SSDs unabhängig voneinander zu verwenden.

Die SSDs lassen sich durch einen im Deckel integrierten recht leisen Lüfter kühlen; dieser senkte die Gehäusetemperatur von maximal 45 °C um etwa 10 Grad. Der Lüfter ist zwar nicht laut, aber hörbar. Er aktiviert sich nicht temperaturgesteuert; der Anwender muss ihn selbst über einen Taster an der Seite starten und auch wieder stoppen. Zum Öffnen des Gehäuses sowie den



SSD-Einbau braucht man kein Werkzeug, die SSDs rasten über Gumminippel ein.

Der HDMI-Ausgang treibt einen 4K-Monitor mit 60 Hertz an. Am Thunderbolt/USB4-Ausgang haben wir testweise zusätzlich noch einen USB-Monitor betrieben, doch der wurde beim Start des Notebooks mit eingestecktem Dock nicht erkannt; man müsste ihn später dazu stecken, was zwar geht, aber unpraktisch ist.

Beide von uns verwendeten Notebooks beschwerten sich gelegentlich über ein zu schwaches Netzteil. Bei Messungen mit unserem Passmark-Tester gab das Dock jedoch 55 Watt her, das sollte für die meisten Gelegenheiten ausreichen.

Von Kleinigkeiten abgesehen lieferte das Acasis-Dock solide Ergebnisse, vor allem die Erkennung und Einbindung aller angeschlossenen Geräte funktionierte gut. Das Schreiben auf die SSDs könnte schneller sein und ein oder zwei weitere USB-Ports wären schön – so muss man einen zusätzlichen USB-Hub einsetzen oder Tastatur und Maus per Bluetooth anbinden. Auch der Preis spricht für das TBU405ProMax: Viele Thunderbolt-Docks sind teurer, beim Acasis-Modell bekommt man noch zwei SSD-Slots zur Datensicherung dazu.

(ll@ct.de) ct

Literatur

- [1] Lutz Labs, Mobile (Un-)Sicherheit, USB-SSD-Gehäuse mit RAID-Funktionen, c't 16/2024, S. 86
- [2] Lutz Labs, Schnell dran, schnell drin, Sieben Docks mit Thunderbolt 4 im Test, c't 13/2023, S. 60

Acasis TBU405ProMax

Thunderbolt-Dock mit zwei M.2-Slots	
Hersteller, URL	Acasis, acasis.com
Lieferumfang	Netzteil, Thunderbolt-Kabel
Anschluss PC/ Notebook	Thunderbolt 4, USB4
Anschluss Peripherie	1 × Thunderbolt/USB4 (40 Gbit/s), 1 × USB-A (10 Gbit/s), 1 × HDMI (4K@60Hz), 1 × USB-C-PD (Spannungsversorgung)
SSD-Anschluss	2 × PCIe 3.0 x2
Maße, Gewicht	109 × 66 × 25 mm, 194 g
SSD-Messungen (mit Samsung SSD 990 Pro)	
sequenziell	1256 / 1706 MByte/s (Schreiben / Lesen)
zufällig	164.000 / 200.000 IOPS (Schreiben / Lesen)
Preis	189 €



Teurer Verzicht

Das Telefon MPO2 des Schweizer Herstellers Punkt sieht stylish aus und taugt zum Chatten via Signal. Doch leider ist es auch kostspielig und kurzatmig.

Das Punkt MPO2 beschreibt man am treffendsten als Dumbphone oder Feature Phone, denn mit ihm kann man im Wesentlichen nur telefonieren und simsens. Das Display ist winzig, Touch geht nicht, eine Kamera ist nicht eingebaut. Das Gehäuse besteht aus Plastik. Trotzdem kostet das Handy je nach Farbe 300 oder 320 Euro – einfache Android-Smartphones gibt es schon unter 100 Euro. Der Hersteller zielt also auf Kunden, die bereit sind, für besonderes Design tief in den Geldbeutel zu greifen.

Mit der minimalistischen Bedienoberfläche kommt man prima zurecht, wenn man mit einem Nokia- oder Siemens-Knochen aufgewachsen ist. Pfeiltasten führen hoch, runter oder zurück, die Punkt-Taste bestätigt und entsperrt.

Technisch betrachtet ist das MPO2 allerdings eher ein verdummtes Smartphone als ein echtes Dumbphone. Denn im Designergehäuse steckt ein für Smartphones gedachtes System-on-Chip aus dem Jahr 2015 mit LTE, WLAN und Bluetooth. Darauf läuft ein modifiziertes Android namens Apostrophy OS. Ein Grund dafür dürfte sein, dass Android als Open Source verfügbar ist und der Hersteller somit kein unsmartes Betriebssystem lizenzieren musste.

Trotz Android-Basis bietet der Hersteller nur drei Anwendungen für das MPO2 zum Download an. Am interessantesten ist Pigeon, ein an das winzige Display angepasster Client für das Messaging-Protokoll Signal. Die Einrichtung kostete Nerven, weil wir mehrere Captchas mithilfe der Ziffern-

tastatur lösen mussten, danach funktionierte die App jedoch wie erhofft. Wir konnten mit anderen Signal-Nutzern chatten, telefonieren und Sprachnachrichten austauschen. Wer längere Nachrichten tippen will als in den 90ern per SMS, braucht trotz hilfreicher Textvorschläge viel Langmut.

Die zweite App heißt DailyView und synchronisiert Termine ausschließlich mit einem Webdienst des Betriebssystemanbieters Apostrophy. Dieser Dienst ist ebenfalls sehr teuer: Für Webmail, Kalender und Adressbuch mit 5 GByte Speicher zahlt man 14,99 Schweizer Franken im Monat (ca. 16 Euro) oder 143,88 Franken im Jahr (ca. 153 Euro). DailyView zeigt die Termine des aktuellen Tages und der drei folgenden an. Die dritte App dient lediglich zum Anpassen des Startbildschirms. Einen Browser gibt es nicht.

Wer unterwegs surfen will, muss also sein Notebook oder ein Tablet mitnehmen. Das MPO2 kann dann als WLAN-Hotspot dienen. Besser tethert man aber via USB, denn im Hotspot-Modus leert sich der fest eingebaute Mini-Akku rasant. Im Test schwanden während einer Stunde normaler Büroarbeit am Windows-Notebook mit einem 250-MByte-Download etwa 35 Prozentpunkte. Auch die Gesprächszeit fällt kurz aus, der Hersteller gibt lediglich 4,2 Stunden an. Mit dem neu aufgelegten Nokia 3210 mit LTE, das bloß 70 Euro kostet, soll man laut Hersteller HMD immerhin knapp 10 Stunden telefonieren können.

Man muss das Punkt-Design also schon sehr lieben, um das MPO2 als Digital-Detox-Werkzeug in Erwägung zu ziehen. Der Signal-Client ist ein schönes Gimmick, aber man muss darauf vertrauen, dass der Hersteller diesen stetig weiterentwickelt. Eine Anfrage zu den Updateplänen und den Kosten für den Akkutausch ließ Punkt bis Redaktionsschluss unbeantwortet. (cwo@ct.de)

Punkt MPO2

Feature Phone	
Hersteller, URL	Punkt Tronics AG, punkt.ch
Betriebssystem	Apostrophy OS 1.3.0
Display (Technik, Auflösung)	2 Zoll (transflekatives TFT, 320 × 240 Pixel)
Ausstattung	Qualcomm Snapdragon 210, 2 GByte RAM, 16 GByte Speicher, USB-C
Konnektivität	LTE (nanoSIM), WiFi 4 (2,4 GHz), Bluetooth 4.2
Akku	1280 mAh, nicht austauschbar
Maße (B × H × T) / Gewicht	5,1 cm × 11,7 cm × 1,4 cm / 100 g
Preis	319 € (hellgrau, hellblau), 299 € (schwarz)

Do-it-Yourself-Security

Hutschienen-Firewalls für Maschinen & Anlagen



Transparent & einfach dank schnell konfigurierbarer Filterregeln auf IP/TCP/UDP-Basis:

-  **Microwall Bridge**
Netzwerksegmente sichern ohne Eingriff ins IP-Setup
-  **Microwall VPN**
sicherer Fernzugriff durch WireGuard-VPN-Server
-  **Microwall I/O**
I/O-Steuerung für Filterregeln und für den VPN-Zugang

Jetzt Nägel mit Köpfen machen:

wut.de/diy



W&T
www.WuT.de



Mit den Dritten hört man besser

Im Test: Audiofunkstrecken Røde Wireless Micro und Wireless Go (Gen 3)

Neben der dritten Auflage seiner Mini-Audiofunkstrecke Wireless Go bietet Røde erstmals eine Micro-Ausführung an. Doch bei der Wahl des passenden Modells für die persönlichen Einsatzgebiete ist mehr zu beachten als die Größe.

Von Nico Jurrán

Als Røde 2019 die Audiofunkstrecke „Wireless Go“ auf den Markt brachte, galt sie wegen ihrer Winzigkeit als Sensation. Nachdem mittlerweile einige Mitbewerber noch kleinere Modelle im Sortiment haben, trumpft der australische Hersteller mit dem skandinavischen Namen seinerseits auf: Die Sender des

neuen „Wireless Micro“-Sets sind gerade einmal ein Drittel so groß wie die Module des parallel in der dritten Auflage erschienenen Wireless Go, der Micro-Empfänger kommt nicht einmal auf ein Viertel, bei einem Fliegengewicht von 6 statt 36 Gramm.

Den Micro-Empfänger verbindet man im Unterschied zu seinen großen Brüdern nicht mittels Kabel, sondern steckt ihn direkt ans Handy oder an den Rechner. Außer einer USB-C-Version ist für ältere iPhones und iPads eine Lightning-Ausführung erhältlich. Über USB erscheinen die Funk-Mikrofone wie bei allen Røde-Sets am PC als Eingangsquelle, sodass sich die von ihnen gelieferten Signale leicht aufzeichnen lassen.

Die ultrakompakte Bauform bringt aber auch Einschränkungen mit sich. So hat der Micro-Empfänger keinen Line-Ausgang und lässt sich daher an einer gewöhnlichen Kamera nicht nutzen. Auch

eine Aussteuerungs- oder Akkustand-anzeige gibt es nicht, sondern nur zwei Status-LEDs. An den beiden Sendern sucht man zudem vergeblich nach einer Buchse für ein Ansteckmikrofon. Positiv ist zu erwähnen, dass die Klammern der Micro-Sender aus Metall sind und Røde passende Magneten mitliefert, sodass sie sich leicht an T-Shirts befestigen lassen. Die LEDs an den Modulen sind zudem über die „Røde Central“-App (für Android, iOS, Windows und macOS) dimmbar. Darüber spielt man auch Firmware-Updates ein.

Der größte Unterschied zum Wireless Go ist jedoch, dass die Aufzeichnung der Aufnahme komplett an das Smartphone oder den Rechner fällt, in dem der Empfänger steckt. Die Micro-Sender selbst machen keine Aufnahmen, weshalb man sie nicht als autarke Mini-Recorder nutzen kann. Vor allem aber hat man dadurch kein Backup, wenn bei der Übertragung zum Empfänger Störungen auftreten. Die angegebene Übertragungreichweite liegt bei „über 100 Meter“ – wohlgerneht bei freier Sicht. Läuft eine Person zwischen Sender und Empfänger hindurch oder dreht sich der Protagonist weg, können schon wesentlich früher Störungen auftreten. Hinzu kommt, dass der genutzte 2,4-GHz-Bereich in vielen Wohngebieten, unter anderem aufgrund der Nutzung von WLAN, Bluetooth und ZigBee, überfüllt ist.

Die Wireless Micro nutzen ein proprietäres Funkverfahren, wodurch es keine Beschränkungen hinsichtlich der Audioqualität wie bei Bluetooth gibt. Aufgezeichnet wird in 24 Bit bei 48 kHz mit einem Frequenzumfang von 20 bis 20.000 Hertz. Ein „Gain Assistant“ gleicht den Pegel automatisch aus.

Der Listenpreis von 160 Euro schließt beim Wireless Micro eine Ladeschale ein. Deren 490-mAh-Akku füllt sich über USB-C in drei Stunden und lädt dann seinerseits das Set zweimal auf. Die Micro-Sender selbst laufen mit einer Akkuladung gemessene 6:15 Stunden, der Empfänger wird vom Smartphone oder Rechner mit Strom versorgt.

Die nächste Generation

Vergleicht man die Wireless Go (Gen 3) mit der Vorgängerversion Wireless Go II (Test in c't 7/2023, S. 108), fällt zunächst auf, dass es das neue Set in vierzehn Farben gibt, darunter Rot, Pink, Moosgrün, Weiß und Blau. Zudem besitzt der Sender

nun einen dedizierten Aufnahmeknopf und die Empfänger kommen mit zwei zusätzlichen Navigationsknöpfen. Das vereinfacht die Bedienung enorm.

Vor allem aber haben die 3,5-mm-Klinkeneingänge der Sender nun Außengewinde. Passende Ansteckmikrofone wie das Røde Lavalier II können so während der Aufnahme nicht versehentlich herausgezogen werden. Beim Blick auf das Micro-Set fragt man sich jedoch, warum nicht auch die Go-Sender magnetische Klammern haben. Wer die Module an T-Shirts befestigen möchte, muss hier weiterhin pro Mikro zusätzlich knapp 20 Euro in die „MagClip GO“ genannte Aufstecklösung investieren.

Aus technischer Sicht sticht zunächst heraus, dass mit dem Go (Gen 3) nun wie beim Wireless Pro (Test in c't 24/2023, S. 84) Aufnahmen in 32 Bit möglich sind. So lassen sich auch sehr laute oder sehr leise Passagen in der Postproduktion normalisieren. Ein integrierter Timecode-Generator bleibt zwar der Pro-Version vorbehalten, die Pegelautomatik „Gain Assist“ gibt es aber auch hier.

Zudem kommt das neue Set besser mit lauten Veranstaltungen zurecht: Seine Mikrofone bringen einen Schalldruckpegel bis 123,5 dB SPL sauber rüber, beim Vorgänger war bei 112 dB SPL Schluss. Eine Geräuschunterdrückung für laute Umgebungen bietet aber auch die dritte Generation des Wireless Go nicht – im Unterschied beispielsweise zum Anker-Work M650 (Test in c't 13/2023, S. 96) und DJI Mic 2 (Test in c't 6/2024, S. 72).

Wie beim Wireless Pro lässt sich an der Line-out-Buchse des Empfängers nicht nur ein Kopfhörer anschließen, sondern auch ein Headset. Dieses Set eignet sich somit ebenfalls für Interviews, bei denen der Filmer Fragen aus dem Off stellt. Nutzt man alle drei Mikros, gibt der

Røde liefert das Wireless Go (Gen 3) mit einem „Charging Hub“. Die USB-C-Buchsen haben ausreichend Abstand, um alle drei Module gleichzeitig zu laden.



Empfänger die Signale der Sender gemeinsam in einer Spur aus und die des Headsetmikrofons in der anderen.

Die Wireless Go (Gen 3) bieten Platz für 40 Stunden Aufnahmen. Die gemessenen Laufzeiten mit einer Akkuladung erreichten bei den Sendern die angegebenen 7 Stunden, der Empfänger lag 45 Minuten darunter. Die angegebene maximale Reichweite bei freier Sicht zwischen den Modulen liegt hier bei 260 Metern.

Unverständlich ist, wieso das Wireless Go (Gen 3) zum Listenpreis von 349 Euro ohne Ladeschale kommt. Stattdessen liegt ein kleiner USB-C-Hub bei, an den sich die drei Module parallel anschließen lassen. Røde kündigte zwar ein speziell auf dieses Set angepasstes „Charge Case+“ mit Akku für zwei Ladungen an, das war bei Redaktionsschluss aber noch nicht erhältlich. Dessen Preis dürfte bei rund 75 Euro liegen. Cases für Wireless Go II lassen sich nicht verwenden, da die neuen Module etwas dicker sind. Immerhin ist das Adapterkabel von Lightning auf USB-C dabei.

Fazit

Mit dem Wireless Micro ist Røde ein Set gelungen, das aufgrund seiner Kompaktheit bei gleichzeitig guter Klangqualität etwa bei Vloggern zu Recht großen Anklang finden dürfte. Die fehlende Buchse

für ein externes Ansteckmikro dürften viele verschmerzen können, vor allem, wenn sie ein Lavalier bislang eh nur wegen der Optik benutzt hatten: Die Micro-Sender fallen wesentlich weniger auf als ihre großen Brüder. Die fehlende lokale Aufzeichnung ist hingegen ein Punkt, über den sich bei (semi-)professionellen Produktionen nur schwer hinwegsehen lässt. Zudem muss das Monitoring am Aufnahmegerät stattfinden, was bei aktuellen Smartphones nur per Lautsprecher oder Bluetooth-Kopfhörer gelingt.

Die Änderungen beim Wireless Go (Gen 3) gegenüber der Vorgängerversion Wireless Go II heben das Set in der Summe tatsächlich auf eine neue Ebene. Letztlich fehlt zur Pro-Version nur der integrierte Timecode-Generator – auf den dürfte der Durchschnittsnutzer leicht verzichten können.

Ein Wermutstropfen beim Wireless Go (Gen 3) ist der Preis. Denn während es sich beim Wireless Micro um ein Komplettsset handelt, muss man hier eventuell noch die Kosten für eine Ladeschale und die magnetischen Befestigungen hinzurechnen. Spätestens, wer sowieso den Kauf eines Lavalier-Mikrofons plant, sollte überlegen, ob er mit dem Wireless Pro nicht besser fährt. Das bringt zum Straßenpreis von mittlerweile 350 Euro schon alles mit. (nij@ct.de) **ct**

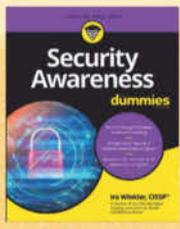


Die Windschutze des Røde Wireless Micro stecken auf kleinen Rahmen, die über die Sender gespannt werden. Dann passen die Module allerdings nicht mehr in die mitgelieferte Ladeschale.

Audiofunkstrecken

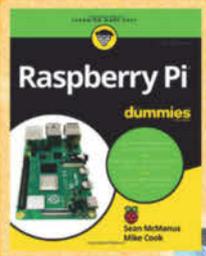
Modell	Wireless Go (Gen 3)	Wireless Micro
Hersteller, URL	Røde, rode.com	
Konfiguration	2 Sender, 1 Empfänger	
eingebautes / separates Mikro	✓ (Sender) / ✓ (Sender, Empfänger)	✓ (Sender) / –
Anschlüsse	Sender und Empfänger: USB-C, analog (3,5-mm-Klinke)	nur Empfänger: USB-C oder Lightning
Funkfrequenz / max. Reichweite	2,4 GHz / 260 m (laut Hersteller)	2,4 GHz / 100 m (laut Hersteller)
Speicher / Aufnahmeformate	40 Stunden / MP3 und WAV	– / –
Akkulaufzeit Sender / Empfänger	6:15 Stunden / 7:00 Stunden	6:15 Stunden (gemessen) / –
Systemvoraussetzungen	Android 11+, iOS 14+, macOS 11+, Windows 10+	
Lieferumfang	2 Sender, 1 Empfänger, 3,5-mm-Klinkenkabel (TRS-TRS), 2 Adapterkabel (USB-C auf USB-C und USB-C auf Lightning), Charging Hub, 3 Windschutze, Tragetasche	2 Sender, 1 Empfänger, Ladeschale, USB-C-Kabel, 2 Windschutze, 2 Magneten
Maße (B × H × T), Gewicht	46 mm × 44 mm × 20 mm, 35 / 36 g (Sender / Empfänger)	Sender: 40 mm × 20 mm × 17 mm, 12 / 18 g (ohne / mit Magnet); Empfänger: 44 mm × 24 mm × 9 mm, 6 g
Preis Liste / Straße	349 € / 319 €	160 € / 160 €

E-Books im heise shop



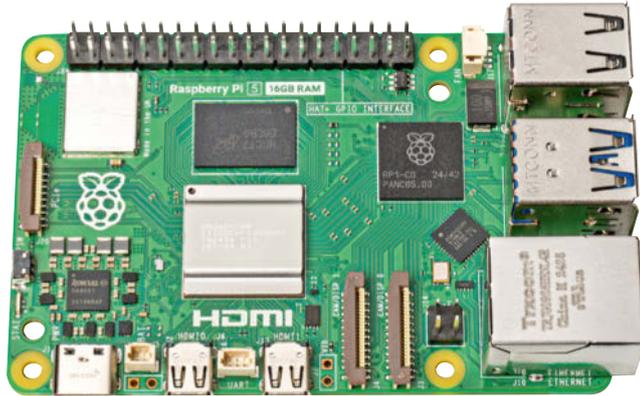
Jetzt viele Titel als ePub, mobi und PDF erhältlich.

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.



Riesen-RAM-Raspi

Der Raspberry Pi 5 ist nun auch mit 16 GByte Arbeitsspeicher lieferbar, zusätzlich zu den Versionen mit 2, 4 oder 8 GByte. Aber das größere RAM ist teuer.

Das hat gedauert: Schon bei der Vorstellung des Raspberry Pi 4 im Jahr 2019 erklärten die Raspi-Entwickler, dass grundsätzlich auch eine Version mit 16 Gigabyte RAM machbar sei. Doch die kommt erst jetzt, nur beim Raspberry Pi 5 und ist ziemlich teuer: Der Listenpreis beträgt 120 US-Dollar, was auf schätzungsweise 130 bis 135 Euro in Deutschland hinausläuft. Damit ist die 16-GByte-Version des Raspi 5 rund 45 Euro teurer als jene mit 8 GByte (88 Euro). Zum Vergleich: Ein Speicherriegel mit 8 GByte DDR4-RAM kostet weniger als 20 Euro. Die Modelle mit 2 oder 4 GByte sind derzeit ab 55 respektive 65 Euro erhältlich.

Auf dem Raspberry Pi 5 mit 16 GByte LPDDR4-4267-RAM sitzt die Version (das Stepping) D0 des ARM-SoC Broadcom BCM2712, die auf der im August 2024 vorgestellten 2-GByte-Ausführung debütierte. Sie befindet sich auch auf dem Compute Module 5 (CM5) sowie im Raspberry Pi 500 und arbeitet im Leerlauf etwas sparsamer als das ältere Stepping C1.

Im Kurztest nahm der Raspberry Pi 5 mit 16 GByte RAM im Leerlauf rund 0,4 Watt mehr Leistung auf als die anderen Versionen mit BCM2712 D0, nämlich 2,95 Watt statt etwa 2,5 Watt. Die Raspi 5 mit dem älteren Chip benötigen rund 3,4 Watt. Unter Volllast sind es bei allen CPU-Steppings maximal knapp 9 Watt.

Bei der Rechenleistung fanden wir in Benchmarks wie openssl, 7-zip, Geek-

bench 6 und JetStream 2.2 keine Unterschiede zu Raspi-5-Versionen mit weniger RAM. Der in c't 2/2025 auf Seite 39 erwähnte „Fake NUMA“-Trick beschleunigt auch beim 16-GByte-Raspi manche Benchmarks um bis zu 20 Prozent, und zwar durch eine optimierte Verteilung der RAM-Adressen. Um die Funktion zu aktivieren, ruft man die Bootkonfiguration mit dem Befehl `sudo rpi-eeprom-config -e` auf und erweitert sie um die Zeile `SDRAM_BANKLOW=1`. Der Trick klappt bei allen Raspi 5 mit mindestens 4 GByte RAM. Bei der praktischen Nutzung spürt man Mehrleistung in dieser Größenordnung freilich nicht.

Das Riesen-RAM macht den Raspi nicht schneller. Vielmehr ist es für bestimmte Einsatzzwecke sinnvoll, beispielsweise für die Virtualisierung mehrerer Betriebssysteme oder den Betrieb zahlreicher (Docker-)Container. Für manche Serveraufgaben dieser Art stellen die bisher maximal erhältlichen 8 GByte eine unüberwindliche Grenze dar. Für typische Raspi-Basteleien genügen hingegen oft 4 GByte, manchmal sogar 2 GByte, falls es überhaupt ein Raspi 5 sein muss. Den Raspi 4 mit 1 GByte gibts nämlich schon für 40 Euro. (ciw@ct.de)

Raspberry Pi 5 16 GB

Einplatinencomputer mit ARM-SoC	
Hersteller	Raspberry Pi Plc.
CPU	Broadcom BCM2712 Rev. D0, 4 × ARM Cortex-A76, 2,4 GHz
GPU	VideoCore VII im BCM2712
RAM	16 GByte LPDDR4-4267, aufgelötet
WLAN & Bluetooth	Infineon Airoc CYW43455, 2,4 & 5 GHz, 300 Mbit/s
Anschlüsse	2 × Micro-HDMI, 2 × USB-A 5 Gbit/s (USB 3.2 Gen 1), 2 × USB-A 2.0, 1 × Gigabit Ethernet (RJ45), MicroSD-Kartenleser, 40-polige GPIO-Leiste, 2 × MIPI-CSI/DSI, 1 × PCIe, PoE-Header, 1 × Lüfter, Stromversorgung (USB-C)
Preis	circa 135 €



Große Bühne

Toller Klang, gute Passform, klarer Transparenzmodus: Die Google Pixel Buds Pro 2 glänzen in vielen Disziplinen. Ihren ganzen Charme entfalten sie aber nur im Zusammenspiel mit Android-Smartphones.

Premium-In-Ears, die zweite: Mit den Pixel Buds Pro 2 frischt Google seine besten Ohrstöpselkopfhörer auf. In der Preisklasse um 250 Euro messen sie sich unter anderem mit Apples AirPods Pro 2, den Sennheiser Momentum TW 4 und Sonys WF1000-XM5. Case und Ohrstöpsel sind etwas kleiner als beim Vorgänger. Das ist praktisch, wenn man sie in der Hosentasche transportiert. Im Ohr halten die Kopfhörer mithilfe von Silikonauflägen und kleinen Gummifinnen fest. Derart verankert hielten sie im Test auch beim Joggen, ohne Druckschmerzen zu verursachen. Für Sportarten mit ruckartigen Bewegungen sind sie weniger geeignet. Die Touchflächen auf den Earbuds reagieren präzise auf Eingaben. Allerdings stoppten wir beim Zurechtrücken immer mal wieder ungewollt die Wiedergabe.

Google stellt den Pixel Buds eine Android-App zur Seite, aber keine für iOS. Den vollen Funktionsumfang erhält man also nur, wenn man sie mit einem Android-Gerät verwendet. Ähnlich verfährt Apple andersherum mit seinen AirPods. Im Falle der Pixel Buds hat man auf einem

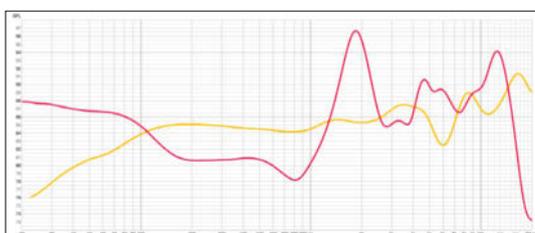
iPhone zum Beispiel keinen Zugriff auf den Equalizer und kann nicht per App prüfen, ob die In-Ears richtig sitzen. Auch LE Audio und Bluetooth Multipoint werden über die App aktiviert.

Größte Stärke der Buds ist ihr Klang: Sie spielen spritzig, lebendig, mit kräftigen, klar konturierten Bässen und einem in den Vordergrund gerückten Präsenzbereich. Stimmen klingen voll und präsent. Auf unserem Kunstkopf haben wir eine starke Betonung des Bereichs um 2 kHz gemessen. Ungewöhnlich für In-Ears: Die Pixel Buds sind imstande, eine breite Bühne aufzufächern, sodass man in Filmen oder Musikstücken manchmal das Gefühl hat, Töne kämen von außerhalb der Kopfhörer.

In Telefonaten konnten wir uns unseren Gegenübern gut verständlich machen, wenn wir in ruhigen Umgebungen telefonierten. Am lauten Bahnsteig weiß die Software nicht immer treffsicher zwischen Störgeräusch und Stimme zu unterscheiden, sodass wir lieber mit dem Telefon am Ohr telefonierten. Die aktive Geräuschunterdrückung arbeitet auf gutem Niveau, eliminiert gleichbleibendes Brummen, sie richtet aber wenig gegen Stimmen aus; ein weithin bekanntes Problem. Der Transparenzmodus leitet Umgebungsgläusche ans Ohr, auch die eigene Stimme klingt nicht dumpf oder entkoppelt. Aber so angenehm, dass man die Kopfhörer in den Ohren vergessen könnte, arbeitet der Transparenzmodus nicht, weil er vernehmlich rauscht. Insgesamt sind die Pixel Buds 2 Pro vor allem für Android-Nutzer eine Empfehlung. iPhone-Besitzer, die eine Alternative für die AirPods suchen, sollten lieber die In-Ears von Sennheiser und Sony erwägen, da diese ihren Funktionsumfang auf iPhones nicht beschneiden. (rbr@ct.de)

Google Pixel Buds Pro 2

In-Ear-Kopfhörer	
Hersteller, URL	Google, store.google.com/de
Anbindung / Codecs	Bluetooth / AAC, LE Audio (LC3)
Ausstattung	IP54, Qi-Laden
Preis	249 €



Etwas angehobener Bass, starke Betonung des Präsenzbereichs: Der Klang der Google Pixel Buds Pro 2 (rote Kurve) überzeugt, im Vergleich unser relativ neutral abgestimmter Referenzkopfhörer, der Sennheiser HD600.

Vorsicht ist besser als Nachsicht!

Mehr Sicherheit für Handy, E-Mail, WLAN & Co.



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

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

... und noch viel mehr hilfreiche Artikel



shop.heise.de/ct-securityeinstieg24

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.

Sternenkucker

Smartes Teleskop für Astrofotografie: Celestron Origin

Als erster traditioneller Teleskophersteller bringt Celestron ein smartes Modell heraus: Das modulare Origin geht verglichen mit den vollintegrierten Geräten der Konkurrenz neue Wege. Wir haben getestet, ob die Qualität den Preis von 5000 Euro rechtfertigt.

Von Mario Keller

Das Celestron Origin kombiniert bewährte Komponenten traditioneller Geräte und erweitert sie zu einem smarten Teleskop. Bisher bildeten Vertreter dieser Art wie das Vaonis Vespera [1] oder das Unistellar Odyssey [2] eine Einheit aus azimutaler Montierung und Teleskop mit fest verbauter Kamera. Das Origin besteht dagegen aus Stativ, Montierung, Teleskop und Kamera – wie ein herkömmliches Teleskop eben. Mit 20 Kilogramm Gesamtgewicht ist der Aufbau nicht gerade leicht, dafür aber einfach zu zerlegen, zu verstauen und zu transportieren. Außer-

dem lassen sich später neue Komponenten integrieren, ohne das komplette Gerät ersetzen zu müssen.

Das Teleskop aufstellen

Dank einer verständlichen Kurzanleitung ist das Teleskop schnell aufgebaut. Das Stativ besteht aus massivem Edelstahl. Drei Schrauben befestigen die azimutale Montierung. Mit ihr lässt sich das Teleskop in horizontaler und vertikaler Achse auf beliebige Punkte am Himmel ausrichten. Herzstück des Geräts ist ein neu entwickeltes 6-Zoll-Spiegelteleskop im RASA-Design (Rowe-Ackermann Schmidt Astrograph). Die spezielle Bauart kombiniert eine große Öffnung mit kurzen bis mittleren Brennweiten. Beim Origin sind das 335 mm bei einem Öffnungsverhältnis von $f/2,2$. So sammelt das Teleskop etwa vier- bis fünfmal mehr Licht ein als Geräte dieser Größenordnung mit anderer Bauform. Der Mond passt sehr gut ins $1,27 \times 0,85$ Grad große Bildfeld, ebenso die M33-Galaxie oder der Orionnebel. Für große Objekte wie die Andromedagalaxie (M31), großflächige Nebel oder auch die Plejaden (M45) ist das Bildfeld allerdings etwas zu klein.

Ein Okular gibt es nicht. Man kann den Nachthimmel also nicht direkt beob-



achten, sondern ausschließlich fotografieren. Die Kamera sitzt dort, wo das Licht einfällt, löst 6,4 Megapixel auf und lässt sich rotieren, um den Bildausschnitt zu ändern. Mit einer Überwurfmutter ist sie auf ein Gewinderohr geschraubt, das auf einem Filterhalter sitzt. Diese magnetische Halterung fasst Filter mit 2 und 1,25 Zoll Durchmesser. Für das Origin steht ein Nebelfilter zur Verfügung. Über die Halterung nebst Adapter lassen sich aber auch andere Filter nutzen.

Ein im Gehäuse untergebrachter Raspberry Pi 4B steuert das Gerät. Zwei Kabel verbinden die Kamera mit dem Teleskop und dies mit der Montierung. Der Akku sitzt in der Basis der Montierung und hält im Betrieb mehrere Stunden. Aufgeladen wird er mit einem 12-V-Netzteil, welches das Origin auch direkt mit Strom versorgen kann.

Die Hardware wirkt sehr solide. Tubus, Montierung und Stativ hat Celestron so oder ähnlich schon lange im Programm. Hier baut der Hersteller auf jahrzehntelange Erfahrung. Negativ fiel lediglich die lose Abdeckung auf. Die integrierte Tauheizung macht zwar grundsätzlich einen soliden Job, in einer kalten Nacht mit hoher Luftfeuchtigkeit zeigte sie sich aber überfordert: Trotz voller Leistung



Mit dem Celestron Origin gelangen bei klarem Himmel wie hier in Brandenburg beeindruckende Astrofotos. Die App verrechnet dafür mehrere Einzelaufnahmen zu einem Bild wie diesem vom Dreiecksnebel M33.

konnte sie den Taubeschlag auf der Frontlinse nicht entfernen.

Die App einrichten

Nach dem Einschalten spannt das Origin ein WLAN auf, mit dem man ein Mobiltelefon oder Tablet koppeln muss, damit die Steuerungs-App „Celestron Origin“ Zugriff auf das Gerät bekommt. Sie steht für Android- und Apple-Geräte zur Verfügung, darunter iPhone, iPad, Mac und Apple Vision Pro. Später kann man das Teleskop auch in ein vorhandenes WLAN einbinden. Wer das Teleskop stationär nutzt, kann es per Ethernetkabel ins eigene Netzwerk holen.

Himmelsobjekte, die man beobachten möchte, wählt man über einen Katalog in der App oder über einen interaktiven Sternatlas aus, der den Himmel für den aktuellen Standort und Zeitpunkt abbildet. Nach Auswahl etwa des Orionnebels fährt das Teleskop diesen automatisch an und stellt das Bild mittels Autofokus scharf. Die Bildaufnahme muss man selbst starten. Alle Aufnahmeparameter stellt die Software ein. Im manuellen Modus kann man die Belichtungszeit und den ISO-Wert selbst bestimmen.

Dass Celestron als Zielgruppe Astrofotografen im Auge hat, sieht man an den erweiterten Funktionen. Profis können das Gerät über standardisierte Bilder kalibrieren. Im Planungsmodus lässt sich das Gerät automatisiert in der Nacht nutzen. Anders als die Konkurrenz stellt das Origin auch Rohdaten der Einzelbelichtungen zum Download bereit. Dazu schließt man einen USB-Stick an und startet die Übertragung in der App. So bekommt man auch große Datenmengen zügig auf den Rechner.

Die App hinterlässt unterm Strich einen durchwachsenen Eindruck. Die vielen Einstellmöglichkeiten freuen den Profi; Anfänger dürften sie überfordern. Ein deutschsprachiges Handbuch steht allerdings bereit. Eine verständliche Menüführung und ein eingeschränkter Modus für Neulinge würden dennoch helfen. Profis wiederum vermissen die Möglichkeit, Koordinaten für Himmelsobjekte manuell einzugeben. Den Akkustand zeigt die App in Stufen wie „voll“, „gut“ oder „ladend“ zu grob an.

Astrofotos in Rekordzeit

Das lichtstarke Teleskop spielte im Test seine Vorteile bei kurzen Belichtungszeiten von 10 bis 20 Sekunden aus. Mehr ist

Der einfach verschiebbare Bildausschnitt lädt zu Spielereien ein wie diesem Mosaik des Irisnebels (NGC 7023), einem Gasnebel im Sternbild Kepheus.



bei azimutaler Montierung aufgrund der Erdrotation nicht drin. Ein erster Test auf einem Balkon in der Stadt lieferte ein erstaunlich gutes Bild des Herkules-Cluster, einem Kugelsternhaufen. Auch den Orionnebel konnten wir mit vielen Details und Farben aufnehmen.

Die Origin-App verrechnet aber auch mehrere Einzelbelichtungen zu einem Gesamtbild und erlaubt damit deutlich längere Belichtung bis hin zu über einer Stunde. Die App verrechnet die Einzelbilder automatisch, sobald man die Aufnahme beendet. Sie nutzt laut Hersteller zudem künstliche Intelligenz, um das Bild zu entzerrern und zu schärfen. Anschließend landet das Foto in der Galerie, wo man es weiterbearbeiten, herunterladen oder teilen kann.

Ein besonderes Projekt

Weil sich der Bildausschnitt sehr einfach verschieben lässt, lädt das Origin zu Spielereien ein, die einem andere smarte Teleskope versagen. Bei unseren Testaufnahmen haben wir ein Mosaik aus überlappenden Bildern erzeugt. Nach etwa anderthalb Stunden Belichtungszeit auf den Irisnebel (NGC 7023) haben wir den Bildausschnitt jeweils um 50 Prozent verschoben und somit in acht Schritten weitere Bilder mit je 20 Minuten Belichtungszeit um den zentralen Ausschnitt herum erzeugt. Die Einzelbilder haben wir anschließend zu einem Gesamtbild in hoher Auflösung montiert. Allerdings ging das nicht mit der Hersteller-App, sondern nur mit externer Software.

Fazit

Das Origin sammelt beeindruckend viel Licht ein und auch die Qualität der Hard-

ware zeigt die Erfahrung des Herstellers. Die App hat einige Schwächen: Gerade Neulinge dürften sich nur schwer zurechtfinden. Für den mobilen Einsatz ist das Origin aufgrund der Größe und seines Gewichts von 20 Kilogramm nur bedingt geeignet, auch wenn es grundsätzlich zerlegbar ist. Dank des modularen Aufbaus lässt es sich später mit einem besseren Kamerasensor oder einer neuen Optik aufrüsten. 5000 Euro sind keine kleine Summe, aber dafür bietet das Origin einen ernsthaften Zugang zur Astrofotografie statt bloße Spielerei. (akr@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Mario Keller, Sonne, Mond und Sterne, App-gesteuertes Teleskop Vaonis Vespera Pro für Hobby-Astrofotografen, c't 23/2024, S. 122
- [2] Mario Keller, Sternbildmacher, App-gesteuertes Teleskop Unistellar Odyssey Pro, c't 12/2024, S. 98

Celestron Origin

Smartes Teleskop	
Hersteller, URL	Celestron, celestron.com
Systemanf.	Android ab 12, iOS ab 16.6, macOS ab 14.0, visionOS ab 1.0
Öffnung / Brennweite	152 mm / 335 mm
Öffnungsverhältnis	f/2,2
optische Auflösung	1,55 Bogensekunden
Gesichtsfeld	1,27° × 0,85°
Okular	—
Stativ / Montierung	Stahldreibein / azimutal
Höhe / Gewicht	120 cm / 20 kg (inkl. Stativ)
GoTo-Steuerung	über App
optionales Zubehör	Nebelfilter (339 €), Transporttasche für Teleskoptubus (259 €)
Kamerasensor	Sony IMX178 (6,4 Megapixel)
Datenübertragung / -speicher	WLAN / 32 GByte (intern)
Stromversorgung	12-V-Netzteil, interner Akku (97,9 Wh)
Preis	4999 €



Bewegende Rhythmen

Musiksoftware Cubase 14 im Test

Steinberg spendiert seiner alt-ingesessenen Musikproduktionssoftware Cubase einen raffinierten Pattern-Editor und superflexible Modulatoren. Damit gelangen der Musiksoftware insbesondere elektronische Polyrhythmen, die bislang eine Domäne von Programmen wie Ableton Live und Bitwig Studio waren.

Von Kai Schwirzke

Cubase ist eines der ältesten und am weitesten verbreiteten Musikproduktionsprogramme (Digital Audio Workstation, DAW), das alle Bereiche von der Aufnahme von Instrumenten und Gesang bis hin zum Einspielen von MIDI-Instrumenten und großen Arrangements abdeckt. Bislang gehörte es allerdings nicht zu den Stärken von Cubase, aus typischen Patterns Drum-Grooves oder gar ganze Songs zu erstellen. Zwar gibt es integrierte Plug-ins wie den hauseigenen Trommler Groove Agent, mit dem sich Beats in einem Step-Sequencer zusammenklicken und anschließend per Drag & Drop ins Arrangement übertragen lassen. Fest in die

DAW integriert war dieses Konzept allerdings noch nie.

Mit Cubase 14 ändert sich das. So kann man für alle MIDI-basierten Spuren auswählen, ob man dort MIDI- oder Pattern-Abschnitte ablegen möchte. Die Patterns erstellt man im neuen Pattern-Editor. Dieser öffnet sich nach Anklicken eines Reiters im unteren Bereich der DAW (Lower Zone) und bietet viele Tricks, die Musiker beispielsweise von Sequenzern der Firma Elektron kennen.

Dazu gehört etwa, dass man für jedes Instrument eine andere Anzahl der Schritte pro Pattern festlegen kann. Dadurch sind sogenannte euklidische Rhythmen möglich, die beispielsweise 16 Schläge auf eine Hi-Hat gegen 13 gleichmäßig verteilte Schläge auf eine Kuhglocke spielen. So entstehen schnell komplexe rhythmische Strukturen, für die bisher mühsam Einzelereignisse positioniert werden mussten. Ob ein Step gespielt wird, kann dem Zufall überlassen werden. Je höher die Wahrscheinlichkeit, desto größer ist die Chance, dass er erklingt. Zudem kann man für jeden Schritt andere Parameter wie Velocity, Gate, Notenwiederholung oder einen Zeitversatz festlegen.

Der kontrollierte Zufall spielt ohnehin eine wichtige Rolle, um Abwechslung in sich wiederholende Abschnitte zu bringen. Eine Würfelfunktion kann die Position und Häufigkeit der Ereignisse nach den

Vorgaben des Benutzers variieren. Der kann beispielsweise entscheiden, ob der Generator musikalischer, ruhiger oder bewegter agieren soll.

Gefällt ein Pattern, zieht man es an die gewünschte Position im Arrangement. Die Kopie dort entspricht der im Editor und übernimmt die dortigen Änderungen. Alternativ kann man das Pattern in MIDI-Events umwandeln und wie gewohnt im Key-Editor bearbeiten.

Klopfgeist

Die Drum Machine (siehe Bild links) ist eng mit dem Pattern-Editor und der in Cubase 14 wieder eingeführten Drum-Spur verknüpft. Die Maschine lässt sich ebenfalls über einen Tab in der unteren Zone aufrufen und bietet bis zu 128 Sounds. Diese sind in acht Slots mit jeweils einer 4x4-Trigger-Matrix organisiert. Belegte Trigger erscheinen automatisch im Pattern-Editor.

Die Klangeinstellungen der Trommelmaschine sind komplex. Sie bestehen aus bis zu vier Schichten mit eigener Synthese-Engine. So kann man beispielsweise einem per Frequenzmodulation (FM) erzeugten Ton einer Tomtom mit einem kurzen Anschlags-Sample den nötigen Attack beimischen.

Jedem Pad können unabhängig von der in der Klangerzeugung integrierten Verzerrung vier Effekte zugewiesen werden: Bit Crusher, Distortion, Filter sowie EQ. Die Endmischung aller Instrumente eines Drumsets erfolgt im schlicht Group genannten Tab. Dort stellt man auch die Send-Pegel für Hall und Delay instrumentenspezifisch ein. Im einfachsten Fall liefert die Drum Machine einen Stereomix. Zur weiteren Bearbeitung können einzelne Sounds aber auch auf bis zu 32 Einzelgänge geroutet werden.

Grenzenlose Modulation

Ableton- und Bitwig-Anwender kennen es schon lange, jetzt kommt auch Cubase in den Genuss frei zuweisbarer Modulatoren. Die rufen Sie ebenfalls in der Lower Zone auf. Zur Auswahl stehen fünf Module, die etwa wie ein niederfrequenter Oszillator schwingen, eine Hüllkurve verfolgen oder eine Schrittfolge wiederholen. Pro Spur können beliebig viele dieser Module in ebenso beliebiger Reihenfolge zum Einsatz kommen. Per Skript können Sie selbst einen weiteren Modulator programmieren.

Ein Modulator kann alle Parameter einer Spur steuern, auch die der Plug-ins.

Dabei kann man, am einfachsten über die Lernfunktion, einem Modulator auch mehrere Parameter zuweisen, beispielsweise das Spurpanorama, die Hallzeit sowie die Verzerrungsintensität.

Die musikalischen Möglichkeiten sind immens. So ist es zum Beispiel möglich, Parameter eines Instruments oder eines Effekts zu modulieren, für die der Entwickler gar keine entsprechende Option vorgesehen hat. Ein im Prinzip einfach aufgebauter Synthesizer wird so mit wenigen Klicks zu einem neuen Instrument. Zum Beispiel, indem man ihn blitzschnell alle Wellenformen durchlaufen lässt, gleichzeitig die Pulsbreite des Rechtecksignals variiert und die Grenzfrequenz des Filters moduliert.

Aus der Ferne

Die Neuzugänge Shimmer und Studio Delay stechen unter den Plug-ins besonders hervor. Ersteres ist ein Hall, der auf Flächeneffekte spezialisiert ist. Etwas überspitzt formuliert verwandelt es einen Gitarrenakkord in einen kompletten Soundtrack. Dies erreicht Shimmer vor allem durch den eingebauten Pitch Shifter. Der verschiebt die zu verhallenden Signalanteile um bis zu 12 Halbtöne nach oben oder unten. Der Parameter Modulation sorgt dafür, dass der Nachhall „unendlich“ verschwimmt. Allerdings gibt es keine klassischen Einstellungen wie Raumgröße oder Nachhallzeit.

Das Studio Delay besitzt auch eine Tonhöhenverschiebung und erzeugt zusätzlich über die integrierte Effektsektion mit Modulationseffekten (Chorus, Flanger etc.), Hall und Distortion extrem flächige, effektbetonte Strukturen. Zwar ist es über die gelungene Bedienoberfläche auch möglich, „normale“ Delays von Mono über Stereo bis hin zu Ping-Pong zu erzeugen. Dies hat aber auch mit den bisher zur



Über die Modulatoren lassen sich nahezu alle Parameter einer Spur manipulieren – Plug-ins eingeschlossen.

Verfügung stehenden Plug-ins tadellos funktioniert.

Und sonst?

Cubase 14 hat außerdem den Workflow verbessert. So findet nun die komplette Mix-Konsole in der unteren Zone Platz. Außerdem können Projekte im DAW-übergreifenden Format „Dawproject“ exportiert werden, das einen Projektaustausch mit den DAWs Presonus Studio One und Bitwig Studio erlaubt. Verbessert hat Steinberg auch die Handhabung der Auswahlbereiche. So ist es nun möglich, einen Bereich über mehrere Spuren hinweg zu markieren und dann stumm zu schalten. Das spart im Studioalltag viel Zeit. Gleiches gilt für die optimierte Pegelanpassung in Audio-Events.

In Cubase 14 hat Steinberg auch den Noteneditor ausgetauscht. Er basiert nun auf der hauseigenen Profi-App Dorico. Wer Cubase 14 auf Rechnern mit Snapdragon-X-CPUs laufen lassen möchte, muss sich noch etwas gedulden. Installer für Windows On ARM gibt es bislang nur für die Vorgängerversion Cubase 13.

Fazit

Cubase 14 ist ein starkes Update. Die mächtige Kombination aus Drum Machine und Pattern Editor als exzellent klingendes Gespann erweitert die musikalischen

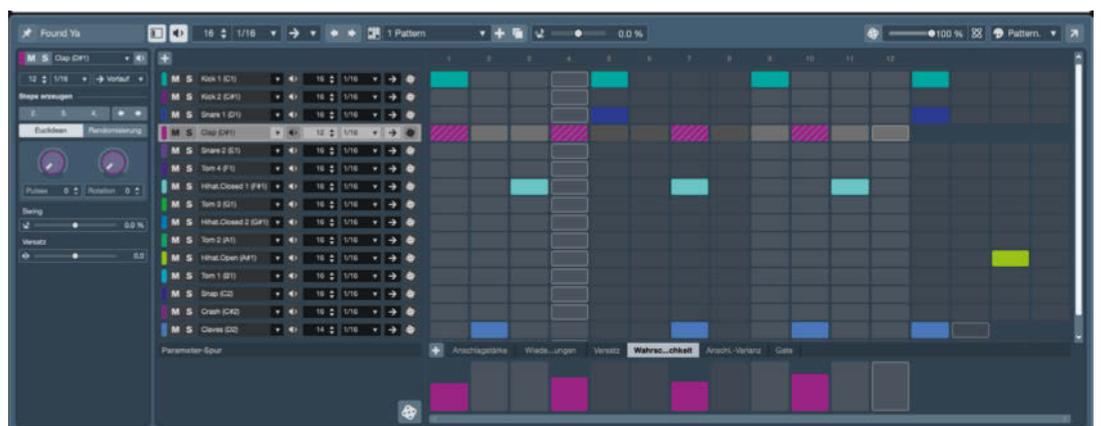
Möglichkeiten der DAW immens. Gleiches gilt für die extrem flexiblen Modulatoren, die unter anderem aus langweiligen Instrumenten Erstaunliches herauskitzeln oder monotones Audiomaterial vielseitig in Bewegung versetzen. Bestehende Kunden können also bedenkenlos zum kostenpflichtigen Upgrade greifen. Schließlich muss man allein für die beiden Soundscape-Spezialisten Studio Delay und Shimmer anderswo mindestens hundert Euro hinblättern.

Interessenten können Cubase 60 Tage kostenlos ausprobieren. Wer nicht alle Features der Pro-Version benötigt, findet in Cubase Artist für 250 Euro weniger fast alle Neuerungen, verzichtet aber auf die mächtigen Modulatoren. Die Einsteigerversion Cubase Elements ist deutlich abgespeckt. Hier fehlen zusätzlich noch der Pattern Editor und der Drum Track inklusive Drum Machine sowie die Plug-ins Shimmer und Studio Delay. (hag@ct.de) **ct**

Cubase 14

Software zur Musikproduktion (DAW)	
Hersteller, URL	Steinberg, www.steinberg.net
Systemanf.	Windows ab 10 (22H2) mit x86-CPU, macOS ab Ventura 13.x (Apple-/Intel-CPU)
Preise	Pro: 579 €, Artist: 329 €, Elements: 100 €, Pro-Upgrades: von C13: 99 €, von C12: 199 €, ab C4: 249 €, Demo: 60 Tage

Der neue Pattern-Editor ist ein mächtiges Werkzeug, um auch abseits der Timeline an raffinierten Grooves zu schrauben.

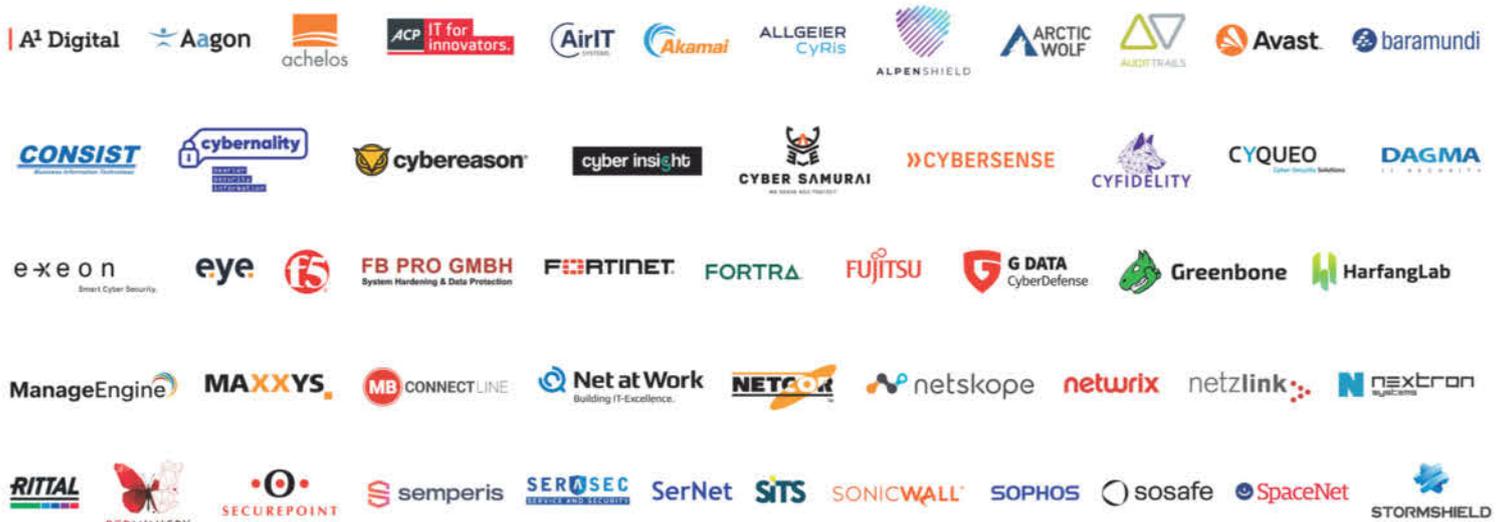


secIT by heise

HANNOVER 2025

18. - 20. MÄRZ 2025, HANNOVER

Die Kongress- messe für Security-Profis



Aussteller

Offizieller
Eventpartner



Kooperations-
partner



© Copyright by Heise Medien.



meet. learn. protect.

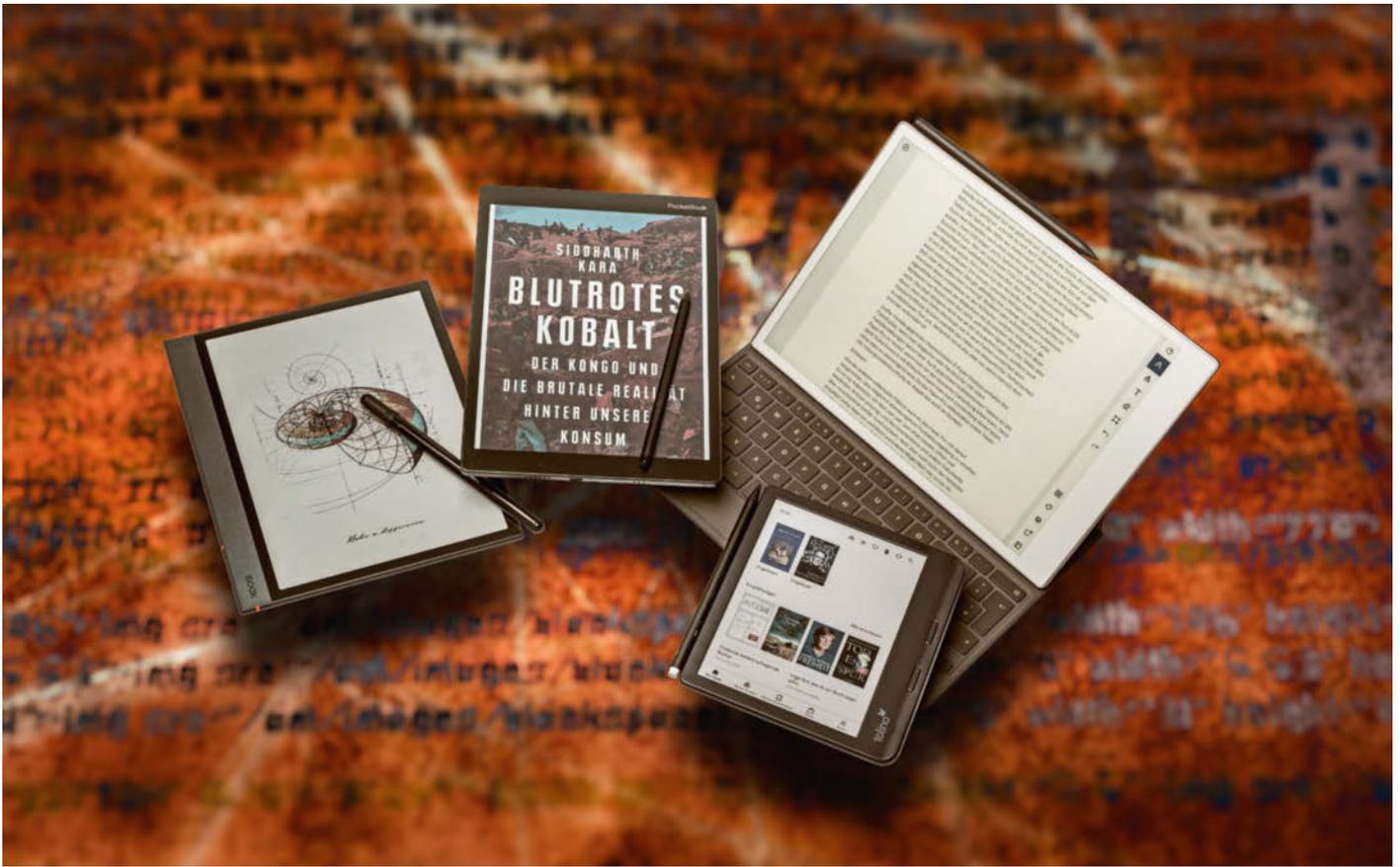


Jetzt anmelden!



secit-heise.de

© Copyright by Heise Medien.



Mit Stift und Farbe

Vier Tablets mit farbigem E-Ink-Bildschirm und Stift im Test

Lesen, schreiben, markieren, sortieren: Tablets mit E-Ink-Bildschirmen eignen sich hervorragend zum augenschonenden Arbeiten. Mit Stiftfunktion und Farbdisplay meistern die Geräte mehr Aufgaben als je zuvor.

Von Robin Brand und Michael Link

Schreiben wie auf Papier und jetzt auch in Farbe: E-Ink-Tablets mit Stiftfunktion sind eine relativ junge Gerätegattung. Die zweite Generation lässt die monochromen Bildschirme der Erstlinge (Vergleichstest in c't 19/2023, S. 68) hinter sich. Wir haben vier Geräte auf den Prüfstand geholt.

Ein besonders großes Einsatzgebiet versprechen Onyx Boox Note Air4 C und PocketBook Color Note abzudecken, denn sie kombinieren große Bildschirme mit offenem Android. Das reMarkable Paper Pro hat mit diesen beiden ein großes Display gemein, ist aber mit einem eng umzäunten Betriebssystem ausgestattet, das keine Installations von Fremdanbieteranwendungen unterstützt. Während diese drei vollwertige Schreibtafeln sind, die sich als Nebenzweck auch für E-Books eignen, verfolgt Tolino einen anderen Ansatz: Der Vision Color ist vornehmlich ein E-Book-Reader, der um eine Stiftfunktion ergänzt wurde. Bei den Kindle-Readern von Amazon muss man sich zwischen einem Farbdisplay ohne Stiftintegration (Colorsoft Signature Edition, Test in c't 28/2024, S. 76) und monochromen Geräten mit Stiftunterstützung (Scribe 2, c't 2/2025, S. 65) entscheiden; Farbdisplay und gleichzeitig

Stiftbedienung in einem Kindle-Gerät gibt es nicht.

Das größte und schwerste Gerät im Test ist das Paper Pro mit seinem 11,8-Zoll-Bildschirm. Es wiegt mehr als ein halbes Kilo (grammgenaue Angaben entnehmen Sie der Tabelle auf S. 91); packt man es in die optionale Tastaturhülle sogar mehr als das Doppelte. Die 10,3-Zöller von Boox und PocketBook wiegen um 400 Gramm, mit Transporthülle fast 500 (PocketBook) beziehungsweise 700 Gramm (Boox). Da wird einem beim längeren Lesen schon einmal der Arm schwer. Der Tolino Vision Color dagegen wiegt nicht mehr als zwei Tafeln Schokolade und ist mit 7-Zoll-Bildschirm handlicher als die größeren Tablets.

Alle vier Geräte haben farbfähige E-Ink-Bildschirme. Lange Zeit konnten E-Inks Inhalte nur monochrom in 16 Graustufen anzeigen. Doch seit einigen Jahren sind immer mehr Geräte mit bunten E-Ink-Bildschirmen auf dem Markt. In der Regel

verwenden die Hersteller dafür die Kaleido-Technik; solche Bildschirme haben auch drei der vier Tablets im Test. Nur das reMarkable tanzt aus der Reihe.

Bunt und bunter

Kaleido arbeitet mit einer farbfiltrenden Schicht oberhalb des monochromen Displays und stellt so bis zu 4096 Farben dar. Die untere Schicht der Kaleido-Bildschirme nutzt die gleiche Technik wie das herkömmliche schwarz-weiße Carta-Display von E-Ink: Positiv oder negativ geladene Farbpartikel des elektronischen Papiers schwimmen in kleinen Kügelchen in einer Flüssigkeit. Werden die schwarzen oder weißen Teilchen durch ein elektrisches Feld an die Oberfläche gezogen, werden sie als dunkler oder heller Bildpunkt sichtbar. Die darüber liegende Schicht ist ein RGB-Farbfiler, das die Graustufen darunter mit bunten Elementen ergänzt. Dadurch sind Farbinhalte gröber gerastert und das Display sieht insgesamt etwas dunkler aus.

Neben Kaleido hat E-Ink eine weitere Technik für farbige Bildschirme in der Mache: Gallery 3. Sie hat es bisher aber nicht zur Marktreife geschafft, obwohl sie einige Vorteile hätte. So stellt sie Farbinhalte genauso scharf dar wie monochrome, nämlich mit bis zu 300 dpi. Denn anstelle eines Farbfilters mischen Partikel in Cyan, Magenta, Gelb und Weiß die Farben zusammen, und zwar bis zu 50.000 Tönungen. Nachteil an der Sache sind die langen Wartezeiten, um neue Seiten zu laden, zwischen einer halben und anderthalb Sekunden.

reMarkable hat deswegen das Gallery-3-Display technisch verschlankt. Es nutzt nicht die maximale Farbtiefe aus, sondern nur noch 20.000 Farben und schraubt auch die Auflösung von 300 auf 229 dpi herunter. Der Aufbau vollfarbiger Seiten dauert zwar immer noch etwas länger als bei den Pendants mit Kaleido-Displays, das ist beim Lesen von Magazinen aber nicht weiter störend. Im direkten Vergleich gefällt das Paper Pro gegenüber den anderen drei Tablets mit einer lebendigeren Darstellung von Fotos. Die Farbtiefe und Brillanz von LCDs und OLEDs erreicht aber keiner der E-Ink-Bildschirme, und auch vollwertige Gallery-3-Bildschirme würden daran nichts ändern.

Dennoch haben die semibunten E-Ink-Bildschirme Vorteile. Monochrome Inhalte sehen darauf fast aus wie gedruckt. Sind die Pixel erstmal in Position gedreht

und die Seite ist aufgebaut, verharren sie dort und erzeugen keinerlei Flimmern. Auf E-Ink-Bildschirmen liest und arbeitet es sich augenschonender als auf LCD- und OLED-Displays. Das gilt umso mehr, wenn man im Hellen auf die Hintergrundbeleuchtung verzichtet. Fürs Arbeiten und Schmökern im Dunkeln haben dies aber alle vier Geräte.

Drei der vier Tablets liegt ein Eingabestift bei; der fürs Tolino kostet 70 Euro extra. Boox- und PocketBook-Stift funktionieren passiv, müssen also nicht geladen werden. Der Stift des reMarkable lädt drahtlos und hält währenddessen und beim Transport magnetisch am Tablet. Der Tolino-Stift hält sich zwar ebenfalls am Gerät fest, lädt aber umständlicher per USB-C.

Auf den leicht aufgerauten Bildschirmoberflächen der drei großen Tablets gleiten die Stifte natürlicher und weniger rutschig dahin als bei herkömmlichen Tablets. Speziell das reMarkable-Tablet imitiert das Gefühl von Stift auf Papier gut. Zudem hört sich Schreiben und Zeichnen auf dem reMarkable auch an wie eine auf Papier gezogene Bleistiftspitze. Doch auch Boox- und PocketBook gefallen, wobei die Stiftspitze des PocketBook nach der vierwöchigen Testphase schon etwas ausgefranst wirkte. Boox wiederum trickst beim Display und verwendet ein herkömmliches glattes, auf das es eine matte

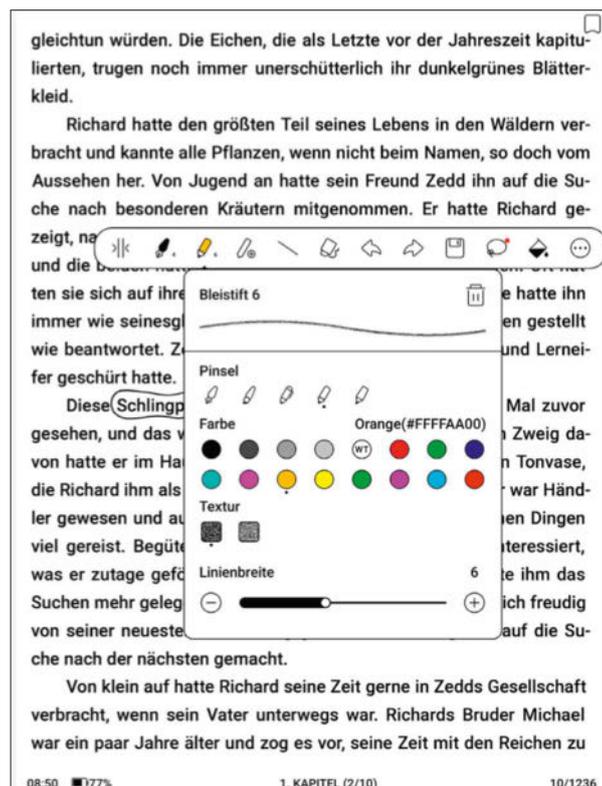
Displayfolie pappt. So kann man auch herkömmliche stiftfähige Tablets zum Schreibtablet umrüsten.

Die harte Stiftspitze des Tolino Stylus wiederum macht das Schreiben auf dem glatten Bildschirm unangenehmer, vor allem, wenn man um ein ordentliches Schriftbild bemüht ist. Halbwegs leserliche Handschrift wandeln Boox, reMarkable und Tolino mit erstaunlicher Treffsicherheit in maschinenlesbaren Text. Einzig der PocketBook Color Note konnte das bis Redaktionsschluss nicht. Auf Nachfrage ließ der Hersteller ausrichten, dass er daran arbeite und die Funktion per Update nachliefern wolle.

Für alle Tablets gilt: Schreibt man mit schwarzer Tinte in der nativen Notiz-App, geschieht das fast ohne jeglichen zeitlichen Versatz. Arbeitet man mit Farbe, erscheint diese auf dem Boox-Tablet ebenfalls fast ohne wahrnehmbare Latenz, beim PocketBook dauert es einen Hauch länger. reMarkable und Tolino stellen die Farbe zunächst leicht ausgegraut dar. Erst nachdem die Stiftspitze den Bildschirm nicht mehr berührt, aktualisiert sich das Geschriebene und stellt die Farbe in ihrer ganzen Pracht dar.

Will man mit dem Stift in Epub-Texten oder PDFs markieren und kommentieren, kann man auf den Tablets von Boox, reMarkable und dem Tolino-Reader direkt loslegen. Beim PocketBook verhält sich

Farbige E-Ink-Bildschirme eröffnen ganz neue Möglichkeiten, in E-Books zu markieren, zu notieren und anzumerken, hier die Bedienoberfläche des Boox Note Air4 C.





Boox Note Air4 C

Boox experimentiert schon lange mit E-Ink-Geräten unter dem offenem Android, beispielsweise bei kleinen E-Book-Readern wie dem Poke 5. Das hat seine Tücken, denn auf dem System lassen sich zwar allerlei Anwendungen installieren, doch einige davon machen auf dem trägen Bildschirm keine gute Figur. Ein Android-Tablet mit schnellem OLED- oder LCD-Bildschirm ersetzt das Note Air4 C deswegen nicht. Der Hersteller hat das System mittlerweile jedoch rundgeschliffen für seine Tablets. Es strahlt, abgesehen von ein, zwei fehlenden Übersetzungen, nicht mehr den Charme des Unfertigen aus wie noch vor einigen Jahren.

Auf dem Homescreen hält das Tablet einige vorinstallierte Anwendungen wie Browser, Kalender, Store, Reader, die eigene Cloud und den Google Play Store bereit. Aktuelle Notizen und Bücher, die man gerade liest, behält man über zwei Widgets im Auge. Neu installierte Anwendungen legt das Tablet auf einer zweiten Seite ab.

Abgesehen vom Softwarefeinschliff ändert sich kaum etwas im Vergleich zum Vorgänger (Test in c't 12/2024, S. 100). Äußerlich sind die Geräte nicht zu unterscheiden, nur im Innern hat Boox ein wenig nachgebessert. Im Air4 stecken 6 GByte Hauptspeicher anstelle der 4 GByte im Air3 C. Ob auch das Air3 C in den Genuss der neuen Androidversion kommen wird, ließ der Hersteller bis Redaktionsschluss unbeantwortet, genauso wie die Frage, wie es mit Funktionsupdates für das Air4 C aussieht.

Den Bildschirm beklebt Boox lediglich mit einer matten Folie. Diese mindert Reflexionen und begünstigt durch ihre Rauheit ein natürliches Schreibgefühl mit dem mitgelieferten Stylus. Außer diesem funktionieren andere Wacom-fähige Stifte, auch solche mit Radierfunktion. Die Reader-Software bietet viele Möglichkeiten, Dinge direkt in Bücher zu kritzeln oder Stellen darin zu markieren. Auch das Anlegen von Notizbüchern ist möglich. Im Unterschied zum PocketBook-Reader kann man auf dem Boox auch viele Fremdanbieter-Notizapps ohne störende Verzögerungen benutzen. Der eigene Buchladen ist nach wie vor kaum zu benutzen, was aber nichts macht, weil man über den Play Store einfach den Store und die Reader-App der Wahl installieren kann. Alternativ schiebt man die in irgendeinem E-Book-Store gekauften Dateien per USB-Kabel oder Micro-SD-Karte auf das Tablet.

- ↑ offenes Android
- ↑ viele Anpassungsmöglichkeiten
- ↓ unklare Updatesituation

Preis: 550 Euro



PocketBook Color Note

Der PocketBook Color Note hat uns im Test vor Rätsel gestellt: Er kostet mehr als das etwas früher vorgestellte Schwestermodell Eo, ist aber rundum schlechter ausgestattet. Dem Eo verpasste der Hersteller ein feiner auflösendes Display, mehr Speicher, und einen Achtkernprozessor, während im Color Note ein lahmer Vierkerner steckt. PocketBook selbst erklärt das mit dem teureren Herstellungsprozess des Bildschirms. Für das Note verwendet PocketBook kein Display von der Stange, sondern ein Kunststoffdisplay, das leichter und weniger bruchanfällig ist. Zudem nutzt der Hersteller für das Color Note die E-Ink-Technik ComfortGaze, deren Beleuchtung weniger Blauanteile ausstrahlt und dadurch augenschonender sein soll. Die Auflösung des Panels ist gröber als die der Konkurrenz.

Auf der aufgerauten Bildschirmoberfläche des Note schreibt es sich angenehmer als auf dem Eo. Es liegt nahe, daraus zu schließen, dass das Note ganz für die Nische „digitaler Notizblock“ entwickelt wurde. Doch unerklärlicherweise fehlt dem Note dafür ein integraler Bestandteil: die Handschrifterkennung, die wiederum das Eo beherrscht. PocketBook will sie per Softwareupdate nachliefern, aber solange das nicht tatsächlich passiert ist, ist das Color Note keine Empfehlung wert. Wer einen E-Ink-Schreibblock von PocketBook sucht, ist mit dem Eo besser beraten.

Wenn PocketBook die Handschrifterkennung nachliefert, ist die Abwägung zwischen Eo und Note einfach. Das natürlichere Schreibgefühl vermittelt die Bildschirmoberfläche des Note, der bessere Allrounder ist der Eo. Beide Tablets laufen mit Android, auf dem Color Note in Version 12, auf dem Eo Android 11. So muss man nicht die PocketBook-Cloud nutzen, sondern kann eine Reader-App und Cloudverwaltung der Wahl installieren, wenn man die Dateien nicht lokal hin- und herschieben möchte.

Das offene Android als Betriebssystem bewirkt, dass man alle Apps aus dem Google Play Store installieren kann. Allerdings ist das keine Garantie, dass sie auch problemlos laufen. Abgesehen von Video-Apps, die auf dem Tablet naturgemäß wenig Sinn ergeben, machte auch manche Anwendung Probleme, die man gerne auf dem Gerät nutzen würde. Alle ausprobierten Notizapps, darunter Notewise, Google Notizen und OneNote sowie die Zeichen-App Sketchbook reagierten derart verspätet auf Stifteingaben, dass wir sie im Test nicht ernsthaft verwenden konnten. Evernote startete gar nicht erst.

- ↑ natürliches Schreibgefühl
- ↓ noch keine Handschrifterkennung
- ↓ Zeitverzögerungen in Fremdanbieter-Notizapps

Preis: 600 Euro



reMarkable Paper Pro

Das reMarkable Paper Pro kann wenig, das aber besser als alle anderen Tablets: Mitschriften sortieren, digitalisieren und synchronisieren. Im Unterschied zum Schwestermodell reMarkable 2 zeigt das Paper Pro auch Farben an. Der eigentliche Game Changer ist aber ein alter Hut: die neu hinzugekommene Display-Beleuchtung. Endlich kann man auch im Schummerlicht ohne externe Lichtquellen weiterarbeiten.

Prunkstück des Paper Pro ist der große Bildschirm mit etwa 30 Zentimeter Diagonale (11,8 Zoll) im 4:3-Format. reMarkable verwendet ein angepasstes Gallery-3-Display, das der Hersteller Canvas Color Display getauft hat. Gegenüber Kaleido 3 glänzt es mit mehr Farben und einer höheren Punktdichte für Farbinhalte. Die technischen Möglichkeiten von Gallery 3 – bis zu 50.000 Farben in 300 dpi – reizt die reMarkable-Technik nicht aus. Stattdessen zeigt das Canvas Color Display mit einer Punktdichte von 229 dpi bis zu 20.000 Farben an, um die Umschaltzeit im Rahmen zu halten. Der Kompromiss gefällt: Vor allem Fotos zeigt das Paper Pro lebendiger an als die Kaleido-3-Konkurrenten, der einen Hauch länger dauernde Aufbau vollfarbiger Seiten stört kaum.

Die Oberfläche des Bildschirms ist mattiert und leicht angeraut. Monochrome Inhalte sehen darauf fast wie gedruckt aus. Da auch die Kohlenstoffspitze des reMarkable-Stifts griffig ist, schreibt es sich auch ähnlich wie auf Papier. Sogar das Geräusch, das der Stift beim Schreiben erzeugt, erinnert an einen Bleistift auf Papier. Eine Verzögerung zwischen Stiftspitze und Displaytinte ist kaum wahrzunehmen. Das gilt aber nur, solange man einen schwarzen Stift über den Bildschirm schwingt.

Wählerisch zeigt sich das reMarkable, was die Dateiformate angeht: Man kann darauf lediglich Epubs und PDFs öffnen und bearbeiten. Wer ein E-Book auf einem anderen Reader weiterlesen möchte, muss händisch an die entsprechende Stelle blättern, denn das reMarkable duldet keinerlei Fremdanbieteranwendungen, die etwa den Lesefortschritt festhalten. Den Lesefortschritt synchronisiert es nur mit der eigenen Cloud. Die Reduktion aufs Wesentliche ist Fluch und Segen zugleich. Speziell in Kombination mit der optionalen Tastaturhülle lässt es sich wunderbar ablenkungsfrei arbeiten auf dem reMarkable, wobei wir uns hin und wieder ein paar mehr Anwendungen wie Mailprogramm oder Kalender gewünscht hätten.

- 👍 tolles Display
- 👍 natürliches Schreibgefühl
- 👉 One-Trick-Pony

Preis: 650 Euro



Tolino Vision Color

Der Tolino Vision Color hebt sich vom Rest des Testfelds ab. Während die drei anderen Tablets Schreibtafeln sind, die auch als E-Reader verwendet werden können, ist der Vision Color als E-Book-Reader mit Extras zu verstehen. Für die Hauptaufgabe ist er sogar besser geeignet als die drei anderen, denn das Leichtgewicht wiegt weniger als eine Tüte Gummibärchen. Am breiten rechten Gehäuserand lässt es sich gemütlich halten, mit leichtem Griffwulst und aufgerauter Kunststoffrückseite entgleitet es auch schwitzigen Fingern nicht. Auf dem rechten Rand hat der Hersteller zwei Tasten platziert, mit denen man blättern kann, ohne den Haltedaumen lüpfen zu müssen.

Das 7-Zoll-E-Ink-Display stellt 4096 Farben mit Kaleido-3-Technik dar; über dem monochromen Bildschirm ist ein Farbfilter angebracht. Schwarz-weiß zeigt das Display mit einer knackig-scharfen Punktdichte von 300 dpi, Farbe mit 150 dpi. Fürs Markieren und Notieren reichen auch die 150 dpi vollkommen aus. Wer häufig im Dunkeln liest, wird sich an der zuschaltbaren Beleuchtung ohne sichtbare Lichthöfe erfreuen.

Dass die Notizfunktion nur ein nachgelagerter Gedanke war, zeigt sich schon beim Kauf: Standardmäßig wird das 170 Euro teure Gerät ohne Stift geliefert. So kann sich die 70 Euro dafür sparen, wer ihn nicht braucht. Der Kunststoffgriffel wirkt nicht sonderlich wertig verarbeitet. Am Vision Color hält er magnetisch, lädt dort aber nicht, sondern über eine USB-C-Buchse. Die harte Stiftspitze gleitet auf dem glatten Display widerstandärmer als ein Stift auf Papier. So eignet sich der Vision Color vor allem fürs Anfertigen kurzer Notizen oder des Einkaufszettels, aber nicht für längere Mitschriften. Das liegt nicht zuletzt auch an der ungenügenden Handballenerkennung, wodurch wir im Test beim Schreiben immer wieder ungewollt umblättern. Sehr gut gefällt die gelungene Handschrifterkennung.

Als einziges Gerät im Testfeld ist der Tolino Vision Color wasserdicht gemäß IPX8 und damit fürs Lesen in der Badewanne geeignet. Die Software reduziert Tolino aufs Wesentliche. Zuletzt geöffnete Bücher hat man direkt auf der Startseite im Zugriff, zur gesamten Bibliothek und allen Notizen gelangt man über eigene Reiter. Der hinterlegte Shop ist prall gefüllt, über die Flatrate Skoobe kann man – sofern man den Tolino bei Thalia, Osiander oder Orell Füssli gekauft hat – alternativ für 13 Euro monatlich aus 400.000 Büchern wählen.

- 👍 klein, leicht, wasserdicht
- 👍 gute Handschrifterkennung
- 👎 unnatürliches Schreibgefühl

Preis: 170 Euro (Stift kostet 70 Euro extra)



Android auf einem E-Ink-Tablet kann seine Tücken haben. PocketBook weist vorsorglich alle Verantwortung für Dinge, die nicht funktionieren, von sich.

der Stift in Dokumenten dagegen wie der Eingabefinger auf einem herkömmlichen Tablet. Man kann damit per Wischgesten blättern, Textstellen auswählen und sie über ein Kontextmenü markieren oder das Wörterbuch öffnen. Erst wenn man im Kontextmenü auf „Stifteingabe“ umstellt, verhält sich der Stift wie ein Stift. Das ist umständlich.

Wer viel in Texten arbeitet, ist mit dem reMarkable am besten bedient. Feingranular kann man festlegen, ob man mit dem Marker frei markieren möchte oder ob die Markierungen sauber an den Text schnappen sollen. Zudem lassen sich per Wischbefehl ganze Absätze auf einmal markieren. Snap-to-Text beherrscht der Tolino-Reader nur für Epub-, nicht aber für PDF-Dateien. Boox und PocketBook können das gar nicht. Stattdessen muss man dafür die Textstelle berühren (egal, ob mit Stift oder Fingerspitze), bis das Auswahlwerkzeug erscheint und darüber die Markierung setzen. Umständlich.

PocketBook- und Tolino-Stift integrieren eine Radierfunktion. Für Boox und reMarkable kann man Stifte mit Radierfunktion im Bestellprozess aber nur gegen Aufpreis in den Warenkorb legen, beigelegt sind Stifte ohne Radierer. Obwohl alle Tablets Tausende Farben darzustellen vermögen, können Nutzer nur um die zehn davon zum Markieren und frei Zeichnen auswählen. Als Malblockersatz

eignen sie sich daher nicht. Bei den beiden Tablets mit offenem Android kann man das über Fremdanbieteranwendungen umgehen; Sketchbook zum Beispiel bietet die ganze Palette an Farben, die das Panel darstellen kann. Allerdings ist diese nur auf dem Boox-Tablet eine sinnvolle Option, auf dem PocketBook Note macht die extreme Eingabeverzögerung diese App unbenutzbar.

Offen für Apps oder verrammelt

Dass Farbdisplay und Stiftfunktion neue Anwendungsgebiete für E-Ink-Geräte eröffnen, ist auch an ihrer Software ersichtlich. Für reine E-Book-Reader waren und sind abgeriegelte Betriebssysteme ausreichend, die nicht viel mehr können als E-Books zu öffnen und den Lesefortschritt über verschiedene Geräte zu synchronisieren. Doch auf Tablets mit größeren Farbbildschirmen machen sich auch andere Anwendungen gut. Nur konsequent also, dass Boox und PocketBook auf Android umgeschwenkt sind. Über Googles Play Store oder datenschutzfreundliche Alternativen wie F-Droid lassen sich jede Menge Apps installieren. Im Test offenbarten sich einige Misslichkeiten, und das nicht nur bei Anwendungen, die sich auf den trägen E-Ink-Displays ohnehin nicht gut machen, zum Beispiel Streaming-Apps.

Speziell das PocketBook Color Note strapazierte unsere Nerven: Aufgrund langer Eingabeverzögerungen ließ sich keine Notiz-App aus den Stores verwenden. Der Bedienoberfläche des Note Air4 C fehlt dagegen nur ein wenig Feinschliff. Hin und wieder stießen wir auf schlechte oder fehlende Übersetzungen. Allerdings sehen wir als Langzeitnutzer auch Fortschritte: So hat Boox mittlerweile einige Probleme beseitigt, die wir mit dem Vorgänger Note Air3 C beim Login in die Kindle-App hatten, und auch insgesamt wirkt das Bedienkonzept durchdachter.

Den Gegenentwurf zum vielfältig nutzbaren Reader liefert reMarkable. Auf dem Tablet ist ein hermetisch abgeriegeltes Betriebssystem installiert, auf dem man keine Apps installieren kann. Es ist ein Arbeitstier, mit dem man PDF- und Epub-Dateien öffnet und bearbeitet, Notizen anfertigt und das Geschriebene sowie andere Dokumente über verschiedene Geräte synchronisiert – mehr nicht. Beim Einrichten will das Tablet mit einem Computer oder Smartphone gekoppelt werden. reMarkable bietet Apps für An-

droid, iOS, macOS und Windows an, mit denen Nutzer Inhalte zwischen Geräten hin- und herschubsen.

Die herstellereigene Cloud hält Dokumente über alle verknüpften Geräte synchron, auch den Lesefortschritt in PDFs und Epubs. Man kann handschriftliche Notizen in maschinenlesbaren Text umwandeln und auf dem Computer weiter bearbeiten. Für Chrome und Word gibt es eine Erweiterung, die per Klick Webseiten und Word-Dokumente als PDF ans Tablet sendet. Über Google Drive, OneDrive und Dropbox kann man PDFs und E-Books aus der Cloud laden, sie lesen und mit Notizen versehen und dann zurück in die Cloud schicken; automatisch synchronisiert das Paper Pro aber nicht dorthin.

Anders reduziert präsentiert sich das Tolino Vision Color. Auf dem Homescreen zeigt es zuletzt geöffnete E-Books und Kaufempfehlungen aus dem umfangreichen Shop an. Über verschiedene Reiter erreicht man alle gespeicherten Bücher, die Notizen, den Shop und die Einstellungen. Mit Skoobe steht eine attraktive Buch-Flatrate zur Verfügung, aber nur, wenn man seinen Reader bei Thalia, Osiander oder Orell Füssli gekauft hat. Die Auswahl umfasst 400.000 E-Books, zu einem Preis ab 13 Euro pro Monat.

Wer nicht selbst lesen will, kann sich von Boox, PocketBook und Tolino auch vorlesen lassen. Über per Bluetooth gekoppelte Kopfhörer oder Lautsprecher geben sie allesamt Ton aus. Eigene Lautsprecher haben dagegen nur das Boox Note Air4 C und das PocketBook Color Note, wobei die des Boox kräftiger aufspielen.

Hardware

Da auf den trägen E-Ink-Bildschirmen ohnehin alles etwas gemütlicher vonstatten geht, tragen die Tablets allesamt Hardware im Bauch, die man heutzutage selbst im Smartphone-Einsteigerbereich kaum mehr vorfindet. Einzig das Boox Note Air4 C ist mit einem Achtkernprozessor ausgestattet, dessen schnelle Kerne immerhin mit maximal 2,07 GHz takten. Im Duett mit 6 GByte Hauptspeicher hatten wir im Test selten das Gefühl, dass die Hardware das Tablet einbremst. Anders war das beim schwächeren PocketBook mit altem 4-Kern-Prozessor (maximal 1,56 GHz), der speziell beim Öffnen größerer PDFs oder Apps immer mal etwas länger brauchte. Auch beim Abspielen von Musik geriet er mitunter ins Stocken. Trotz ebenfalls



Praktisches Zubehör:
Das reMarkable Paper Pro kann man in einer optionalen Tastaturhülle transportieren.

besten als Immer-dabei-Gerät geeignet. Es ist primär als E-Book-Reader zu verstehen, auf dem man auch kurze Notizen verfassen kann.

Stehen das handschriftliche Notieren, Schreiben, Markieren ganz oben auf der Prioritätenliste, sind die drei anderen Geräte besser geeignet. Das reMarkable Paper Pro ist das Arbeitstier unter den E-Ink-Tablets. Mit seiner reduzierten Software schafft es die perfekte, ablenkungsfreie Produktivumgebung. Tolles Schreibgefühl und gelungene Dateiverwaltung runden das Paket ab. Allerdings ist das teure reMarkable-Tablet (ab 650 Euro) alles andere als ein Allrounder.

Will man das Tablet für mehr als bloß zum Lesen und Bearbeiten von Texten nutzen, ist das Boox Note Air4 C die bessere Wahl. Dank offenem Android lassen sich Notiz- und E-Reader-Anwendungen von etlichen Anbietern installieren, genauso wie die App des Lieblingsmagazins, Mailprogramme und Browser.

Auf dem ebenfalls mit Android aufwartenden PocketBook Color Note schreibt es sich natürlicher als auf dem Boox-Tablet. Grundsätzlich soll es ein ähnliches Nutzungsszenario abdecken, tut das in der Praxis aber nicht, weil Notizapps wie Evernote, Google Notizen oder OneNote im Test durch unzumutbare Eingabeverzögerungen durchfielen und der Hersteller eine Handschrifterkennung erst per Update nachliefern will. Bis es so weit ist, ist das Schwestermodell PocketBook Eo (Test in c't 19/2024, S. 81) die bessere Wahl, wenn es ein digitaler Notizblock aus dem Hause PocketBook sein soll, denn auf diesem funktioniert die Handschrifterkennung bereits. (rbr@ct.de) **ct**

schwächerer Hardware navigieren reMarkable und Tolino stets fluffig durch die Menüs; da helfen die beschnittenen Betriebssysteme. Beim Öffnen großer Dateien genehmigen aber auch sie sich die eine oder andere Gedeksekunde.

Die Kommunikationstaleute der vier Tablets ähneln einander: Sie alle nehmen per Bluetooth, Wi-Fi oder USB-C Kontakt zur Umwelt auf. Wasserdicht per IPX8 ist einzig das Tolino Vision Color. Per Pincode vor fremdem Zugriff sperren lässt sich fast jeder Reader, nur das PocketBook-Tablet nicht. Dem Boox Note Air4 C kann man nicht nur das Entsperren per Pin, sondern auch per Fingerabdruckscan beibringen. Stark nutzungsabhängig ist die Laufzeit der Geräte. Halten herkömmliche

E-Reader auch mal wochenlang durch, ist das bei den Tablets allenfalls der Fall, wenn man sie im Flugmodus und ohne Bildschirmbeleuchtung verwendet. Nutzt man sie viel im WLAN mit Beleuchtung, kann man den Akku auch in zwei Tagen leerdaddeln.

Fazit

Ähnlich und doch grundverschieden: Alle vier Geräte gehören der noch seltenen Spezies der E-Ink-Tablets mit Farbdisplay und Stiftfunktion an. Da hören die Gemeinsamkeiten aber auch fast schon auf. Je nach Anforderung fällt die Wahl daher leicht. Das Tolino Vision Color fällt etwas aus dem Raster. Es ist kleiner und leichter als die anderen E-Ink-Tablets und ist am

E-Ink-Notiztablets

Modell	Boox Note Air4 C	Color Note	Paper Pro	Vision Color
Hersteller, URL	Onyx	PocketBook	reMarkable	Tolino
Betriebssystem (Installation von Fremdanbieterapps möglich)	Android 13 (✓)	Android 12 (✓)	proprietär (–)	proprietär (–)
Maße / Gewicht	193 mm × 226 mm × 5,8 mm / 433 g (695 g mit Hülle und Stift)	174 × 246 × 6,4 mm / 378 g (497 g mit Hülle und Stift)	197 × 274 × 5,1 mm / 524 g (816 g mit Hülle und Stift, 1029 g mit Tastaturhülle und Stift)	145 × 161 × 8,3 mm / 199 g (350 g mit Hülle und Stift)
Prozessor (Kerne × Takt) / RAM / Speicher	Qualcomm Snapdragon 750G (2 × 2,07 GHz, 6 × 1,71 GHz) / 6 GByte / 64 GByte	Allwinner B810 (4 × 1,56 GHz) / 4 GByte / 32 GByte	k.A. (4 × 1,8 GHz) / 2 GByte / 64 GByte	MediaTek MTK8113T (2 × 2 GHz) / 1 GByte / 32 GByte
Display	10,3 Zoll Kaleido-3-E-Ink (300 dpi monochrom, 150 dpi Farbe), 16 Graustufen, 4096 Farben	10,3 Zoll Kaleido-3-Mobius-E-Ink (227 dpi monochrom, 76 dpi Farbe), 16 Graustufen, 4096 Farben	11,8 Zoll Canvas-Color-E-Ink (229 dpi monochrom & Farbe), 16 Graustufen, ca. 20.000 Farben	7 Zoll Kaleido-3-E-Ink (300 dpi monochrom, 150 dpi Farbe), 16 Graustufen, 4096 Farben
Konnektivität	WLAN, Bluetooth, USB-C	WLAN, Bluetooth, USB-C	WLAN, Bluetooth, USB-C	WLAN, Bluetooth, USB-C
Epub / PDF / Hörbücher / Onleihe	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / – / –	✓ / ✓ / ✓ / ✓
Preis	550 € (inkl. Standardstift), 598 € (inkl. Stift mit Radierfunktion)	599 € (inkl. Stift)	649 € (inkl. Standardstift), 748 € (inkl. Standardstift und Hülle), 849 € (inkl. Standardstift und Tastaturhülle), Stift mit Radierfunktion jeweils 50 € Aufpreis	199 € (ohne Stift), 269 € (mit Stift)

✓ vorhanden – nicht vorhanden



Unter Vertrag

Günstige Mobilfunk-Laufzeitverträge bis 30 Euro pro Monat

Mobilfunk muss nicht teuer sein. Mit einem Budget von 30 Euro im Monat bekommt man bis zu 80 Gigabyte Datenvolumen und Sparfüchse können mit einer eSIM sogar gratis surfen und telefonieren.

Von Urs Mansmann

Laufzeitverträge für den Mobilfunk sind praktisch: Sie enthalten üblicherweise einen Volumentarif fürs Internet und eine Flatrate für Telefonate und SMS in alle deut-

schen Netze. Die Kosten werden bequem am Monatsende abgebucht (Postpaid), um Restguthaben wie bei Vorkassekarten muss man sich keine Sorgen machen.

Die Kehrseite der Medaille ist, dass man erst am Monatsende erfährt, was der Spaß gekostet hat. Solange Sie nur in Deutschland unterwegs sind und dort die Flatrates nutzen, also nur surfen und nur normale Festnetz- und Mobilfunknummern in Deutschland anrufen, gibt es da keine bösen Überraschungen.

Vorsicht müssen Sie hingegen walten lassen, wenn Sie im Roaming unterwegs sind. In der EU gilt zwar die Devise „Roam like at home“, aber schon in der Schweiz kann es teuer werden. Auch die Türkei oder Serbien gehören nicht zur EU. Besonders hohe Kosten können an Bord eines Flugzeugs, einer Fähre oder eines Kreuzfahrtschiffs anfallen.

Ein Laufzeitvertrag eignet sich also nur für Mobilfunknutzer, die wissen, was sie tun. Allerdings gibt es in einigen Verträgen spezielle Zusatzkarten für Kinder, die mit einer Kostenkontrolle versehen sind, also keine kostenpflichtigen Verbindungen zulassen. Eine sinnvolle Alternative für solche Nutzer sind Prepaid-Karten, deren Guthabenkonto teure Verbindungen deckelt.

Oft gibt es Rabatte für zusätzliche Karten für Familienmitglieder. Diese erhalten dann eine eigene Rufnummer, die Abrechnung aber erfolgt zusammen mit der Hauptkarte. Theoretisch könnte man solche Karten auch im Freundeskreis verteilen und dadurch sparen, allerdings haftet der Hauptkarteninhaber am Ende für die Gesamtsumme – und er kann sehen, wer wohin telefoniert hat, weil die Rechnung bei ihm landet. Sinnvoll

ct kompakt

- Die Preis- und Leistungsunterschiede bei Laufzeittarifen sind erheblich.
- GMX macht ein kostenloses Angebot mit 3 Gigabyte pro Monat und Telefonie-Flat.
- Nur rund die Hälfte der Angebote umfasst die Option auf eine Multi-SIM.

ist das aber beispielsweise für Verwandte, deren Rechnungen man sowieso verwaltet.

Multi-SIM? Nur bei Laufzeitverträgen

Anders als Zusatz-SIM-Karten für die Familie sind Multi-SIMs zusätzliche Karten für eine bestehende Mobilfunknummer. Man benötigt sie, wenn man eine Smartwatch oder ein Tablet mit einer SIM-Karte ausstatten will, um sie auch unabhängig vom Smartphone ins mobile Internet zu bringen. Solche Multi-SIMs sind aber längst nicht in jedem Laufzeittarif verfügbar. Falls Sie eine oder mehrere solcher Karten jetzt oder in Zukunft benötigen, sollten Sie sich vor Vertragsschluss vergewissern, dass sich im gewünschten Tarif solche Karten buchen lassen.

Anrufe und SMS gehen bei Multi-SIM-Lösungen weiterhin bei der Hauptkarte ein; Verbindungen über die zusätzlichen SIM-Karten werden über die Hauptkarte abgerechnet. Üblicherweise verlangen die Anbieter ein Entgelt pro SIM-Karte und berechnen einmalig Kosten für die Einrichtung einer neuen Karte. Multi-SIMs gibt es bislang nur mit Laufzeitverträgen. Für Prepaid-Karten werden solche zusätzlichen SIMs nicht angeboten.

Datenautomatik

Ist das monatliche Datenvolumen erschöpft, bucht bei manchen Tarifen eine Datenautomatik ohne Zutun des Nutzers ein vorher festgelegtes Quantum zu einem fixen Preis nach. Das tut sie üblicherweise dreimal, bevor die Drosselung greift.

Was auf den ersten Blick benutzerfreundlich aussieht, füllt die Kassen des Anbieters. Oft wird nur wenig Volumen nachgebucht, dafür ist der Preis in der

Regel recht hoch. Offenbar kam die Datenautomatik bei den Kunden nicht gut an, sodass die meisten Anbieter sie wieder abgeschafft haben. Die wenigen verbliebenen Tarife mit Datenautomatik erlauben es, diese permanent zu deaktivieren.

Ein kleines Revival erlebt die Datenautomatik mit einer neuen Art Flatrate: Mit „Unlimited“ benannte Volumentarife erlauben es neuerdings, beliebig oft 2 Gigabyte kostenlos nachzubuchen, etwa bei dem O2-Unlimited-Tarif von Freenet oder dem Unlimited-Angebot von Premium-SIM. Der Zwang zu Nachbuchungen ab einem bestimmten Verbrauch soll vermutlich einer allzu intensiven Nutzung vorbeugen, ohne aber den Kunden mit geringen Übertragungsraten quasi vom Netz abzuschneiden oder durch hohe Kosten zu verärgern.

Grundsätzlich gilt die Faustregel: Buchen Sie lieber deutlich zu viel Volumen als ein bisschen zu wenig. Denn Nachbuchungen sind unverhältnismäßig teuer, wohingegen der nächstgrößere Tarif in der Staffeln in der Regel nur einen geringen Aufpreis kostet. Ganz davon abgesehen ist es natürlich komfortabler, wenn man sich nicht immer wieder am Monatsende mit dem Kundencenter herumschlagen muss, weil das Volumen nicht ausreicht hat.

Netzwahl

In Deutschland gibt viele Tarifanbieter, die sich auf vier Mobilfunknetze verteilen:

1&1, O2, Telekom und Vodafone. Das jüngste und noch am wenigsten ausgebaut ist das Netz von 1&1. Es ist nur an wenigen Punkten verfügbar. Um die Lücken zu füllen, hat 1&1 ein nationales Roamingabkommen mit Vodafone geschlossen. Die Kunden nutzen automatisch das Vodafone-Netz, wenn das von 1&1 nicht verfügbar ist. Der Roamingpartner hat sich im vergangenen Sommer geändert, vorher lief das über O2. 1&1 stellt seine Bestandskunden und die der zahlreichen Marken der Konzerntochter Drillisch schrittweise bis Herbst 2025 auf Vodafone um, Neukunden nutzen direkt das Vodafone-Netz.

Für den Kunden ist dieses nationale Roaming nicht transparent, er kann also nicht sehen, welches Netz er gerade tatsächlich nutzt; angezeigt wird immer 1&1 oder der jeweilige Provider im Konzern, etwa GMX oder SIM24.

Die drei anderen Netzbetreiber haben gut ausgebaute Netze. In Abdeckungstests ergibt sich stets die gleiche Reihenfolge: Am besten schneidet insgesamt Telekom ab, gefolgt von Vodafone. O2 folgt auf dem dritten Platz, hat aber in den vergangenen Jahren aufgeschlossen.

Aus dieser Reihenfolge sollte man aber nicht unbedingt auf die Eignung in einer bestimmten Region schließen. In Großstädten sind alle drei Netze gut ausgebaut, Schwachstellen oder Löcher gibt es aber auch dort in allen Netzen. Je wei-

Bei Congstar lassen sich Laufzeit, eSIM und 5G-Option im Bestellprozess mit jeweils einem Klick wählen.

The screenshot shows a selection screen for a mobile service. It is divided into three main sections:

- Wähle deine Tarifaufzeit:** Two options are shown. The first is "24 Monate Laufzeit" (selected), with monthly costs of 22,00 € and no one-time costs. The second is "Ohne Laufzeit (mtl. kündbar)", with monthly costs of 22,00 € and one-time costs of 20,00 €.
- SIM-Kartenformat:** A checkbox option "Mit eSIM buchen" is selected, with a monthly cost of 0,00 €. A note states it functions like a classic SIM card but is integrated into the smartphone.
- Zubuchbare Tarifoptionen:** Two additional options are shown. The first is "5G Speed Option" (3,00 € mtl.), which allows for faster speeds up to 100 Mbit/s. The second is "share Tut Gutes Option" (3,00 € mtl.), which adds 4 GB of data and supports digital education.

At the bottom right, there is a blue button labeled "Weiter ohne Gerät" with a right-pointing arrow.

ter man aufs Land kommt, desto löchriger wird die Abdeckung. Am schlechtesten ist sie in Waldgebieten und im Bergland. Und dort hat je nach Region mal der eine, mal der andere Netzbetreiber die Nase vorn.

Am besten setzen Sie auf eigene Erfahrung und die von Familie, Freunden, Bekannten und Kollegen, die in der gleichen Gegend unterwegs sind. Wenn die alle auf das Netz A oder B schwören, wird das auch für Sie die richtige Wahl sein. Und wenn Sie bisher mit Netz C zufrieden waren, sollten Sie nur wechseln, wenn Sie einen triftigen Grund haben. Wenn Sie ein Dual-SIM-Handy haben, aber bislang nur eine SIM nutzen, können Sie auch ein zweites Netz gewissermaßen Probe fahren, indem Sie eine günstige Prepaid-SIM erwerben und vier Wochen lang ausprobieren, wie es sich damit im Alltag surfen lässt. Mit der zweiten SIM bleiben Sie unter Ihrer Hauptrufnummer erreichbar.

Vertragsdauer

Am liebsten verkaufen Mobilfunkanbieter lange laufende Verträge. Das Maximum, was im Privatkundengeschäft zulässig ist,

ist eine Laufzeit von zwei Jahren. Eine weitere Verlängerung ist nicht zulässig, nach Ablauf von maximal zwei Jahren können Sie jederzeit kündigen und den Anbieter wechseln.

Viele Angebote gibt es wahlweise mit kurzer oder langer Laufzeit. Auch wenn man Sie mit Rabatten lockt, sollten Sie sich das gut überlegen. Zwei Jahre sind eine lange Zeit und wenn sich Ihr Bedarf ändert, kommen Sie aus dem Vertrag nicht mehr heraus. Der Kostennachteil kann dann erheblich höher sein als die 20 oder 30 Euro, die Sie anfänglich eingespart haben.

Außerdem fallen die Preise ständig. Üblicherweise senken die Anbieter aber nicht die Preise, sondern erhöhen das Inklusivvolumen, damit ihr Umsatz nicht zurückgeht. Wenn Sie nicht mehr Volumen benötigen, können Sie das für sich nutzen, indem Sie in einen günstigeren Tarif mit gleichem Leistungsumfang wechseln.

Eine Laufzeit von zwei Jahren ist dann zwingend, wenn Sie zusammen mit dem neuen Tarif auch ein Handy erwerben wollen. Das sollten Sie sorgfältig durchrech-

nen, denn oft sind die Angebote nur scheinbar günstig. Wenn Sie das Smartphone im Einzelhandel erwerben, können Sie einfacher Preise vergleichen und sind bei der Auswahl der Mobilfunktarife nicht eingeschränkt. Bei Kombiangeboten aus Handyfinanzierung und Mobilfunktarif müssen Sie auch aufpassen, dass der Anteil für die Finanzierung nach zwei Jahren tatsächlich wegfällt und nicht etwa weiterläuft, bis Sie bemerken, dass man Sie über den Tisch gezogen hat.

Rufnummer mitnehmen

Anbieterwechsel bereiten heutzutage in aller Regel keinerlei Probleme mehr. Anders als an Festnetzanschlüssen muss die Technik dabei kein physisches Medium schalten, sondern nur eine SIM-Karte erstellen und in den Systemen einpflegen. Das bekommen die Anbieter hin. Und selbst die Mitnahme der Rufnummer zwischen verschiedenen Providern läuft in der Regel problemlos, weil die Netzbetreiber eine gemeinsame Datenbank betreiben, in der hinterlegt ist, welche Rufnummer bei welchem Provider geschaltet ist.

Smartphonetarife bis 30 €/Monat (Auswahl), Teil 1

Anbieter	1&1	Blau	Congstar	Congstar	Freenet	Freenet
Tarif	All-Net-Flat LTE S (M; L)	Allnet Flat 7 (15; 25; 40) GB	Allnet Flat S (S extra)	Allnet Flat M (L)	Funk 1 GB (unlimited)	Allnet Flat 8 (20) GB
URL	1und1.de	blau.de	congstar.de	congstar.de	freenet-funk.de	freenet-mobilfunk.de
Netz / Mobilfunktechnologie (nationales Roaming)	1&1 (Vodafone) / 5G	02 / 5G	Telekom / LTE, 5G für 3 €/Monat Aufpreis	Telekom / LTE, 5G für 3 €/Monat Aufpreis	02 / LTE	Telekom / 5G
Grundkonditionen						
Grundvolumen ohne Aufpreis	10 (40; 80) GByte/Monat	7 (15; 25; 40) GByte/Monat	5 ⁵ (15 ⁵) GByte/Monat	35 ⁶ (55 ⁶) GByte/Monat	1 GByte/Tag (Flatrate)	8 (20) GByte/Monat
max. Datenrate Download / Upload	300 / 50 Mbit/s	50 / 32 Mbit/s	25 / 10 Mbit/s ³	50 / 25 Mbit/s	225 / 50 Mbit/s (15 / 10 Mbit/s mit Flatrate)	25 / 10 (50 / 10) Mbit/s
Drosselung Download / Upload	64 / 64 kbit/s	64 / 64 kbit/s	32 / 32 kbit/s	32 / 32 kbit/s	64 / 64 kbit/s	64 / 64 kbit/s
Flatrate Telefon / SMS	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / –
Optionen und Erweiterungen						
Schweiz im Roaming zum EU-Tarif abgerechnet	–	–	–	–	– (Roaming nur in der EU möglich, nur Internetzugang)	–
Multi-SIM	eine zusätzliche SIM kostenlos, eine weitere für 9,90 € einmalig, 3,99 €/Monat	–	eine zusätzliche SIM, 5 € einmalig, 5 €/Monat, nur als physische SIM	eine zusätzliche SIM, 5 € einmalig, 5 €/Monat, nur als physische SIM	–	2 weitere SIM je 30 € einmalig, 4,95 €/Monat
eSIM	✓	–	✓	✓	–	✓
Kosten für Ersatz-SIM	15,39 €	14,98 €	15 €	15 €	10 €	10 €
Wunschrufnummer	–	–	15 €	15 €	–	39,99 bis 199,99 €
Kosten bei Onlinebestellung						
Mindestvertragslaufzeit / Kündigungsfrist	– / 14 Tage	– / 1 Monat	1 Monat / 14 Tage	1 Monat / 14 Tage	1 Tag / –	24 Monate / 1 Monat
einmalige Kosten abzüglich Rabatte und Guthaben ²	19,90 € ¹	29,99 €	35 €	35 €	10 €	220,01 (330,01) € Gutschrift
monatliche Kosten (ohne Rabatte) mindestens	19,99 (24,99; 29,99) €	5,99 (6,99; 9,99; 15,99) €/Monat	12 (17) €	22 (27) €	20,99 ⁴ (30,11) € ⁴	21,99 (29,99) €
– nicht vorhanden	✓ vorhanden	¹ Ermäßigungen bei 24 Monaten Laufzeit	² gerechnet auf 24 Monate Vertragsdauer	³ höhere Datenrate im Downstream optional	⁴ tägliche Abrechnung	

Kostenlos-Angebot mit kleinen Haken

GMX bietet mit FreePhone einen Tarif an, der für 0 Euro drei Gigabyte Volumen pro Monat und eine Telefonie- und SMS-Flatrate in alle deutschen Netze umfasst. Das ist so günstig, dass man sich unwillkürlich fragt, wo denn da der Haken liegt.

GMX nutzt für sein Angebot das 1&1-Netz, also das Netz der Konzernmutter. Da dieses derzeit nur an wenigen Punkten ausgebaut ist, kooperiert 1&1 mit Vodafone und nutzt dessen Netz in nationalen Roaming. Die Abdeckung ist also gut.

Ein echter Haken ist die Buchbarkeit: Das Angebot richtet sich exklusiv an Neukunden, die eine eSIM nutzen und die GMX-App verwenden. Es gibt bei GMX zwar auch Tarife mit physischer SIM, aber

diese sind nicht kostenlos. Ist Ihr Handy nicht eSIM-fähig, können Sie das Kostenlosangebot nicht nutzen. Ein Wechsel von einem anderen GMX-Tarif ist ebenfalls nicht möglich.

Nutzer, die mehr als drei Gigabyte brauchen, werden zur Kasse gebeten. Die sogenannte Datenautomatik, das ist der zweite Haken, bucht bis zu dreimal im Monat bei Bedarf ein Zusatzpaket mit einem Gigabyte Volumen für 1,99 Euro nach. Das allerdings kann man in der App permanent ausschalten, indem man in die Tarifvariante ohne Datenautomatik wechselt.

Eine richtige Kostenfalle ist das angesichts des geringen Betrages nicht,

selbst wenn man die Datenautomatik zunächst übersieht. Viele Kunden werden lieber automatisch bezahlen wollen, als ihren Zugang auf 64 kbit/s drosseln zu lassen.

Wie kommt GMX nun also auf seine Kosten? Offenbar möchte der Anbieter im hart umkämpften Mobilfunkmarkt Marktanteile gewinnen und setzt darauf, die mit dem Kampfpriest gelockten Kunden zu halten, wenn ihnen drei Gigabyte im Monat irgendwann nicht mehr reichen. Das könnte durchaus gelingen: Die nächstgrößere Tarifvariante mit 10 Gigabyte für 5 Euro im Monat ist im Vergleich zu anderen Angeboten am Markt sehr günstig.

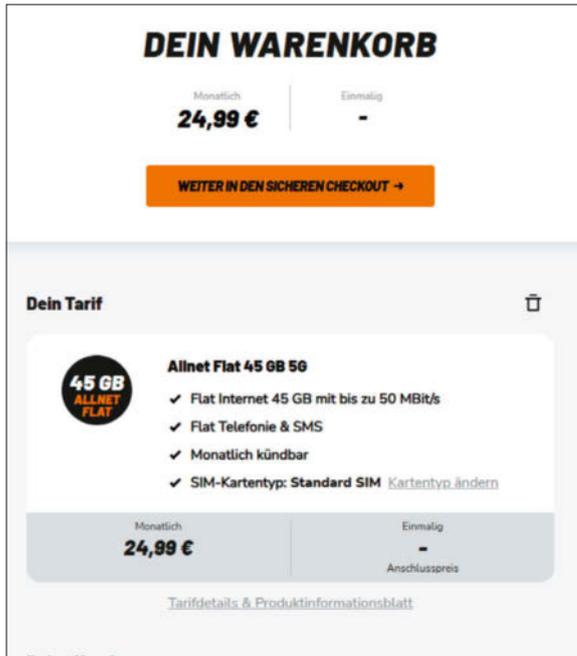
Problematisch kann es nur werden, wenn Sie zwischen unterschiedlichen Marken eines Betreibers wechseln. Unter Umständen ist das technisch nicht möglich, weil es eben kein externer Wechsel

ist, sondern ein interner. Das lässt sich umgehen, indem man zu einem Fremdanbieter wechselt und von dort dann ins gewünschte Netz, der Aufwand dafür ist aber hoch.

Vor dem Wechsel sollten Sie die Daten beim alten Anbieter prüfen. Sind diese falsch oder veraltet, müssen Sie sie unbedingt korrigieren, bevor Sie die Rufnummernmitnahme anstoßen. Die Daten, die

Freenet	Freenet	Freenet	Freenet	GMX	GMX	High Mobile	High Mobile
Green LTE 10 GB	Allnet Flat 10 (17; 25) GB	Allnet Flat 50 (70) GB	o2 Mobile Unlimited on Demand	FreePhone ⁷	All-Net Flat 5 (15; 25; 40) GB	High Start 1 Flex (2)	High 20 (30 LTE50; 45 LTE50) Flex
freenet-mobilfunk.de	freenet-mobilfunk.de	freenet-mobilfunk.de	freenet-mobilfunk.de	gmx.net	gmx.net	high-mobile.de	high-mobile.de
Vodafone / LTE	02 / 5G	02 / 5G	02 / 5G	1&1 (Vodafone) / 5G	1&1 (Vodafone) / 5G	Telekom / LTE	Telekom / LTE (5G für 3 €/Monat Aufpreis)
5 (10) GByte/Monat	10 (17; 25) GByte/Monat	50 (70) GByte/Monat	10 GByte/Tag	3 (10; 50; 80) GByte/Monat	5 (15; 25; 40) GByte/Monat	1 (2) GByte/Monat	20 (30; 45) GByte/Monat
50 / 25 Mbit/s	50 / 32 Mbit/s	50 / 32 Mbit/s	300 / 50 Mbit/s	50 / 25 Mbit/s	50 / 25 Mbit/s	25 / 10 Mbit/s	25 ³ / 5 Mbit/s (50 / 25 Mbit/s mit 5G-Option sowie für Tarife 30 und 45)
64 / 64 kbit/s	64 / 64 kbit/s	64 / 64 kbit/s	384 / 384 kbit/s, jederzeit und beliebig oft 2 GByte kostenlos nachbuchbar	64 / 64 kbit/s, Datenautomatik mit dreimal 1 GByte für 1,99 €, deaktivierbar	64 / 64 kbit/s	32 / 32 (32 / 16) kbit/s	32 / 32 kbit/s (32 / 16 kbit/s für 45-GB-Tarif)
✓ / -	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	- / -	✓ / ✓
-	-	-	-	-	-	-	-
2 weitere SIM je 5 €/Monat	-	-	-	-	-	-	-
✓	✓	✓	✓	✓ (nur mit eSIM nutzbar)	✓	✓	✓
10 €	10 €	10 €	10 €	15,39 €	15,39 €	14,90 €	14,90 €
39,99 bis 199,99 €	39,99 bis 199,99 €	39,99 bis 199,99 €	39,99 bis 199,99 €	-	-	kostenlos	kostenlos
24 Monate / 1 Monat	1 Monat / 1 Monat	1 Monat / 1 Monat	24 Monate / 1 Monat	- / 7 Tage	- / 14 Tage	1 Monat / 1 Monat (24 Monate / 1 Monat)	1 Monat / 4 Wochen
388,01 € Gutschrift	19,99 €	19,99 €	39,99 €	-	29,99 €	19,90 € (-) ¹	29,90 € ¹
26,99 €	11,99 (13,99; 16,99) € ¹	21,99 (23,99) € ¹	19,99 €	kostenlos (4,99; 9,99; 14,99 €/Monat)	4,99 (6,99; 9,99; 15,99) €	6 (5) €	10 (15; 20) €

⁵ monatliches Inklusivvolumen erhöht sich alle 12 Monate um 1 GByte ⁶ monatliches Inklusivvolumen erhöht sich alle 12 Monate um 5 GByte ⁷ nur per App und mit eSIM buchbar



Beim Preisvergleich sollten Sie eine Bestellung durchspielen, dann erhalten Sie eine Übersicht mit allen wichtigen Eckpunkten.

Rufnummer. Wollen Sie die Rufnummer aus einem Prepaid-Vertrag mitnehmen, müssen Sie dort eine Verzichtserklärung abgeben, mit der der Vertrag gekündigt wird.

Selbst nach Vertragsende ist noch eine Mitnahme der Rufnummer möglich, allerdings nur 30 Tage lang. Ist diese Frist verstrichen, wird die Rufnummer an den ursprünglichen Provider zurückgegeben und kann dort neu vergeben werden.

Mehr Tempo?

Die günstigen und teuren Angebote unterscheiden sich vor allem in der maximalen Datenrate. Die Netzbetreiber selbst bieten dort üblicherweise 300 Mbit/s in Empfangsrichtung (Downstream) an, die Serviceprovider üblicherweise nur 50. Einige ältere Angebote sind sogar auf 20 bis 25 Mbit/s gedrosselt.

Der Unterschied zwischen 50 und 300 Mbit/s ist kleiner, als man annehmen möchte. Mobilfunk-Apps sind üblicherweise auf Datensparsamkeit getrimmt, um den Geldbeutel der Anwender zu schonen, und übertragen nur kleine Datenmengen.

alter und neuer Anbieter gespeichert haben, müssen identisch sein, andernfalls lehnen sie die Rufnummernübertragung ab.

Es spielt keine Rolle, ob die Rufnummer bei einem Prepaid- oder Postpaid-

Anbieter geschaltet ist, Sie können diese jederzeit mitnehmen. In einem Laufzeitvertrag ist das sogar während der Mindestvertragslaufzeit möglich, für den alten Vertrag erhalten Sie dann eine neue

Smartphonetarife bis 30 €/Monat (Auswahl), Teil 2

Anbieter	Klarmobil	Maxxim	Maxxim	O2	Otelo	PremiumSIM
Tarif	Allnet Flat 20 (30; 45) GB 5G	1 (3) GB	10 (50) GB	Mobile S (M) Flex	Allnet Flat Go 10 (Classic 30; Max 50 GB)	6 (12) GB
URL	klarmobil.de	maxxim.de	maxxim.de	o2.de	otelo.de	premiumsim.de
Netz / Mobilfunktechnologie (nationales Roaming)	Telekom / 5G	1&1 (Vodafone) / 5G	1&1 (Vodafone) / 5G	O2 / 5G	Vodafone / LTE	1&1 (Vodafone) / 5G
Grundkonditionen						
Grundvolumen ohne Aufpreis	20 (30; 45) GByte/Monat	1 (3) GByte/Monat	5 (20) GByte/Monat	10 ⁴ (30 ²) GByte/Monat	10 (30; 50) GByte/Monat	6 (12) GByte/Monat
max. Datenrate Download / Upload	25 / 10 (50 / 25; 50 / 25) Mbit/s	50 / 32 Mbit/s	50 / 32 Mbit/s	300 / 50 Mbit/s	21,6 / 3,6 Mbit/s ³	50 / 32 Mbit/s
Drosselung Download / Upload	32 / 32 kbit/s	64 / 64 kbit/s, Datenautomatik deaktivierbar	64 / 64 kbit/s, Datenautomatik deaktivierbar	32 / 32 kbit/s	64 / 64 kbit/s	64 / 64 kbit/s
Flatrate Telefon / SMS	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Optionen und Erweiterungen						
Schweiz im Roaming zum EU-Tarif abgerechnet	–	–	–	–	–	–
Multi-SIM	–	2 weitere SIM je 4,95 € einmalig, 2,95 €/Monat	2 weitere SIM je 4,95 € einmalig, 2,95 €/Monat	2 weitere SIM und 7 Daten-SIM je 19,99 € einmalig	–	2 weitere SIM je 4,95 € einmalig, 2,95 €/Monat
eSIM	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Kosten für Ersatz-SIM	10 €	14,95 €	14,95 €	39,99 €	9,90 €	14,95 €
Wunschrufnummer	–	✓	–	–	–	19,99 €
Kosten bei Onlinebestellung						
Mindestvertragslaufzeit / Kündigungsfrist	1 Monat / 2 Wochen	– / 1 Monat	– / 1 Monat	– / 1 Monat	24 / 1 Monate	1 / 1 Monat
einmalige Kosten abzüglich Rabatte und Guthaben ²	–	19,99 €	19,99 €	80,01 € Gutschrift €	9,99 €	19,99 €
monatliche Kosten (ohne Rabatte) mindestens	14,99 (19,99; 24,99) €	5,99 (7,99) €	14,99 (29,99) €	24,99 (29,99) € ¹	14,99 (19,99; 29,99) €	6,99 (8,99) €
– nicht vorhanden ✓ vorhanden ¹ Ermäßigungen bei 24 Monaten Laufzeit ² gerechnet auf 24 Monate Vertragsdauer ³ höhere Datenrate im Downstream optional						

Hinzu kommt, dass die stark genutzten Mobilfunknetze die theoretische Maximalkapazität nur im Ausnahmefall bereitstellen können.

Wenn Sie noch kein 5G-Handy haben, werden Sie bei höherer Datenrate kaum einen Unterschied feststellen können, denn im LTE-Netz erreichen Sie in der Praxis selten mehr als 100 Mbit/s. Das 5G-Netz stellt zusätzliche Kapazität bereit und sorgt dafür, dass die Verbindung häufiger tatsächlich über 100 Mbit/s liefert. Aber auch das bleibt in der Praxis meist ohne spürbare Auswirkungen.

Lediglich von Tarifen mit 20 oder 25 Mbit/s sollten Sie lieber die Finger lassen. Hier dauert die Datenübertragung so lange, dass einige Apps tatsächlich langsamer reagieren, weil sie auf Daten aus dem Netz warten müssen, etwa um einen Videopuffer zu füllen, bevor das Video starten kann.

Immer noch werden einzelne Tarife ohne 5G angeboten. Von der Netzabdeckung her macht das bislang keinen Unterschied, weil jeder 5G-Sendemast auch 4G kann. Einbußen kann es lediglich bei der Leistung geben; ein 5G-fähiges

Smartphone kann seine Vorteile mit einem reinen LTE-Tarif nicht vollständig ausspielen.

Falls Sie nur ein LTE-Gerät haben, können Sie hingegen einen 5G-Tarif buchen. Der Zugriff aufs LTE-Netz ist immer Teil des Mobilfunkpakets und wenn Sie in der Zukunft ein neues Gerät kaufen, können Sie das 5G-Netz gleich nutzen.

Fazit

Die Preisspanne bei Laufzeitverträgen ist groß. Die Verträge der Netzbetreiber bieten zwar mehr Leistung, sind aber unverhältnismäßig teuer. Viel günstiger sind die Angebote der sogenannten Serviceprovider, die kein eigenes Netz haben und die Leistung von den Netzbetreibern einkaufen. Besonders günstige Angebote finden sich bei der United-Internet-Tochter Drillisch, die Mobilfunkanschlüsse fürs 1&1-Netz unter zahlreichen Marken verkauft.

Genau hinschauen müssen Sie, wenn Sie Multi-SIMs einsetzen wollen, also mehrere SIM-Karten mit gleicher Rufnummer für einen Vertrag. Solche Zusatzkarten können Sie nur rund bei der Hälfte



Viele Anbieter versuchen im Online-Bestellprozess, Sie zu einem teureren Tarif zu überreden.

der Angebote buchen. eSIMs hingegen sind inzwischen bei fast allen Anbietern verfügbar.

Schließen Sie keine Zweijahresverträge ab, wenn man Ihnen alternativ eine kurze Laufzeit bietet. Der Markt verändert sich rasch und möglicherweise entgeht Ihnen in der Zukunft ein günstigeres Angebot, weil Sie vertraglich noch gebunden sind. Lange Laufzeiten nutzen nur den Anbietern, nicht den Kunden.

(uma@ct.de) **ct**

PremiumSIM	Sim24	SIMon Mobile	Telekom	Telekom	Vodafone	Yourfone	Yourfone
16 GB (Unlimited)	5 (10; 25; 50) GB	15 (20; 30) GB	fraenk 12 (22) GB	MagentaMobil Basic	GigaMobil XS	LTE 2 (6) GB	LTE 10 (20) GB
premiumsim.de	sim24.de	simonmobile.de	fraenk.de	telekom.de	vodafone.de	yourfone.de	yourfone.de
1&1 (Vodafone) / 5G	1&1 (Vodafone) / 5G	1&1 (Vodafone) / 5G	Telekom / 5G	Telekom / 5G	Vodafone / 5G	1&1 (Vodafone) / 5G	1&1 (Vodafone) / 5G
16 (50) GByte/Monat	5 (10; 25; 50) GByte/Monat	15 (20; 30) GByte	12 (22) GByte/Monat	5 GByte/Monat, inkl. Hotspot-Flat	7 GByte/Monat	2 (6) GByte/Monat	10 (20) GByte/Monat
50 / 32 Mbit/s	50 / 32 Mbit/s	50 / 25 Mbit/s	50 / 25 Mbit/s	300 / 50 Mbit/s	300 / 100 Mbit/s	50 / 32 Mbit/s ³	50 / 32 Mbit/s ³
64 / 64 kbit/s (im Unlimited-Tarif jederzeit und beliebig oft 2 GByte nachbuchbar)	64 / 64 kbit/s, Datenautomatik deaktivierbar	32 / 32 kbit/s	32 / 32 kbit/s	64 / 16 kbit/s	64 / 64 kbit/s	64 / 64 kbit/s	64 / 64 kbit/s
✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
–	–	–	✓	✓	–	–	–
2 weitere SIM je 4,95 € einmalig, 2,95 €/Monat	2 weitere SIM je 4,95 € einmalig, 2,95 €/Monat	–	–	7 weitere SIM je 19,95 € einmalig, 4,95 €/Monat	2 weitere SIM je 39,99 € einmalig, 5 €/Monat	2 weitere SIM je 4,95 € einmalig, 2,95 €/Monat	2 weitere SIM je 4,95 € einmalig, 2,95 €/Monat
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
14,95 €	14,95 €	9,90 €	10 €	29,95 €	10 €	14,95 €;	14,95 €
19,99 €	19,99 €	–	–	–	20 €, nur bei Vertragsschluss im Shop	19,99 €	19,99 €
1 / 1 Monat	1 / 1 Monat	– / 1 Monat	1 Monat / 14 Tage	– / 1 Monat	24 / 1 Monate	24 / 1 Monate, in den ersten 30 Tagen fristlos kündbar	24 / 1 Monate, in den ersten 30 Tagen fristlos kündbar
19,99 €	19,99 €	–	–	39,95 €	120 € Gutschrift	30,01 (42,01) € Gutschrift	90,01 € Gutschrift
10,99 (29,99) €	9,99 (13,99; 24,99; 29,99) €	11,99 (14,99 / 19,99) € ⁶	10 (15) €	24,95 €	29,99 €	9,99 (12,99) €	19,99 (24,99) €

⁴ monatliches Inklusivvolumen erhöht sich alle 12 Monate um 1 GByte ⁵ monatliches Inklusivvolumen erhöht sich alle 12 Monate um 5 GByte ⁶ günstigere Preise bei Rufnummernmitnahme



Schnellmerker

DDR5-Speichermodule für hohe Geschwindigkeiten im Test

Neue CUDIMMs mit zusätzlichen Signalverstärkern versprechen noch höheren Takt. Wir haben getestet, wie sich die neue Speichertechnik schlägt und welche Vorteile Overclocking-RAM bei modernen Prozessoren mit großem Cache überhaupt noch bietet.

Von Christian Hirsch

Zu unseren PC-Bauvorschlägen erreicht uns viel Feedback, darunter öfter die Frage, warum wir vermeintlich langsamen Arbeitsspeicher verwenden. Wir halten uns dabei an die Vorgaben der Prozessorhersteller: AMD gibt für Ryzen 7000 und 8000G RAM nach der Spezi-

fikation DDR5-5200 frei und für Ryzen 9000 DDR5-5600. Intel erlaubt bei Core Ultra 200S DDR5-5600-Tempo und mit den kürzlich vorgestellten CUDIMMs sogar DDR5-6400. Noch höhere Geschwindigkeiten sowie kürzere Latenzen sind durch Übertaktung möglich, allerdings muss man dabei Nachteile in Kauf nehmen. Deshalb haben wir uns den derzeitigen Stand von Overclocking-RAM mit aktuellen Prozessoren angeschaut.

CUDIMM steht für Clocked Unbuffered Dual Inline Memory Module. Im Vergleich zu einem normalen UDIMM hat ein CUDIMM einen zusätzlichen „Clock Driver“-Chip, der das Taktfrequenzsignal aufbereitet und verstärkt. Dadurch erreichen CUDIMMs höhere Frequenzen im Rahmen von Spezifikationen des Industriegremiums JEDEC. CUDIMMs liefern also ohne Übertaktung höhere Datentransferraten als normale UDIMMs, sind aber teuer und laufen nur

auf bestimmten Boards. Zusätzlich lassen sich auch CUDIMMs übertakten, das ist etwas verwirrend.

Im Test treten vier verschiedene Speicher-Kits aus 16- und 24-GByte-DIMMs an. Darunter befinden sich drei Übertakter-Kits von G.Skill, Kingston und Teamgroup mit Geschwindigkeiten bis zu DDR5-8800. Die Kits von G.Skill, Kingston und die JEDEC-konformen Module von Crucial sind CUDIMMs. Sie haben wir ausschließlich auf einem System mit Intels schnellster Desktop-CPU Core Ultra 9 285K und dem Mainboard Asus ROG Maximus Z890 Hero getestet. Die Teamgroup-DIMMs ohne Clock Driver mussten sich auch auf einem Testsystem mit AMD Ryzen 9 7950X3D beweisen.

Mehr Takt durch mehr Spannung
Übertaktermodule erfordern eine höhere Spannung. Statt 1,1 Volt wie vom JEDEC für DDR5-RAM festgelegt, benötigen sie

Schnelles DDR5-RAM: technische Daten

Hersteller, Typ	Crucial DDR5-6400 CUDIMM (CT2K16G64C52CU5)	G.Skill Trident Z5 CK DDR5-8600 (F5-8600C4255H24GX2-TZ5CK)	Kingston Fury Renegade DDR5-8800 CUDIMM (KF582C40RS-24)	Teamgroup T-Force Xtream ARGB DDR5-7600 (FF9D53267600HC36FDC01)
Speichersorte / Kapazität	CUDIMM, 2 × 16 GByte	CUDIMM, 2 × 24 GByte	CUDIMM, 2 × 24 GByte	UDIMM, 2 × 16 GByte
theoretische Geschwindigkeit / Latenzen / Spannung	DDR5-6400, CL52-52-52, 1,1 Volt	DDR5-8600, CL46-55-55, 1,45 Volt	DDR5-8800, CL46-54-54, 1,45 Volt	DDR5-7600, CL36-45-45, 1,4 Volt
erreichte Geschwindigkeit / Latenzen / Spannung	DDR5-6400, CL52-51-51, 1,1 Volt	DDR5-7200, CL42-55-55, 1,45 Volt	DDR5-7200, CL40-50-50, 1,45 Volt	DDR5-7600, CL36-45-45, 1,4 Volt
Höhe / Besonderheiten	3,1 cm / –	4,3 cm / Kühlblech	3,9 cm / Kühlblech	4,9 cm / Kühlblech, RGB-LED-Streifen
Preis	190 €	keine Angabe	keine Angabe	200 €

je nach Typ 1,25, 1,35 oder 1,45 Volt. Deshalb enthalten Overclocking-DIMMs im SPD-EEPROM erweiterte Profile nach den Standards EXPO (AMD) und XMP 3.0. Darin sind die Parameter für Latenzen und Spannungen für verschiedene Geschwindigkeitsstufen hinterlegt.

XMP- und EXPO-Profile müssen Anwender von Hand im BIOS-Setup aktivieren, sonst laufen die Module mit 1,1 Volt Spannung und üblichem JEDEC-Tempo von DDR5-5600 beziehungsweise DDR5-6400 bei CUDIMMs. Durch die manuelle Aktivierung der Übertaktung sind die CPU-, Mainboard- und Speicherhersteller bei Problemen aus der Verantwortung. Denn es gibt keine Garantie, dass der erhöhte Speichertakt tatsächlich zuverlässig und stabil funktioniert.

Die höhere Spannung kann im Extremfall den Prozessor schädigen. Die I/O-Spannung V_{DDQ} ist identisch mit der bei DDR5-RAM auf dem Speichermodul erzeugten Versorgungsspannung (V_{DD}). Dadurch wirkt die erhöhte Spannung direkt auf den Speichercontroller in der CPU, der bei Core Ultra 200S und Ryzen 9000 im in 6-Nanometer-Technik gefertigten SoC-Tile beziehungsweise I/O-Die sitzt. Im Frühjahr 2023 gab es mehrere durchgebrannte Ryzen-7000-Prozessoren, weil die Board-Hersteller bei aktiviertem Expo/XMP zusätzlich zur Speicherspannung interne I/O-Spannungen in der CPU zu sehr hochgedreht hatten [1].

Deshalb stellt sich die Frage: Lohnt sich das Risiko, also was bringt höhere RAM-Geschwindigkeit überhaupt? Die hilft vor allem, wenn die CPU größere Datenmengen am Stück verarbeiten muss. Ein Paradebeispiel ist das Komprimieren von Dateien. Dabei durchsucht der Prozessor den gesamten Inhalt der in den Arbeitsspeicher geladenen Daten auf redundante Informationen, um sie durch kürzere Tokens zu ersetzen. Deshalb profitieren Packprogramme wie 7-Zip, WinRAR oder Winzip besonders von schnellem RAM.

Bei Zugriffen auf kleinere Datenhäppchen, die verteilt im RAM liegen, spielen hingegen die Latenzen eine wichtigere Rolle. Diese ergeben sich aus den Speicher-Timings wie unter anderem Column Address Strobe (CAS), Row-to-Column Delay (t_{RCD}) und Row Precharge Time (t_{RP}), die bei Speichermodulen als Zahlenfolge wie zum Beispiel CL46-46-46 aufgedruckt sind. Diese Wartezeiten ergeben sich aus der Ansteuerung der einzelnen Zellen, die in Zeilen (Rows) und Spalten (Columns) angeordnet sind. Außer den drei erwähnten Parametern gibt es noch zahlreiche weitere Subtimings, die man per Hand tunen kann [2]. Von kurzen RAM-Latenzen profitieren vor allem 3D-Spiele, weil dort die Spielmechanik unterschiedliche und eher kleinere Datenpakete wie Texturen, 3D-Modelle und

Toneffekte aus verschiedenen Bereichen des Arbeitsspeichers lädt.

CUDIMMs für höhere Geschwindigkeiten

Als erste CPU-Generation unterstützt Intels Core Ultra 200S „Arrow Lake“ Speichermodule mit zusätzlich aufgelötetem Clock Driver. Diese Clock Buffered UDIMMs (CUDIMMs) laufen mit JEDEC-Timings und 1,1 Volt bei einer Geschwindigkeit von derzeit DDR5-6400 ganz ohne EXPO- oder XMP-Profil. Aber auch damit gibt es Übertaktermodule mit Geschwindigkeiten von DDR5-8000 und höher.

CUDIMMs sind abwärtskompatibel, funktionieren also nach einem BIOS-Update zumindest mit Ryzen-9000-Prozessoren, die den Taktverstärker bislang jedoch nicht unterstützen. Dann arbeiten CUDIMMs allerdings im sogenannten Bypass-Modus, bei dem sie das Taktsignal vom Speichercontroller unverändert durchleiten. Wir haben CUDIMMs in unserem Bauvorschlag für einen Ryzen-9000-PC aus c't 28/2024 ausprobiert [3]. Direkt nach dem Einschalten liefert das von uns verwendete Mainboard Asus Prime X870-P Wi-Fi einen Warnhinweis auf dem Bildschirm, dass es CUDIMMs erkannt hat und ob man diese im Bypass-Modus verwenden möchte. Bestätigt man dies, läuft das RAM allerdings lediglich als DDR5-3200, also erheblich langsamer als

Schnelles DDR5-RAM: Benchmarks

Modul (getestete Geschwindigkeit)	AIDA64 Lesen [GByte/s]	AIDA64 Latenz [ns]	Cinebench 24 MT [Punkte]	7-Zip komprimieren [MByte/s]	Handbrake 1.8.2, Fast 1080p30 [fps]	PCMark 10 [Punkte]	Cyberpunk 2077, Full HD, Ultra: P1/Durchschnitt [fps]	F1 2022, Full HD, Minimum/Durchschnitt [fps]
	besser ▶	◀ besser	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶
Crucial DDR5-6400 CUDIMM (DDR5-6400)	96,7	97	42561	143	189	8325	123/190	253/338
G.Skill Trident Z5 CK DDR-8600 (DDR5-7200)	108,6	85	42677	161	193	8424	130/199	255/340
Kingston Fury Renegade DDR5-8800 CUDIMM (DDR5-7200)	108,7	83	42705	164	196	8340	130/197	261/348
Transcend T-Force Xtream ARGB DDR5-7600 (DDR5-7600)	117,9	78	42811	175	197	8353	139/200	267/363

Testsystem: Core Ultra 9 285K, Asus ROG Maximus Z890 Hero, 3D-Spiele mit GeForce RTX 4090



Crucial DDR5-6400 CUDIMM

Die Micron-Tochter Crucial bietet die ersten JEDEC-konformen CUDIMMs an, bislang aber nur im Onlineshop des Herstellers. Die Module verzichten auf Bling-Bling wie Blechdeckel und RGB-LEDs. Derzeit kostet das 32-GByte-Kit aus zwei DDR5-6400-CUDIMMs mit 190 Euro doppelt so viel wie gebräuchliches DDR5-5600-RAM.

Preis: 189 Euro (2 x 16 GByte)



G.Skill Trident Z5 CK DDR5-8600

Die CUDIMMs der Serie Trident Z5 CK aus zwei 24-GByte-Modulen gibt es in unterschiedlichen Geschwindigkeitsstufen bis DDR5-9600. Die von uns getesteten Riegel F5-8600C4255H24GX2-TZ5CK waren zum Redaktionsschluss noch nicht im Handel. Für ein Kit mit etwas langsamerem DDR5-8400-RAM verlangt der Hersteller 370 Euro.

Preis: keine Angabe (2 x 24 GByte)



Kingston Fury Renegade DDR5-8800 CUDIMM

Die CUDIMMs Kingston Fury Renegade gehören mit DDR5-8800-Tempo zu den derzeit schnellsten Modulen, waren bei Heftschluss allerdings noch nicht erhältlich. Die schwarz-silbernen CUDIMMs mit 2 x 24 GByte Kapazität sind jedoch mit DDR5-8400-RAM für 370 Euro verfügbar.

Preis: keine Angabe (2 x 24 GByte)

die von der Spezifikation gedeckten DDR5-5600 beziehungsweise seiner mit DDR5-6400 angegebenen Nominalgeschwindigkeit.

Überschaubares Plus

Im Benchmarkvergleich mussten die Module in verschiedenen Anwendungsszenarien beweisen, wie groß der Vorteil zu den Crucial-CUDIMMs mit DDR5-6400 nach JEDEC-Vorgaben ausfällt. Der Durchsatz im Diagnosetool AIDA64 legt erwartungsgemäß um bis zu 22 Prozent bei den Teamgroup-Modulen mit DDR5-7600-RAM zu. Um einen vergleichbaren Betrag verkürzen sich auch die Latenzen. In der Praxis ist das Ergebnis dann deutlich durchwachsener.

Als einzige Anwendung kann das Komprimieren mit 7-Zip vergleichbar zulegen. Beim Kodieren von Videos mit Handbrake und in 3D-Spielen liegt der Geschwindigkeitszuwachs hingegen lediglich im mittleren einstelligen Prozentbereich. Das ist zwar messbar, aber nicht spürbar. Bei vielen Anwendungen wie Rendering mit Cinebench und Blender sowie in der Office-Benchmarksuite PCMark 10 mit Textverarbeitung, Tabellenkalkulation und Bildbearbeitung gibt es überhaupt keinen Performanceunterschied zu DDR5-6400-CUDIMMs.

Die Übertakter-CUDIMMs von G.Skill und Kingston konnten ihr Potenzial auf unserem Testsystem nicht ausspielen. Die Module versprechen DDR5-8600 be-

ziehungsweise DDR5-8800, jedoch war in beiden Fällen bei DDR5-7200-Tempo Schluss. Das Perfide dabei war, dass sich das nicht sofort offenbarte. Programme wie Cinebench, Handbrake und 7-Zip liefen ohne Auffälligkeiten mit Maximaltakt durch. Im Grafikbenchmark 3DMark Steel Nomad mit der integrierten GPU des Core Ultra 9 285K zeigten sich schließlich massive Grafikfehler, die erst bei reduzierter DDR5-7200-Geschwindigkeit verschwanden. Vermutlich erfordert die Mainboard-Firmware für die brandaktuelle Speichertechnik noch etwas Feinschliff.

Unser Tipp lautet deshalb bei Übertakter-RAM einen mehrstündigen Speichertest mit Memtest86, Memtest86+

Vergleich DDR5-6000 mit DDR5-7600

Geschwindigkeit	AIDA64 Lesen [GByte/s]	AIDA64 Latenz [ns]	Cinebench 24 MT [Punkte]	7-Zip komprimieren [MByte/s]	Handbrake 1.8.2, Fast 1080p30 [fps]	PCMark 10 [Punkte]	Cyberpunk 2077, Full HD, Ultra: P1/ Durchschnitt [fps]	F1 2022, Full HD, Minimum/Durchschnitt [fps]
	besser ▶	◀ besser	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶
DDR5-7600 CL36-45-45	84,3	70	36354	182	137	6969	125/209	305/419
DDR5-6000 CL38-38-38	75,1	72	36578	168	134	6961	129/212	298/389
DDR5-5200 CL42-42-42	61,7	82	36575	154	130	6891	114/203	304/412

Testsystem Ryzen 9 7950X3D, 32 GByte Transcend T-Force Xtream ARGB DDR5-7600, 3D-Spiele mit GeForce RTX 4090



Teamgroup T-Force Xtream ARGB DDR5-7600

Im Unterschied zu den CUDIMMs laufen die T-Force Xtream ARGB in allen gängigen Plattformen für DDR5-RAM wie AMD AM5 und Intel LGA1700 und LGA1851. Der Farbverlauf der RGB-Leuchtstreifen im Kopf lässt sich bei vielen Boards per Software steuern. Die 16-GB-Byte-Module ragen mit 49 Millimetern allerdings hoch auf.

Preis: 200 Euro (2 x 16 GB-Byte)

oder dem in Windows integrierten Tool msdspd durchzuführen und zusätzlich auch auf Auffälligkeiten in Anwendungsprogrammen zu achten. Sonst schleichen sich unbemerkt Datenfehler ein.

Dass maximaler Speichertakt nicht gleichbedeutend mit maximaler Performance ist, beweist ein weiterer Test. Dazu haben wir die Teamgroup-Module zusammen mit dem 16-Kerner Ryzen 9 7950X3D in das Asus TUF Gaming X670E-Plus gesteckt. Der lineare Durchsatz in AIDA64 legt von DDR5-6000 zu DDR5-7600 um 12 Prozent zu. Im 3D-Shooter Cyberpunk 2077 ist jedoch sowohl die Durchschnittsbildrate als auch das 1-Prozent-Perzentil der langsamsten Frames bei DDR5-6000 höher. Das liegt daran, dass oberhalb von DDR5-6000 der Speichercontroller der Ryzen-CPU nur noch mit dem halben Takt des Arbeitsspeichers läuft, was die Latenzen beim Zugriff vergrößert. Wie stark sich das auswirkt und wann die höhere Speichergeschwindigkeit dies wettmacht, hängt vom Spiel beziehungsweise der Anwendung ab.

Zudem lässt sich an den Messungen ein weiterer Effekt ablesen. Die Performancezuwächse durch schnelleres RAM fallen bei 3D-Spielen geringer aus als beim Core Ultra 9 285K. Der Ryzen 9 7950X3D hat zusätzlichen Stapelspeicher und kommt deshalb auf riesige 128 MByte Level-3-Cache. Dieser schnelle Zwischenspeicher im Prozessor kann mehr Daten vorhalten, sodass weniger RAM-Zugriffe notwendig sind. Deshalb profitieren die X3D-CPU weniger von schnellem Speicher.

Ein weiterer Nachteil von Übertakter-Speicher ist die höhere Leistungsaufnah-

me. Im Leerlauf schluckte das AMD-Testsystem mit DDR5-7600 63 Watt und damit 12 Watt (23 Prozent) mehr als mit JEDEC-konformen DDR5-5200-RAM. Unter Vollast vergrößerte sich die Differenz auf 19 Watt. Bei unserem Intel-PC fiel der Unterschied mit 2,4 Watt bei ruhendem Windows-Desktop und 5 Watt bei CPU-Last geringer aus.

Fazit

Schneller Arbeitsspeicher kann in ausgewählten Anwendungen zweistellige Performancezuwächse bringen. Meist beträgt der Unterschied wegen der großen Caches in modernen Prozessoren jedoch nur wenige Prozentpunkte und ist praktisch nicht spürbar. Ob das den Aufpreis von rund 100 Euro bei 32 GB-Byte RAM rechtfertigt, muss jeder selbst entscheiden. Zudem besteht das Risiko von Instabilitäten. Unser Tipp lautet, wenn schon Overclocking-RAM, dann am Sweet Spot von DDR5-6000 zu kaufen und dabei auf kurze Latenzen sowie eine moderate Spannung zu achten. (chh@ct.de) 

Literatur

- [1] Christian Hirsch, Überreizt, Defekte Ryzen-7000-Prozessoren durch Übertakter-Speicher, c't 13/2023, S. 29
- [2] Christian Hirsch, Flitze-RAM, Schnellerer Arbeitsspeicher dank Subtiming-Tuning, c't 26/2019, S. 144
- [3] Christian Hirsch, Leises Kraftpaket, Bauvorschlag für einen leistungsfähigen High-End-PC für Gaming und Computing, c't 28/2024, S. 24



+



Gleich loslegen!

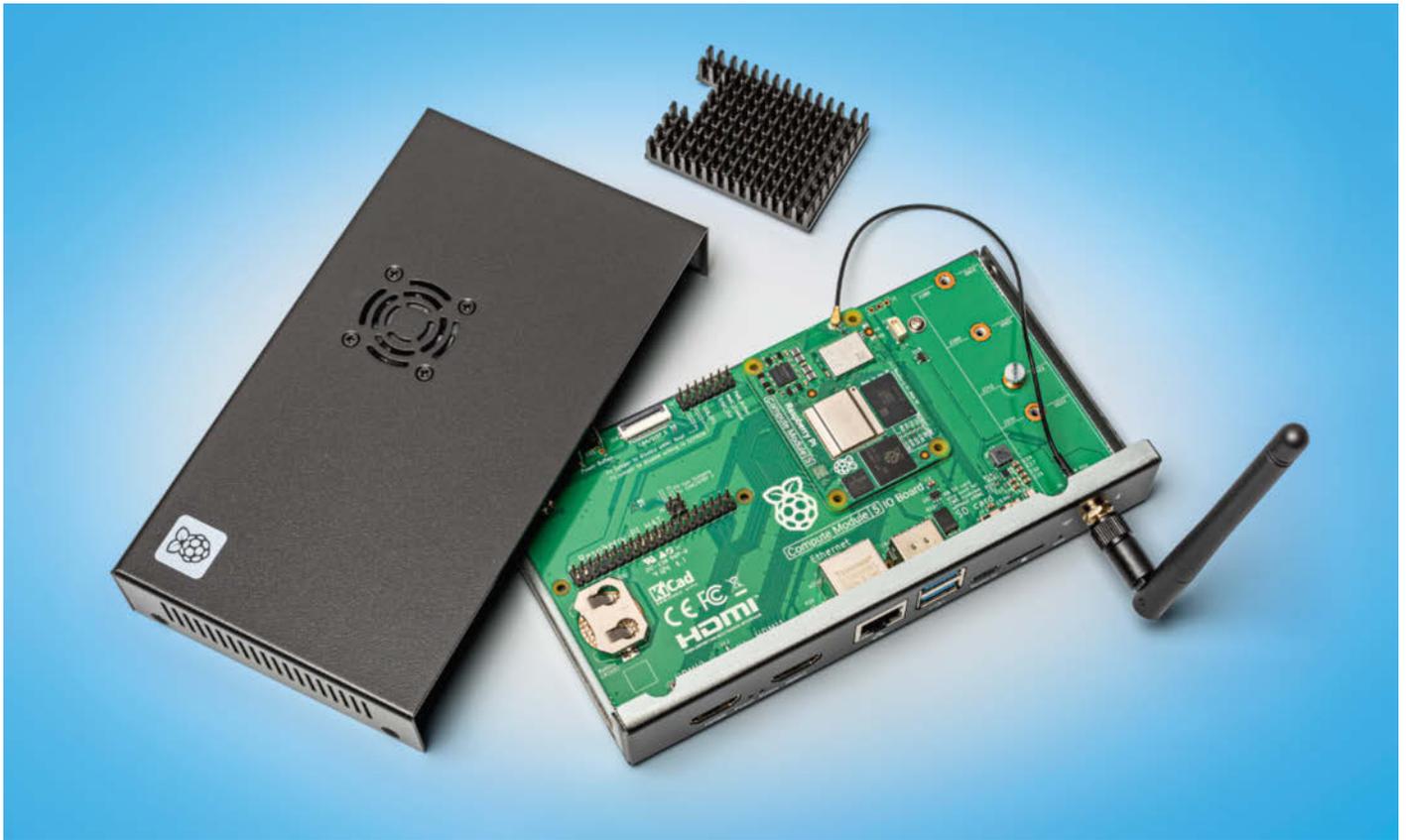
Make +
Oxocard

Einfach einsteigen in Elektronik und Programmierung

-  In NanoPy programmieren
-  Stromkreise verstehen
-  Sensoren auswerten
-  Servo-Motor ansteuern
-  Projekte: Blinker, Lichtdimmer, Alarmanlage u.v.m.

Jetzt reinschauen!

 shop.heise.de/make-oxocard24



Raspi inside

Das Raspberry Pi Compute Module 5 (CM5)

Die Technik des Raspberry Pi 5 ist nun als Steckmodul CM5 zum Einbau in andere Geräte lieferbar. Die Bauform ist zum Vorgänger CM4 kompatibel, aber das stärkere CM5 bringt neue Schnittstellen.

Von Christof Windeck

Den Raspberry Pi 5 gibt es wie seine Vorgänger jetzt als steckbares Modul: als Raspberry Pi Compute Module 5, kurz CM5. Es ist vor allem für Firmen gedacht, die es als Steuerbaustein in eigene Geräte einbauen. Doch das CM5 ist auch für spezielle Bastelprojekte attraktiv, beispielsweise weil es klein ist, einen Anschluss für

eine WLAN-Antenne hat und mit eingebautem Flash-Speicher erhältlich ist. Wir zeigen die Besonderheiten des CM5 und stellen exemplarisch einige kompatible Basisplatinen vor. Letztere braucht man, weil das CM5 außer der Antennenbuchse keine direkt nutzbaren Anschlüsse hat. Stattdessen sind alle Schnittstellen auf zwei 100-polige Wannenstecker an der Unterseite herausgeführt. Das CM5 funktioniert nur auf einer kompatiblen Basisplatine, die auch I/O- oder Breakout-Board heißt.

Das CM5 ist weitgehend zu I/O-Boards für das CM4 kompatibel – zu den Unterschieden gleich mehr. Das CM5 rechnet vor allem viel schneller als sein Vorgänger, welcher ja die Modulversion des Raspi 4 ist. Anstelle des ARM-SoCs BCM2711 mit vier Kernen vom Typ Cortex-A72 sitzt auf dem CM5 das BCM2712 mit vier Cortex-A76, die sowohl höher

takten als auch pro Taktschritt mehr leisten. Der Neuling rechnet mindestens doppelt so schnell wie sein Vorgänger. Dank zusätzlicher Rechenwerke läuft Ver- und Entschlüsselung per AES sogar um den Faktor 35 schneller, bei AES-128-Verschlüsselung per OpenSSL schafft das CM5 mehr als 1,8 GByte/s. Die Rechenleistung des CM5 entspricht der des normal großen Raspi 5, die praktische Performance hängt von der Kühlung des BCM2712 ab.

Schon das CM4 hat eine PCIe-Schnittstelle mit einer Lane (PCIe 2.0 x1). Beim CM5 lässt sich diese auf eigenes Risiko auf PCIe 3.0 umstellen und liefert dann in etwa die doppelte Datentransferrate, also knapp 1 GByte/s statt 500 MByte/s. Der PCIe-3.0-Modus funktioniert zwar mit vielen SSDs, die Raspi-Macher sichern das aber nicht zu.

ct kompakt

- Das Raspberry Pi Compute Module 5 (CM5) komprimiert die Technik des Raspi 5 auf weniger als die halbe Platinenfläche.
- Anders als ein normaler Raspberry Pi ist das CM5 mit 16, 32 oder 64 GByte Flash-Speicher erhältlich.
- Das CM5 hat dieselben Maße und Anschlüsse wie das CM4, ist aber nicht vollständig dazu kompatibel.

korrektur mit. Server hingegen protokollieren korrigierte RAM-Fehler, weil diese Informationen auf defekte Speichermodule oder Kontaktprobleme hinweisen. Die ECC-Funktion des CM5 bietet diese Möglichkeiten nicht.

Messungen

Das CM5 zieht in der Spitze mehr Strom als das CM4, weil das BCM2712-SoC unter Last mehr Leistung verheizt als das BCM2711. Wir haben in der Spitze 8,5 Watt gemessen. Im Leerlauf braucht das CM5 auf dem CM5IO mit 2,6 Watt etwa 0,2 Watt mehr als ein Raspi 5 mit dem BCM2712 in der aktuellen Chip-Revision D0.

Das CM5 enthält zusätzlich einen Controller für USB 3.0 (alias USB 3.2 Gen 1 mit 5 Gbit/s), der beim CM4 per PCIe angebunden werden muss. Das CM5 stellt deshalb gleichzeitig PCIe 2.0 x1, USB 3.0 und Gigabit-Ethernet bereit sowie die vielen üblichen Raspi-Schnittstellen wie I2C, SPI, UART und konfigurierbare Allzweck-Kontakte für Ein- und Ausgabe (General Purpose I/O, GPIO). Die für die Schnittstellen nötigen Controller stecken wie beim Raspi 5 in dem von den Raspi-Entwicklern selbst designten Chip RP1.

Für Entwickler und Bastler verkaufen die Raspi-Macher von Raspberry Pi Plc. das Compute Module 5 IO Board (CM5IO) für 22 Euro. Ein dazu passendes Metallgehäuse kostet weitere 17 Euro. Für etwa 130 Euro gibt es ein CM5 Developer Kit, das außer einem CM5 mit 4 GByte RAM, 32 GByte Flash und WLAN auch das CM5IO, das Gehäuse, eine WLAN-Antenne, ein Netzteil und eine Reihe von Kabeln enthält.

Auch andere einschlägige Firmen wie Pineboards.io und Waveshare verkaufen zum CM5 passende Breakout-Boards in unterschiedlichen Varianten. Das Modul 5 IO PoE von Pineboards etwa gleicht dem CM5IO, hat aber zusätzlich einen Spannungswandler zur Speisung via Ethernet (Power over Ethernet, PoE). Vermutlich werden wie für das CM4 noch weitere Anbieter IO-Boards auf den Markt bringen.

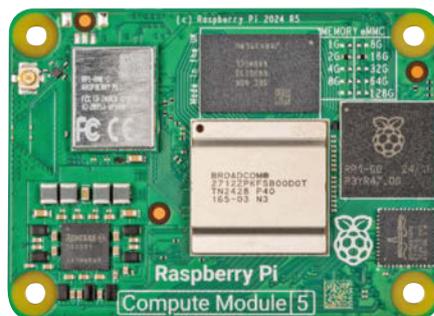
Gleich und ungleich

Das CM5 hat wie das CM4 Kantenlängen von 5,5 und 4 Zentimetern. Die Platine ist nicht einmal halb so groß wie die eines Raspberry Pi 5 oder 4, die das Format einer Bezahlkarte haben. Der CM5 passt und funktioniert grundsätzlich auch auf Breakout-Boards für das CM4 – aber nicht umgekehrt. Denn 24 der 200 Kontakte der Wannenstecker wurden im Vergleich zum CM4 umgewidmet, die Hälfte davon für die beiden USB-3.0-Ports. Dafür nutzt das CM5 jene Kontakte, die zuvor für je eine Kamera- und Displayschnittstelle nach MIPI-Spezifikation vorgesehen waren, also CSI 0 und DSI 0. Die Ports CSI 1 und DSI 1 sind weiter vorhanden und beim CM5 alternativ entweder als CSI oder DSI nutzbar. Ein PDF-Dokument erklärt, welche Pins beim CM5 anders belegt sind als beim CM4, siehe [ct.de/yday](https://www.raspberrypi.com/documentation/compute-module/cm5-io-headers). Wer das CM5 auf einem für das CM4 ausgelegten Breakout-Board einsetzen will, sollte genau prüfen, welche Funktionen dann nutzbar sind.

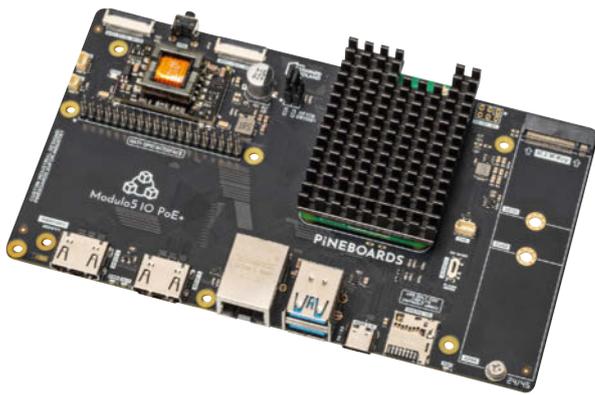
Das CM5 gibt es in 48 verschiedenen Bestückungsvarianten: mit 2, 4, 8 und bald auch mit 16 GByte RAM, ohne oder mit WLAN-/Bluetooth-Controller, ohne oder mit 16, 32 oder 64 GByte eMMC-Flash. Die Lite-Versionen haben kein Flash an Bord, nur sie binden stattdessen einen MicroSD-Kartenleser an.

Je nach Bestückung kostet ein CM5 zwischen 50 und über 140 Euro. Bisher sind jedoch erst wenige Varianten im Einzelhandel erhältlich. Raspberry Pi Plc. verspricht, das CM5 bis ins Jahr 2036 zu liefern und das CM4 bis 2034. Das ist für Firmen wichtig, die das Modul in ihre eigenen Geräte einbauen wollen und dafür Ersatzteile vorhalten müssen.

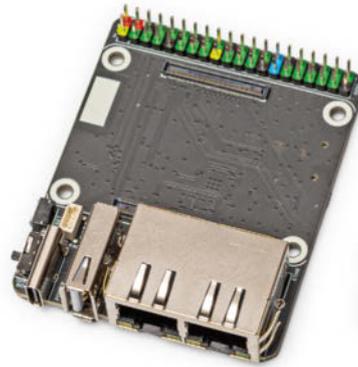
Anders als beim normalen Raspi 5 kommen auf den CM5 LPDDR4-Speicherchips mit Error Correction Code (ECC) zum Einsatz. Die Fehlerkorrektur ist im RAM-Chip eingebaut, es handelt sich also wie beispielsweise auch bei DDR5-Speicherchips um sogenanntes On-Die ECC. Diese Technik steigert die Zuverlässigkeit des RAM, indem sie alle Einzelbitfehler automatisch korrigiert. Aber es gibt wesentliche Unterschiede zu Servern und Workstations mit speziellen ECC-DIMMs: Unter anderem schützt On-Die-ECC nicht gegen Übertragungsfehler auf dem Speicherbus und der Speicher-Controller im Prozessor bekommt nichts von der Fehler-



Das Raspberry Pi CM5 (links) hat nicht nur ein etwas größeres ARM-SoC (mit silbrig-grauem Heatspreader), sondern zusätzlich den I/O-Chip RP1. Daher sitzt der eMMC-Flash-Speicherbaustein auf der Unterseite zwischen den beiden 100-poligen Wannensteckern.



Montiert man auf dem CM5 den passenden Kühlkörper, kommt es ohne Lüfter aus. Hier sitzt das CM5 auf dem Pineboards.io Modulo5 IO PoE+, das sich per Ethernet speisen lässt.



Das CM5 läuft auch auf dem CM4-Baseboard Waveshare CM4-Dual-Eth-Mini, das einen zweiten Gigabit-Ethernet-Chip hat, aber weder HDMI noch USB 3.0. Noch kompakter ist das CM4-Nano-B mit Mini-HDMI und USB 2.0.



Für das CM5 verkaufen die Raspi-Macher einen 6 Euro teuren Kühlkörper zum Anschrauben. Die Montage ist etwas fummelig, weil man zuerst vier mitgelieferte Abstandsstücke zwischen das Breakout-Board und das CM5 pfiemeln muss, bevor man die Schrauben von unten eindrehen kann. Ohne die Zwischenringe würde man beim Anziehen der Schrauben den Wannenstecker beschädigen.

Mit aufgesetztem Kühler auf dem CM5 passt der Deckel des Metallgehäuses nur dann, wenn man den werksseitig vormontierten Lüfter entfernt. Der ist nämlich alternativ zum Kühlkörper gedacht. Weil sich der BCM2712 drosselt, bevor er überhitzt, funktioniert das CM5 auch ganz ohne Kühler oder Lüfter. Bei Singlethreading-Software sinkt dann nicht einmal die Performance, das haben wir mit openssl ausprobiert. Bei Multithreading drosselt sich der Chip ohne Kühlung aber innerhalb weniger Sekunden und rechnet dann langsamer.

Der Lüfter ist bei voller Drehzahl nervig laut, aber im RP1 sitzt ein Drehzahlregler. Beim Booten dreht der Lüfter zwar auf, anschließend bleibt er selbst bei hoher CPU-Belastung sehr leise. Der Regler arbeitet aber nur, wenn das Betriebssystem ihn richtig aktiviert. Das klappt mit Rasp-

berry Pi OS, aber nicht mit jedem anderen Raspi-Linux.

Bei unserem Testmuster schaltete sich der Lüfter nach dem Herunterfahren von Raspi OS nicht ab, sondern drehte stattdessen voll auf. Dann war er nicht nur laut, sondern schluckte auch rund 1,5 Watt Leistung. Ein Update für das EEPROM soll das korrigieren. Wie beim Raspi 5 ist auch das CM5 ab Werk so konfiguriert, dass es die Stromversorgung im Soft-off nicht ganz abschaltet. Der Parameter `POWER_OFF_ON_HOLD=1` in der EEPROM-Konfiguration senkt die Leistungsaufnahme von 1,7 auf dann 0,15 Watt.

Der eMMC-Flash-Speicherbaustein ist recht flott, er liefert Daten mit mehr als 320 MByte/s und lässt sich mit über 100 MByte/s beschreiben. Der WLAN-Durchsatz ist mit der mitgelieferten Antenne über längere Distanzen hingegen schlecht. Im 5-GHz-Band kam über unsere 20-Meter-Messdistanz keine Verbindung mehr zustande, schon bei 4 Metern tröpfelten Daten nur noch. Im 2,4-GHz-Band waren über 20 Meter immerhin noch 15 Mbit/s möglich, ein normaler Raspi 5 schafft da jedoch mehr als das Dreifache (48 Mbit/s). Nur dicht an der Gegenstelle liegen die Datentransferraten ungefähr gleichauf mit dem nicht-modularen Raspi 5, siehe Tabelle. Wenn keine Antenne angeschlossen ist, nutzt das CM5 automatisch die ebenfalls vorhandene Onboard-Antenne – aber das klappt nur dann ordentlich, wenn das CM5 nicht in einem abschirmenden Metallgehäuse sitzt.

CM5-Ökosystem

Das CM5 liefert dieselbe Rechenleistung wie ein Raspberry Pi 5 sowie grundsätzlich dieselben Schnittstellen. Die Kombination

aus CM5 und CM5IO ist aber teurer als ein Raspberry Pi 5. Deshalb lohnt sich ein CM5 nur dann, wenn man seine Besonderheiten nutzen möchte. Dazu gehört beispielsweise, dass das CM5IO eine M.2-Fassung für eine SSD auch in der gängigen „langen“ Bauform 2280 hat und viel mehr Platz bietet. Dadurch sind die GPIO-Pins problemlos erreichbar, auch wenn eine SSD zum Einsatz kommt. Zudem hat das CM5IO eine Halterung für eine CR2023-Pufferbatterie für die Echtzeituhr (RTC) sowie normal große HDMI-Buchsen. Anders als ein normaler Raspi 5 hat das CM5IO jedoch keine USB-2.0-Buchsen. Das Pineboards.io Modulo5 PoE sowie auch das Waveshare CM5 PoE Base Board lassen sich per PoE speisen.

Statt einer SSD passen in den M.2-Steckplatz auch andere PCIe-Adapter. Es gibt beispielsweise M.2-Netzwerkarten, auch mit 2,5 und 5 Gbit/s (Realtek RTL8125, RTL8126), SATA- und USB-Adapter sowie KI-Beschleuniger (Hailo 8L). Mutige Bastler können auch M.2-Adapter einstecken, die einen PCIe-Steckplatz für eine normal große Karte nachrüsten. Auf der Maker Faire in Hannover führte Pineboards.io vor, dass am Raspi 5 auch bestimmte AMD-Grafikkarten funktionieren, allerdings erst nach einiger Fummelei in der Linux-Konfiguration.

PCIe-Adapter gibt es auch für den gewöhnlichen Raspberry Pi 5 [1], aber die führen zu seltsamen mechanischen Konstruktionen, für die es nur wenige passende Gehäuse zu kaufen gibt.

Das CM5 eignet sich dank stärkerer CPU-Kerne mit AES-Beschleunigung besser für manche Netzwerkbausteine als das CM4. Wir haben das CM5 daher auf dem 30 Euro teuren Waveshare CM4-Dual-

Raspberry Pi Compute Module 5 (CM5): Varianten

Variante	Bestückung eMMC-Flash / LPDDR4-RAM
ohne eMMC-Flash (Lite), ohne WLAN/Bluetooth	– / 2, 4, 8, 16 GByte RAM
mit eMMC-Flash, ohne WLAN/Bluetooth	16, 32, 64 GByte Flash / 2, 4, 8, 16 GByte RAM
mit eMMC-Flash, mit WLAN/Bluetooth	16, 32, 64 GByte Flash / 2, 4, 8, 16 GByte RAM

nur die Lite-Version kann von MicroSD-Karte booten; Module mit 16 GByte RAM kommen später

ETH-Mini ausprobiert. Dieses eigentlich fürs CM4 ausgelegte Breakout-Board verzichtet auf HDMI und USB 3.0, trägt aber den Realtek-Netzwerkchip RTL8111H. Zusammen mit dem eingebauten Raspi-Controller stehen so zwei RJ45-Ports mit je 1 Gbit/s bereit. Mangels HDMI lässt sich kein Monitor anschließen. Wir haben das CM5 daher auf dem CM5IO in Betrieb genommen, den SSH-Zugriff aktiviert und danach auf das Waveshare CM4-Dual-ETH-Mini gesteckt – klappt. Im Vergleich zu einem Raspberry Pi Zero 2 W ist ein CM4 oder CM5 wesentlich leistungsfähiger und bietet kabelgebundenes Ethernet mit PoE-Option, beispielsweise für eine außen montierte Webcam.

Grundsätzlich eignet sich das CM5 auch als NAS-Antrieb, aber es hat nur eine einzige PCIe-Lane. Um mehr als eine M.2-SSD oder einen Netzwerkadapter anzuschließen, ist zusätzlich ein PCIe-Switch-Chip nötig. Das treibt den Preis in die Höhe und bisher kennen wir keinen Anbieter, der ein NAS-Baseboard mit PCIe-Switch fürs CM5 verkauft.

Raspi-OS installieren

Bei den CM5-Versionen mit Onboard-Flash hängt der eMMC-Baustein am Secure Digital Input Output (SDIO), den sonst der MicroSD-Kartenleser verwendet. Folglich können CM5-Typen mit eMMC nicht von einer MicroSD-Karte booten, sondern nur von ihrem eMMC-Flash oder USB- oder PCIe-Speichermedien. Deshalb ist es ein bisschen kompliziert, das Betriebssystem im eMMC-Flash zu installieren.

Dazu versetzt man das CM5 per Jumper in einen speziellen Startmodus und verbindet es per USB-Kabel mit einem anderen Rechner. Dieser USB-Host kann ein PC mit Windows oder Linux sein, ein Mac oder ein anderer Raspberry Pi.

Wir haben die Prozedur mit einem Raspi 5 durchgeführt. Zunächst steckt man das CM5 aufs IO-Board, etwa auf das CM5IO. Dann steckt man einen Jumper auf die beiden ersten Pins des Pfostensteckers J2, die mit „... disable eMMC Boot“ markiert sind. Der Jumper ist nicht mitgeliefert, aber es passt jeder beliebige fürs 2,54-Millimeter-Raster und zur Not tut es auch ein Stück blanker Draht.

Auf dem Host-PC muss man nun ein Tool installieren und starten, das den CM5 als USB-Massenspeicher einbindet. Für Raspberry Pi OS (Raspi OS) heißt es `rpiboot`. Man installiert es zunächst mit



Das Pineboards.io Modulo5 IO im Bezahlkartenformat ist vor allem für Entwickler attraktiv.

```
sudo apt install rpiboot. Nun schließt man das IOBoard mit einem USB-C-USB-A-Adapterkabel an eine der USB-3-Buchsen des Hosts an, auf Hosts mit USB-C-Buchse darf es natürlich auch ein reines USB-C-Kabel sein. Am IOBoard verwendet man die Buchse, an der sonst das USB-C-Netzteil hängt, sie ist beschriftet mit „Power In“. Der USB-Host versorgt nun das CM5IO samt dem aufgesteckten CM5 mit Strom. Erst jetzt startet man auf dem Host sudo rpiboot. Nach ein paar Dutzend Sekunden taucht der eMMC-Speicher in Raspi OS auf, beispielsweise unter /dev/sda beziehungsweise als mmcblk0.
```

Nun startet man die in Raspi OS (unter Zubehör) vorinstallierte Installationssoft-

ware Raspberry Pi Imager. Hier wählt man das gewünschte Raspi-OS-Image aus und als Ziel-„Storage“ den eMMC-Chip des via USB angebandenen CM5. Der Rest läuft nach Klick auf „Start“ automatisch. Ist der Raspi-Imager fertig, kappt man die USB-Verbindung zum IOBoard. Anschließend zieht man den zuvor aufgesteckten Jumper ab und schließt am IOBoard Tastatur, Maus, Display und Netzteil an. Dann startet Raspi OS auf dem CM5 wie üblich die Ersteinrichtung.

Fazit

Das CM5 wurde zwar für gewerbliche Nutzer entwickelt, bietet aber auch Bastlern einige spannende Besonderheiten. Auf einem kompakten IO-Board passt es in besonders kleine (Outdoor-)Gehäuse oder wird zur Hardwarebasis für eine flinke Firewall. Dadurch ist das CM5 eine attraktive Erweiterung der Raspi-Palette.

(ciw@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Lutz Labs, Christof Windeck, Raspadapter, SSD- und PCIe-Adapter für den Raspberry Pi 5: Test und Technik, c't 19/2024, S. 82

Datenblätter und Anschlüsse: ct.de/yday

Raspberry Pi 5 Compute Module CM5 & IO-Board CM5IO

Steckmodul mit den Chips des Raspberry Pi 5	
Hersteller	Raspberry Pi Plc., raspberrypi.com
Typennummer	CM5104032 (mit WLAN, 4 GByte RAM, 32 GByte Flash)
Prozessor	Broadcom BCM2712 D0 (4 × ARM Cortex-A76, max. 2,4 GHz)
GPU	Broadcom VideoCore VII im BCM2712
RAM	4 GByte LPDDR4-4267 (verlötet, On-Die-ECC)
Massenspeicher	32 GByte eMMC-Flash
USB	2 × USB 3.2 Gen 1 (5 Gbit/s), 2 × USB 2.0
PCIe	PCIe 2.0 x1 (PCIe 3.0 auf eigenes Risiko möglich)
Ethernet	1 Gbit/s, integriert
WLAN-Adapter	Infineon Airoc CYW43455, 2,4 & 5 GHz, 300 Mbit/s
Bluetooth	BT 5.0, BLE
Anschlüsse unten (oben)	2 × Wannenstecker 100-polig (Antennenanschluss U.FL)
Abmessungen	5,5 cm × 4 cm × 0,45 cm
IO-Board für CM5 (CM5IO)	
Anschlussbuchsen	2 × HDMI, 1 × RJ45, 2 × USB-A 3.2 Gen 1, 1 × MicroSD-Reader, 1 × USB-C (Stromanschluss)
interne Anschlüsse	40-Pin GPIO, 1 × M.2 2280/2260/2242/2230, 1 × Batterie (CR2032), 2 × CSI/DSI, 1 × PoE-Header
Bedienelemente	1 × Einschalttaster (Rückseite), Pfostenstecker für Jumper (intern)
Stromversorgung	USB-C: 5 V / 5 A
Abmessungen	16 cm × 9 cm
Messwerte mit USB-C-Netzteil Raspberry Pi 27W (5,1 V / 5 A)	
Leistungsaufnahme Soft-off	1,7 (0,15 ¹) W
Leerlauf ohne LAN / Vollast	2,6 / 8,5 W
eMMC-Flash lesen / schreiben	323 / 110 MByte/s, 16.700 / 22.200 IOPS
WLAN 2,4 / 5 GHz	nah: 50 / 208 Mbit/s, 20 Meter: 15,4 / – Mbit/s ²
Preis	CM5: 50 bis 140 €, CM5IO: 23 €

¹ mit Option `POWER_OFF_ON_HOLD=1` in der EEPROM-Konfiguration, ohne Lüfter

² über 20 Meter keine Verbindung bei 5 GHz möglich



Ungleiche Zwillinge

Motorola-Foldables Razr 50 und Razr 50 Ultra im Test

Mit den Razr-Foldables schreibt Motorola seine Geschichte des Klapphandys fort. Die beiden Razr-50-Modelle teilen sich viele Eigenschaften, und manchmal ist sogar das günstigere besser.

Von Steffen Herget

Die Motorola-Razr-Handys aus den Jahren 2004 bis 2007 genießen wegen ihres flachen Designs Kultstatus. Das ist Motorola mit den modernen Namensvettern noch nicht gelungen, doch immerhin gehen die Razr-Foldables nun auch schon ins sechste Jahr. Die aktuellen Modelle sind das derzeit etwa 780 teure Razr 50 Ultra und die günstigere Variante ohne Ultra-Zusatz im Namen, die ab 620 Euro zu haben ist.

Die beiden Razrs sehen sich sehr ähnlich. Die Gehäuse kombinieren einen Rah-

men aus Aluminium – glänzend beim Ultra, matt beim Razr 50 – mit einer Rückseite, die mit weichem Kunststoff überzogen ist. Das rutschfeste Material greift sich angenehm sicher. Das Razr 50 gibt es in dezentem Grau und Beige und auch in knalligem Orange. Das Ultra bietet Motorola in fünf Farbvarianten an: Braun, Dunkelblau und Dunkelgrün fürs Understatement; knalliges Pink und leuchtendes Pfirsich für alle, die auffallen möchten. Die Gehäuse sind nach IPX8 gegen das Eintreten von Wasser geschützt und dürfen sogar untertauchen, für Staub und Dreck haben sie jedoch keine Klassifikation.

An der Vorderseite bringt Motorola jeweils zwei Kameras samt LED-Blitz und ein Display unter. Beim Razr 50 Ultra nimmt der Bildschirm, der die Objektiv der Kameras umfließt, die komplette Front ein, beim günstigeren Modell zieht Motorola die Farbe der Rückseite noch einen Zentimeter weiter auf die Front. Das Resultat: Das Display des Ultra hat eine 4-Zoll-Diagonale, damit ist es das größte

Außendisplay eines Flip-Foldables auf dem Markt. Das des Razr 50 ist mit 3,6 Zoll etwas kleiner.

Die Scharniere wirken robuster als beim Vorgänger, kommen aber nicht an den Klassenprimus von Samsung heran. Beim Aufklappen werden die Razrs erst dann richtig flach, wenn man ein klein wenig mithilft und das Foldable ganz aufbiegt. Immerhin schnappen sie beim Schließen satt zu, das verleiht dem Auflegen bei Telefonaten einen gewissen Nachdruck. Weitere Anschlüsse abseits des USB-C-Ports gibt es nicht, ebenso wenig nehmen die Faltsmartphones Speicherarten auf. Den Fingerabdrucksensor bringt Motorola im Powerbutton unter.

Das Ultra hat mehr Power

Die etwa 160 Euro Preisunterschied zwischen den beiden Smartphones machen sich besonders bei den Prozessoren bemerkbar. Im Ultra steckt ein Qualcomm Snapdragon 8s Gen 3, während das Razr 50 von einem Mediatek Dimensity 7300X

angetrieben wird. Zwar ist der Snapdragon mit dem kleinen „s“ an der 8 eine ganze Ecke schwächer als der Chip ohne dieses Anhängsel. Den Dimensity 7300X steckt er aber trotzdem locker in die Tasche. In den Benchmarks liefert das Razr 50 Ultra durch die Bank zwischen 30 und 50 Prozent mehr Leistung ab, bei grafiklastigen Aufgaben ist die Differenz teils noch größer. Und auch im Alltag reagiert es schneller, scrollt manchmal flüssiger und startet Apps flotter. Der größere Arbeitsspeicher von 12 gegenüber 8 Gigabyte trägt dazu ebenfalls bei.

Das Razr 50 mit dem Mediatek-Chip ist im direkten Vergleich zwar langsamer, aber auch keine lahme Ente und in der Praxis meistens schnell genug. Für den Preis dieses Foldables bekäme man allerdings ein deutlich stärkeres klassisches Smartphone ohne Scharnier und Biegebildschirm.

Das flexible Display ist der Hauptbildschirm der Razr. Motorola hat in beiden Modellen das gleiche Panel eingebaut: 6,9 Zoll (ca. 18 cm) große POLED-Panels mit einer Auflösung von 2640 x 1080 Pixel und über 1000 cd/m² Helligkeit. Unter dem Messgerät strahlte der Bildschirm des günstigeren Razr sogar noch etwas heller, ohne dass man den Unterschied mit dem bloßen Auge erkennen könnte. Das gilt auch für die höhere Bildwiederholrate des Ultra, das dynamisch auf bis zu 165 Hertz regelt, während es das Schwestermodell bei 120 Hertz gut sein lässt.

Die Falte in der Bildschirmmitte fällt optisch kaum auf, beim Darüberstreichen bleibt sie der Fingerkuppe aber nicht komplett verborgen. Im Alltag stört der Knick im Display nicht. Die flexible Schutzfolie über dem Bildschirm ist naturgemäß nicht so robust wie Glas, aber auch weniger empfindlich als bei den Foldables der ersten Generationen, bei der man sie noch mit dem Fingernagel zerkratzen konnte.

Nützliche Frontdisplays

Auf dem äußeren Display laufen alle Apps; es gibt keine Beschränkung auf spezielle Widgets oder Shortcuts. Wie sich die Anwendungen verhalten sollen, wird separat in den Einstellungen festgelegt. Für jede App entscheidet man einzeln, ob sie nicht, manuell oder automatisch auf dem äußeren Display weiter läuft, wenn man das Razr zuklappt. Für die Navigation legt man sich Homescreens nach Wunsch an, die entweder App-Icons oder Widgets, etwa für das Wetter oder den Kalender, anzeigen.



Motorola Razr 50

Das Razr 50 ist eines der günstigsten kleinen Foldables. Es sieht schick aus, ist sauber verarbeitet und hat zwar nicht das größte, aber doch eines der nützlichsten Frontdisplays auf dem Markt. Die Möglichkeit, jede App darauf laufen zu lassen, hilft nicht zuletzt dem Akku. Der lädt zwar etwas langsamer als beim teureren Ultra, hält aber auch ein wenig länger mit einer Ladung durch. Dreckig werden sollte so ein Foldable zwar nicht, ein kurzes Bad halten diese Geräte aber aus.

Mit dem Preisvorteil kommt ein Nachteil bei der Performance. Das Razr 50 ist merklich schwächer auf der Brust als sein Schwestermodell. Das merkt man nicht nur in Benchmarks, sondern auch hier und da im Alltag. Ein vergleichbar schnelles Smartphone ohne Klappmechanismus bekommt man schon fürs halbe Geld.

Wenn Motorola mit den Updates ein bisschen flotter in die Gänge kommt, überzeugt das Razr 50 bei der Software. Cleanes Android mit sinnvollen Zusatzfunktionen, die das Smartphone flexibler nutzbar machen, ohne das System unnötig zu überfrachten. Die Ultraweitwinkelkamera ist zudem nützlicher als das Zweifachtele im Ultra.

- 👆 nützliches Frontdisplay
- 👆 für ein Foldable günstig
- 👇 für die Performance teuer

Preis: 620 Euro



Motorola Razr 50 Ultra

Man merkt dem Razr 50 Ultra an, dass Motorola Erfahrung mit Foldables gesammelt hat. Die Verarbeitung stimmt, das Design ist gefällig, die Software unterstützt die beiden Displays sinnvoll. Herausragend ist das große Außendisplay, mit dem man vieles erledigen kann, ohne das Smartphone aufklappen zu müssen. Der Snapdragon 8s Gen 3 ist zwar ein wenig langsamer als Qualcomms richtiger Top-Prozessor, schiebt das Ultra aber flott und sicher an. Zusammen mit dem größeren RAM ist der Leistungsunterschied zum günstigeren Modell in allen Lagen deutlich.

Anders als beim Prozessor hat das Ultra bei der Kamera einen Nachteil gegenüber dem günstigeren Modell. Das Zweifachtele bringt kaum einen Mehrwert, vor allem in Verbindung mit der 50-Megapixel-Hauptkamera – da reicht auch ein simpler Crop. Ein Ultraweitwinkel hätte mehr kreative Möglichkeiten aufgemacht, den hat aber nur das Razr 50. Die Akkulaufzeiten des günstigeren Modells sind minimal länger, dafür lädt das Ultra am Kabel schneller. Wer eine Alternative zum Samsung Galaxy Z Flip 6 sucht, liegt beim Ultra richtig.

- 👆 ordentliche Performance
- 👆 großes Frontdisplay
- 👇 nutzloses Zweifachtele

Preis: 780 Euro

Beide Außendisplays verhalten sich identisch, man kann sie also im Prinzip auf die gleiche Weise nutzen. Der Größenunterschied verschafft dem Ultra an vielen Stellen aber einen Komfortvorsprung. Prominentestes Beispiel ist die Tastatur, die beim Ultra etwa einen halben Zentimeter in der Höhe und zwei Millimeter in der Breite größer ist. Das klingt nicht nach be-

sonders viel, doch man trifft die Tasten einfach zielsicherer und vertippt sich wesentlich seltener. Auch muss man auf dem Razr 50 häufiger scrollen, weil viele Dialoge nicht auf das kleinere Display passen, auf dem größeren aber gerade noch genug Platz ist.

Mit den äußeren Bildschirmen lässt sich so viel erledigen, dass man die neuen

Razrs nicht für jede Kleinigkeit aufklappen muss, wie das noch bei der vorletzten Generation der Fall war. Das schont nicht nur das empfindliche innere Display und das Scharnier auf lange Sicht, sondern kommt auch der Akkulaufzeit zugute. Wer mag, kann das Telefon auch so einstellen, dass das Display dauerhaft die Uhrzeit oder eine Auswahl von Bildern anzeigt, wenn man das Gerät im Zeltmodus oder halb aufgeklappt hinstellt.

Beim Fotografieren kann man das größere Display als Sucher für Selfies verwenden. Die gelingen mit der Hauptkamera besser als mit der innenliegenden Knipse. Beide neuen Razrs nutzen die gleiche Kamera: 50-Megapixel-Sensor, Blende $f/1,7$ und optischer Bildstabilisator. Die Fotos gleichen sich dementsprechend, offenbaren in den Details aber Unterschiede. Der Bildsignalprozessor im Mediatek-Chip erzeugt in feinen Strukturen mehr Artefakte und raubt den Bildern dadurch einige Details, die der Qualcomm-SoC im Razr 50 Ultra erhalten kann. Die Fotos des Ultra sind dadurch ein wenig besser, zumindest wenn man ganz genau hinschaut. Insgesamt sind die Fotos brauchbar, solange das Licht passt, aber nicht mit der Oberklasse auf einem Niveau.

Die zweite Kamera des Razr 50 ist ein 13-Megapixel-Ultraweitwinkel, die des Ultra ein Zweifachtele mit 50 Megapixeln. Selbst wenn das Tele die höhere Auflösung besitzt und etwas schärfere Bilder macht: Das Ultraweitwinkel erweitert die kreativen Möglichkeiten, vor allem für Selfies mit mehreren Personen. Die zweifache Vergrößerung des Zoomobjektivs im Ultra lässt sich durch einen Crop mit der Hauptkamera bei voller Auflösung auch auf dem günstigeren Modell erreichen.

4200 mAh beim Razr 50, 4000 mAh beim Ultra: Auf dem Papier sind die Akkukapazitäten der kleinen Foldables nicht eben beeindruckend. Motorola gelingt es trotzdem, ordentliche Laufzeiten aus ihnen herauszukitzeln. In unseren Testszenerien lag zweimal das Razr 50 vorn, beim Streaming über WLAN schnitten beide exakt gleich ab. Einen Tag ohne Aufladen schafften wir problemlos, wer sich häufig auf das Frontdisplay beschränkt oder mehr Zeit im Standby verbringt, wird nur jeden zweiten oder dritten Tag zum Ladegerät greifen müssen.

Die aktuellen Razr-Smartphones laufen derzeit noch auf Android 14, der Updateprozess auf die nächste Version hat

noch nicht begonnen. Motorola passt die Software nur moderat an, spendiert aber auch einige sinnvolle Extras. Dazu gehören die speziellen Bediengesten zum Starten von Kamera oder Taschenlampe sowie zum Anfertigen von Screenshots, Smart Connect zur Verbindung mit dem PC oder Fernseher sowie die Moto AI.

Motorola sagt für die beiden Smartphones Updates für fünf Jahre zu, in diesem Zeitraum sollen mindestens drei neue Android-Versionen die Geräte erreichen. Das geht soweit in Ordnung. Allerdings ist Motorola nicht unbedingt dafür bekannt, Sicherheitspatches und große Android-

Updates besonders zügig durchzuschleusen. Zum Ende des Testzeitraums verharrten beide Geräte noch immer auf dem Patch von November 2024.

Fazit

Beide neuen Razrs sind alltagstaugliche Foldables mit ordentlichen Akkulaufzeiten, brauchbaren Kameras und sehr guten Displays. Herausragend bei beiden sind die Außendisplays, das Ultra hat hier leichte Größenvorteile. Zudem ist es das deutlich schnellere Smartphone. Sparfüchse, die ein Faltsmartphone suchen, sind mit dem Razr 50 gut bedient. (sht@ct.de) **ct**

Motorola-Foldables

Modell	Motorola Razr 50	Motorola Razr 50 Ultra
Hersteller, URL	Motorola, motorola.de	Motorola, motorola.de
Betriebssystem / Patch-Level	Android 14 / November 2024	Android 14 / November 2024
Funktionsupdates / Sicherheitspatches laut Hersteller bis min.	Android 17 / August 2029	Android 17 / August 2029
Ausstattung		
Prozessor / Kerne × Takt	MediaTek Dimensity 7300X / 4 × 2,5 GHz, 4 × 2 GHz	Qualcomm Snapdragon 8s Gen 3 / 1 × 3 GHz, 4 × 2,8 GHz, 3 × 2 GHz
Grafik / KI-Einheit	ARM Mali-G615 MC2 / MediaTek NPU655	Qualcomm Adreno 735 / Qualcomm Hexagon NPU
RAM / Flash-Speicher / Kartenslot	8 GByte / 256 GByte (214 GByte) / –	12 GByte / 512 GByte (449 GByte) / –
SIM-Slots / eSIMs / LTE / 5G (mmWave) / SAR-Wert	1 × nanoSIM / 1 × eSIM / ✓ / ✓ (–) / 0,84 W/kg	1 × nanoSIM / 1 × eSIM / ✓ / ✓ (–) / 0,88 W/kg
WLAN / Bluetooth / UWB / Standortdienste	Wi-Fi 6E / 5.4 / – / GPS, Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 7 / 5.4 / – / GPS, Glonass, Beidou, Galileo
NFC / Fingerabdruck (Position) / Face-Unlock	✓ / ✓ (Einschalter) / ✓	✓ / ✓ (Einschalter) / ✓
USB-Anschluss / Kopfhöreranschluss	USB-C 2.0, OTG, DP / –	USB-C 2.0, OTG, DP / –
Akku / wechselbar / Schnellladetechnik / drahtlos ladbar	4200 mAh / – / ✓ (30 W) / ✓ (15 W)	4000 mAh / – / 45 W / ✓ (15 W)
Abmessungen offen (H × B × T) / Gewicht / Schutzart	17,13 × 7,4 × 0,73 ... 0,9 cm / 188 g / IPX8	17,14 × 7,4 × 0,71 ... 0,97 cm / 189 g / IPX8
Abmessungen geschlossen (H × B × T)	8,8 × 7,4 × 1,59 ... 1,72 cm	8,8 × 7,4 × 1,53 ... 1,75 cm
Innendisplay		
Diagonale / Technik / Auflösung / Punktdichte	6,9 Zoll / OLED / 2640 × 1080 Pixel / 413 dpi	6,9 Zoll / OLED / 2640 × 1080 Pixel / 413 dpi
Helligkeitsregelbereich / Ausleuchtung / max. Bildrate	1,8 ... 2050 cd/m ² / 98 % / 120 Hz	1,9 ... 1004 cd/m ² / 96 % / 165 Hz
Außendisplay		
Diagonale / Technik / Auflösung / Punktdichte	3,6 Zoll / OLED / 1056 × 1066 Pixel / 413 dpi	4 Zoll / OLED / 1272 × 1080 Pixel / 417 dpi
Kameras		
Hauptkamera Auflösung / Blende / OIS	50 MP / $f/1,7$ / ✓	50 MP / $f/1,7$ / ✓
Ultraweitwinkel Auflösung / Blende / OIS	13 MP / $f/2,2$ / –	–
Tele Auflösung / Blende / OIS / Vergrößerung	–	50 MP / $f/2,0$ / ✓ / 2-fach
Frontkamera innen Auflösung / Blende / OIS	32 MP / $f/2,4$ / –	32 MP / $f/2,4$ / –
Benchmarks, Lauf- und Ladezeiten		
Ladezeit 50 % / 100 %	0,4 h / 1 h	0,3 h / 0,8 h
Laufzeiten ¹ lokales Video 4K / WLAN-Stream / 3D-Spiel	13,6 h / 20,7 h / 16,7 h	10,9 h / 22,3 h / 15,5 h
Geekbench V5 Single, Multi / V6 Single, Multi	675, 2317 / 1019, 3017	1403, 3355 / 1810, 4358
3DMark Wild Life / Wild Life Extreme / Steel Nomad Light	3135 / 857 / 350	7537 / 3309 / 1083
GFXBench Car Chase / Manhattan 3.0 / Manhattan 3.1 (je On-, Offscreen)	26 fps, 33 fps / 69 fps, 82 fps / 47 fps, 56 fps	86 fps, 86 fps / 121 fps, 174 fps / 97 fps, 120 fps
Bewertungen		
Performance / Akku	○ / ⊕	⊕ / ○
Innendisplay / Außendisplay / Kamera	⊕ / ○ / ⊕	⊕ / ⊕ / ⊕
Software ² / Ausstattung	⊕⊕ / ○	⊕⊕ / ⊕
Straßenpreis	620 €	780 €
¹ gemessen bei einer Bildschirmhelligkeit von 200 cd/m ² ² bewertet werden Updates, Features, Bloatware etc. ✓ vorhanden – nicht vorhanden ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht		

Mit Ihrer heise App zu mehr Umsatz!

Steigern Sie Ihren Umsatz mit einer maßgeschneiderten Firmen-App für Android und iOS. Unser Rundum-Sorglos-Paket umfasst die professionelle Entwicklung, die Gestaltung in Ihrem Corporate Design und die nahtlose Einreichung in die App Stores.



Nutzen Sie Ihre neue App für innovatives Mobile Marketing, um Umsatzpotenziale voll auszuschöpfen.

schon ab 99,- Euro pro Monat

Mehr erfahren Sie auf www.heise-regioconcept.de/produkte/apps
oder rufen Sie uns an 0511 80 90 89 43.





Bild: Meta

Kalorien VRbrennen

Fit bleiben mit Sportspielen auf VR-Headsets von Meta und Pico

VR-Headsets haben sich als Gaming-Maschinen etabliert. Aber taugen sie auch als Fitnessgeräte? Wir haben erprobt, ob Fitness in Fantasiewelten dauerhaft Spaß macht oder nur eine faule Ausrede für den Kauf neuen Technikspielzeugs ist.

Von Berti Kolbow-Lehradt

Einmal angefütterte Festtagspfunde wieder abzubauen, kostet Zeit. Doch um den knappen Platz im Terminkalender wetteifert die Sportroutine mit bequeme-

ren Freizeitaktivitäten, Videospielen etwa. Fitnessspiele auf autarken VR-Brillen versprechen, beides zu vereinen. Weil keine Strippe sie an einen PC oder eine Spielkonsole fesselt, bieten sie viel Bewegungsfreiheit.

Dabei sind sie nicht einmal mehr teuer: Die Pico Ultra von Bytedance, zu dem auch der Kurzvideodienst TikTok gehört, ist für 550 Euro zu haben. Meta drückt sein derzeit viel beachtetes Modell Quest 3S zum Kampfpreis von 330 Euro ins Verkaufsregal. Damit ist es so erschwinglich wie eine Nintendo Switch. Die Switch und ähnliche Spielkonsolen, deren Controller Bewegungen registrieren, haben Fitness-Apps einen Bekanntheitschub verschafft. Präzise Treffer und kraftvolle Ausholbewegungen belohnt die Software gemäß dem Gamification-Prin-

zip mit euphorisierenden Klang- und Grafikeffekten und virtuellen Abzeichen oder Sportklamotten. Die Glücksschemie, die im Kopf entsteht, lässt brennende Muskeln leichter verschmerzen.

VR-Brillen steigern diesen Erlebnischarakter. Ihre Bildtechnik erzeugt ein begeisterndes Mittendringefühl. Doppel-linsen füllen das Sichtfeld und erzeugen einen 3D-Effekt auf hochauflösenden Displays. Schwenks mit dem Kopf ermöglichen eine Rundumsicht auf die virtuelle Trainingsumgebung. Das verstärkt den Realitätseindruck und lädt zum Eintauchen ins Geschehen ein.

In der Theorie trainiert man fokussierter und vielleicht auch enthusiastischer als beim Blick auf den engen Bildausschnitt eines 2D-Displays. In der Praxis gibt es aber einige Stolperfallen. Nur wenn

das Headset bequem ist, macht das Trainieren mit Gewicht auf dem Kopf dauerhaft Spaß. Die Bewegungserkennung mit Controllern in den Händen passt zu manchen Sportarten besser als zu anderen. Und natürlich variiert auch die Softwarequalität der Fitness-Apps.

Wir erklären, wie VR-Sport funktioniert und was die Fitnessspiele sowie taugliches Zubehör kosten. Zudem haben wir getestet, wie gut sechs Fitness-Apps motivieren und die Technik der VR-Brillen in ein Trainingskonzept integrieren.

So funktioniert VR-Fitness

Als akkubetriebene All-in-One-Computer brauchen autarke VR-Headsets kein Zusatzgerät. Anwendungen lädt man per WLAN herunter und führt sie direkt auf der Brille aus. Man braucht kein Smartphone in den Rahmen zu stecken, wie es bei den Brillengestellen von Google oder Samsung aus den 2010er-Jahren der Fall war. Sämtliche Bildtechnik ist an Bord. Ton kommt aus Soundschlitzen in den Brillenbügeln. Die Akkus halten je nach Modell etwa eineinhalb bis drei Stunden, ohne dass sie an die Steckdose müssen. Ladepausen sind bei der üblichen Dauer von Trainings-Sessions nicht zu erwarten.

Die meisten Headsets bedient man mit dem Controller, indem man auf eine virtuelle Schaltfläche zielt und dann eine Hardwaretaste drückt. Alternativ geht es auch mit Bewegungen der bloßen Hände und Finger. Externe Sensorstationen sind nicht nötig, da die Messtechnik in den Headsets und Controllern integriert ist (Inside-Out-Tracking). Ein Verbund aus Lage-, Beschleunigungs- und optischen Sensoren erfasst die Position des Headsets und der Hände respektive Controller im Raum. Handelt es sich bei den optischen Sensoren um Kameras, können diese die Umwelt aufnehmen und in die Spiellandschaft einbauen (Mixed Reality, XR). Dazu später mehr.

Den meisten Sportspielen reichen Infos über die Lage von Kopf und Händen. Manche achten auf die Füße, sofern die VR-Brille passendes Sensorzubehör unterstützt. Augenbewegungen spielen bei gängigen Fitnessanwendungen noch keine Rolle und werden von den günstigen Brillen ohnehin nicht erfasst.

Leichtes Spiel für zwei Marken

Autarke VR-Brillen gibt es unter anderem von Apple, vom VR-Pionier HTC sowie von der Bytedance-Marke Pico und vom

Als autarke VR-Brillen bieten die Pico 4 Ultra (links), die Meta Quest 3 (oben) und die Quest 3S viel Bewegungsfreiheit in Fitnessspielen.



Bild: Berti Kolbow-Lehradt

Facebook-Dachkonzern Meta. Doch nur Meta und Pico bieten Downloadläden mit vielen interessanten Fitnessspielen. Dieser Vertriebsweg ist die einzige praxistaugliche Bezugsquelle, das dortige Sortiment daher ein maßgebliches Auswahlargument für die Hardware. HTC bietet zwar autarke Headsets an, adressiert sie aber an Hardcore-Gamer und Geschäftskunden. Publikumstaugliche Sportspiele sind Mangelware. Für Apples Vision Pro gibt es viel zu wenige Sport-Apps, um einen Kaufanreiz für die mindestens 4000 Euro teure Brille zu setzen.

Die eingangs erwähnte Meta Quest 3S ist die derzeit günstigste Option. Sie weist trotz des niedrigen Preises nur wenige Schwächen auf. Die Displays sind mittelmäßig aufgelöst (1832 × 1920 Pixel pro Auge). Das Pixelraster ist bei genauerem Hinsehen aufgrund des geringen Abstands zwischen Auge und Displaytechnik erkennbar. Die Linsen werden zum Rand schnell unscharf. Der Festspeicher des Basismodells ist klein (128 GByte). Doppelt so viel bietet die 440-Euro-Variante.

Der Rest ist besser, als es der Preis vermuten lässt. Zwei Kameras erfassen die Umgebung scharf und in Farbe, wodurch sich echte und virtuelle Realität ansehnlich verschmelzen lassen, sofern Apps einen MR-Modus bieten. Der Qualcomm Snapdragon XR2 Gen 2 ist einer der schnellsten Prozessoren für autarke VR-Brillen und ermöglicht grafisch aufwendige Spielumgebungen. Die teureren Modelle von Meta und Pico verwenden den gleichen Rechenknecht.

Die Meta Quest 3 ohne S-Zusatz bietet zum Preis von 550 Euro mehr Speicher (512 GByte). Die Displays lösen mit 2064 × 2208 Pixel zudem feiner auf. Die Linsen sind bis zum Rand scharf und mithilfe der Pancake-Bauweise dünner. Dadurch ist das ganze Gehäuse schmal und nicht so kopflastig. Beide Quest-Modelle bedienen sich aus dem gleichen App-Store, der auch über Fitnessspiele hinaus eine sehr große Auswahl hat. Das intuitiv bedienbare Betriebssystem erschließt sich selbst VR-Neulingen schnell.

Das nächstteuerere Modell Pico 4 Ultra (600 Euro) bietet kaum mehr. Das Display

Picos optionale Motion Tracker für die Beine sorgen dafür, dass kompatible Fitness-Apps außer den Bewegungen der Hände auch die der Füße berücksichtigen.



Bild: Berti Kolbow-Lehradt



Beat Saber

In diesem nur für Meta Quest erhältlichen Rhythmusspielklassiker zerschneidet man mit einem Lichtschwert in jeder Hand heranfliegende Würfel im Takt der Musik. Man darf sie nur an einer vorgegebenen, sich stetig ändernden Stelle treffen. Je schneller der Song, desto flinker müssen Kopf und Schlaghand reagieren. Ausweichmanöver vor heransausenden Wänden fordern ganzen Körpereinsatz. Regelt man die Schwierigkeit hoch, wird aus den Geschicklichkeitsübungen eine schweißtreibende Angelegenheit mit sportlichem Charakter.

Allerdings nervig: Trotz diverser Menüstellschrauben ist es mitunter knifflig, die Balance zwischen langweilender Unter- und frustrierender Überforderung zu finden. Haut man öfters daneben, ist das Spiel schnell vorbei. Coole Lichtschwert- und Discoeffekte sowie treibende Beats motivieren, dranzubleiben.

Der Preis der App ist mit 30 Euro recht hoch. Zubuchbare Musikpakete mit bekannten Hits kosten zwischen 12 und 20 Euro.

- ↑ stimmungsvolle Lichteffekte
- ↑ Motivation durch bekannte Hits
- ↓ hoher Preis



Club Pilates

Die nur für Meta Quest erhältliche App blendet Pilates-Trainerinnen in fotorealistischer Qualität per Mixed Reality ins Zimmer ein. Diese leiten Übungen in über 60 Videokursen von 10 bis 30 Minuten Dauer an. Dabei stärkt man den Rumpf mit Haltungen im Stehen oder im Liegen.

Die Mixed-Reality-Ansicht ist ein echter Vorteil. Die Coaches sind mehrfach, nämlich in jeder Himmelsrichtung sowie auf dem Boden und an der Decke eingeblendet. Daher muss man etwa auf dem Rücken liegend den Kopf nicht verrenken, um die Demonstration der nächsten Rumpfübung zu sehen. Zudem ist das Bedienkonzept stimmig. Man braucht keine Controller und bedient alles mit Fingergesten, hat also die Hände für die Übungen frei.

Als Kehrseite gibt es kein Feedback, ob die Körperhaltung stimmt. Neulingen fehlt ein Korrektiv. Englische Sprachkenntnisse sind Pflicht, um die Anleitungen zu verstehen. Wegen des günstigen Preises von 14 Euro sind die Schwächen verkraftbar.

- ↑ Videotraining in Mixed Reality
- ↑ gute Gestensteuerung
- ↓ kein Trainingskorrektiv



Final Soccer

Die Fußballsimulation gibt es für beide Headset-Marken, aber nur auf Picos Plattform ist ein Extratalent aktivierbar. Hat man Picos Beintracker um die Knöchel geschnallt, kann man einen Torwart wahlweise vom Elfmeterpunkt oder mit Freistößen überwinden. Ändert man die Fußhaltung, wirkt sich das realistisch auf die Ballphysik aus.

Ohne Beintracking ist in der App nur die Torwartrolle freigeschaltet. Mit virtuellen Fäusten wehrt man aufs Tor geschossene Bälle ab. Solo spielt man gegen Software, im Multiplayermodus gegen echte Menschen.

Die App ist primär als Geschicklichkeitsspiel konzipiert und kurbelt die Fitness eher moderat an. Sie eignet sich als Aufwärmprogramm oder Abwechslung zu intensiverem VR-Sport. Im Test nervte eine verbuggte Navigation, bei der man in Untermenüs strandet. Immerhin kostet die Torwandsimulation auf beiden Plattformen nichts. Einzig für den Support der Motion Tracker kauft man bei Pico die moderat bepreiste Pro-Version (10 Euro).

- ↑ gutes Motion-Tracking
- ↑ Torwandsimulation kostenlos
- ↓ verbuggte Menünavigation

ist auf dem Niveau der Quest 3 (2160×2160 Pixel) aufgelöst, die Speichergröße durchschnittlich (256 GByte) und die Schärfe der Linsen liegt irgendwo zwischen den Quest-Modellen. Der App-Store ist etwas kleiner.

Sportlich sprechen aber zwei Gründe für Pico: Der Hersteller bietet gegen Aufpreis Trackingzubehör für die Beine an. Das eröffnet zusätzliche Trainingskonzepte.

Zudem platziert eine mitgelieferte Kopfhalterung aus Hartplastik den Akku am Hinterkopf und verteilt so das Gewicht besser als bei den Quests. Bei längeren Trainingseinheiten sitzt die Pico bequemer.

Schweiß- und Wurfscäden

Die mitgelieferten Gummibänder der Meta-Brillen muss man für Sport-Sessions

ordentlich strammziehen. Alternative Kopfhalterungen erhöhen auch bei den Quests den Tragekomfort. Der sogenannte Elite-Riemen von Meta ist wie Picos Originalhalterung aufgebaut und platziert einen optionalen Zusatzakku am Hinterkopf. So balanciert er das Gewicht besser aus und verringert den Anpressdruck vor allem an den Schläfen. Meta verlangt für



FitXR

Für Meta Quest und Pico verfügbar, bietet die App viele gut filterbare Aktivitäten für Neulinge und Fortgeschrittene. Beim HIIT, Boxen und „Combat“ drischt man auf schwebende Kugeln ein, Schranken weicht man durch einen Schritt zur Seite oder Kniebeugen aus. Beim Tanzen, Sculpt und Zumba schwingt man Arme, Hüfte und Beine so, wie es Coaches vormachen.

Zudem locken hübsche Strand- und Dachterrassen als Trainingsumgebung sowie Gaming-Mechaniken. Ein Zähler registriert Treffer und akkurate Bewegungen. Eine Intensitätsanzeige würdigt kraftvolle Punches. Musik und Anfeuerung der Coaches sind packend auf die Aufgaben abgestimmt. Animierte Plaketten und neue virtuelle Boxhandschuhe belohnen regelmäßiges Trainieren.

Aktiviert man die Mixed Reality, fügt sich das Geschehen weniger fehlerhaft in die echte Umwelt ein als bei anderen Sportspielen. Der Fokus auf den Oberkörper vernachlässigt Rumpf und Beine. Die Trainer sprechen nur Englisch. Der Abozwang (13 Euro/Monat oder 99 Euro/Jahr) macht FitXR zur Preisfrage.

- 👆 breite Aktivitätsauswahl
- 👆 mitreißende Gaming-Mechaniken
- 👎 Abozwang



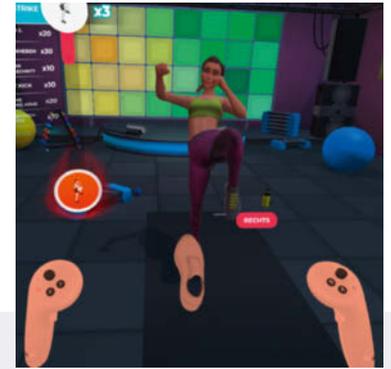
Les Mills Bodycombat

Im für beide Headset-Marken verfügbaren Kampfsportklassiker schmettert man mit virtuellen Fäusten respektive Controllern heftig auf heranfliegende Bojen ein. Der Box-Fokus wird durch Kniestöße und Kniebeugen aufgelockert. Mit letzteren weicht man Hindernissen aus. Zu Beginn jedes Trainings erklären fotorealistisch eingeblendete Coaches die Moves, anschließend feuern sie aus dem Off an.

Der Ansporn der Coaches, treibende Musik und eine Sci-Fi-Umgebung sorgen für eine stimmungsvolle Atmosphäre. Combo-Zähler und Leaderboard motivieren zusätzlich. Zum Preis von 30 Euro gibt es Dutzende Kurse, die sich gut nach Intensität und Länge filtern lassen.

Das Grundangebot kann aber auf Dauer eintönig werden. Mehr als zwei Coaches gibt es nicht. Die virtuelle Umgebung variiert kaum. Extralevel und Trainingspläne gibt es nur in kostenpflichtigen Downloadpaketen (7 bis 8 Euro). Für das Ganzkörpertraining inklusive Rumpf und Beinen ist die App nicht geeignet. Wer nur Deutsch versteht, hat von der englischen Sprachausgabe nichts.

- 👆 packende Kampfsport-Atmosphäre
- 👆 Trainings als Einmalkauf
- 👎 eintönige Trainingsumgebung



Let's Get Fit VR

Die für die Nintendo Switch entwickelte App gibt es als VR-Version nur für Pico-Headsets für 15 Euro. Sie setzt auf ein Fitnessstudio-Konzept mit virtuellen Personal Trainern und einer großen Kursauswahl für verschiedene Körperregionen und Trainingsziele. Vorgegebene Einheiten filtert man nach Kraft, Kardio- oder Ganzkörper-Workouts. Auf Wunsch erstellt man individuelle Sets mit bevorzugten Übungen für einzelne Muskelgruppen – ein seltenes Feature.

Eine weitere Stärke ist eine motivierende Feedback-Mechanik, die von den Sensoren erfasste Bewegungen grafisch und akustisch quittiert. Das spornt an, sich nicht hängen und mal eine Wiederholung auszulassen. Sind Picos flexibel einsetzbare Motion Tracker gekoppelt, bindet die App auch Beinbewegungen ein und visualisiert Füße nicht nur als dekoratives Feature. Menüs und Sprachausgabe sind einwandfrei eingedeutscht.

Es gibt wenige Kritikpunkte: Bei Bodenübungen stören die Controller, man weiß nicht, wohin damit. Der detailarme Look wirkt angestaubt.

- 👆 sehr motivierendes Feedback
- 👆 individualisierbare Trainingspläne
- 👎 Controller stören bei Bodenübungen

Riemen und Akku 150 Euro, Fremdanbieter wie Aubika, Kiwi und Sonicgrace bieten günstigere Alternativen.

VR-Brillen kann man nach dem Workout nicht einfach unter den Wasserhahn halten. Auf Sport optimierte Gesichtspolster sorgen für mehr Belüftung und schützen so die Hardware vor Schweiß. Meta bietet mit grobmaschigem Stoff bespannte oder

seitlich offene Rahmen (je 50 Euro). Sie belüften den Kopf besser, lassen aber mehr oder sämtliches Licht von der Seite durch. Ein Gesichtspolster von Razer (80 Euro) bleibt blickdicht, verringert stattdessen durch eine hervorstehende Wulst die Auflagefläche auf der Haut, sodass Schweiß besser trocknet. Für Pico gibt es keine besonders sportlichen Gesichtspolster.

Wiederum für Geräte beider Hersteller verfügbar sind sporttaugliche Riemen, welche die Controller besser an den Handrücken fixieren als die beiliegenden Schlaufen. So aufgerüstet, lösen sich die Controller bei schwingvollen Ausholbewegungen nicht aus der Hand. Wurf Schäden bleiben erspart. Metas Originalzubehör kostet 50 Euro, andere Hersteller



In den Headset-Betriebssystemen und Begleit-Apps von Meta und Pico lässt sich die sportliche Aktivität dokumentieren.

Fitnessspielen sucht, kann zusätzlich beim Virtual Reality Institute of Health and Exercise recherchieren. Das private Institut schätzt auf seiner Webseite <https://vrhealth.institute/vr-ratings/den> durchschnittlichen Kalorienverbrauch gängiger Apps.

Viele populäre Titel gibt es für beide Plattformen, nur wenige für die eine oder die andere. Die Preise sind hier wie dort niedrighschwellig. Die meisten Anwendungen kauft man für einen Einmalbetrag zwischen 10 und 30 Euro. In-App-Käufe ergänzen für 3 bis 20 Euro Trainingslevel, Begleitmusik, virtuelle Übungsräume und Sportklamotten. Nur in Ausnahmefällen ist der App-Zugang an ein Bezahl-Abo geknüpft.

Am weitesten verbreitet sind Anwendungen, die das Controller- und Handtracking fürs Boxen und ähnliche Schlagtechniken verwenden. Die Spanne reicht von martialischem Kampfsport wie in Les Mills Bodycombat bis zur augenzwinkernden Slapstick-Prügelei wie in Crazy Kung Fu.

In der großen Gruppe der Rhythmusspiele sind präzise Hiebe im Takt von Musik gefragt. In Beat Saber zertrümmert man mit Lichtschwertern heranraschende Klötze, in Smash Drums trommelt man die Noten von Rocksongs nach. Abhängig vom gewählten Schwierigkeitsgrad wird aus der Geschicklichkeitsübung eine durchaus schweißtreibende Angelegenheit.

Zum Sammelsurium an Ballsportspielen gehören etwa Simulationen von (Tisch-)Tennis, Baseball und Fußball. In Tanzspielen ahmt man rhythmische Bewegungen nach, die ein virtuelles Alter Ego vormacht. Zudem gibt es klassische Sportanwendungen, die das Kurspro-

liefern für beide Headset-Marken Günstigeres.

Wer in Fitnessspielen auch die Position der Füße erfassen will, schnallt sich Picos Motion Tracker um die Knöchel. Sie passen nur zur 4 Ultra. Zum Preis von 150 Euro liefert der Hersteller zwei Pucks mit Bluetooth, IMU-Sensoreinheit und zwölf Infrarotsensoren. Man klickt sie in Halteplatten von Klettbändern, wickelt diese ums Bein. Nach der Kontaktaufnahme mit dem Headset reichen sie Positionssignale an rund 20 compatible Sport-Apps durch.

VR-Brillen als Fitnessstracker

Pico und Meta integrieren in ihre Headsets einen Fitnessstracker. Wer sich ansonsten gern mithilfe von Smartwatch und Herzfrequenzgurt selbst optimiert, muss das bei VR-Brillen nicht lassen. Einmal in den Headset-Betriebssystemen aktiviert, zählen diese die Minuten, die man in einer VR-Anwendung verbringt, und schätzen die währenddessen verbrauchten Kalorien. Für genauere Ergebnisse verrät man der Brille das Alter, die Größe und sein Gewicht.

Wer will, kann seine VR-Trainingsfortschritte mit weiteren Gesundheits- und Fitnessdaten in Apple Health oder Googles Health Connect zusammenführen. Dazu erteilt man den mobilen Anwendungen von Pico und Meta Horizon eine Datenfreigabe.

Die Trainingsübersicht von Apple Fitness registrierte im Test VR-Trainings als

Fitnessspiele und rechnet die Minuten auf die täglichen Aktivitätsziele an. Mitunter klappte der Datentransfer bei uns nicht automatisch. Ein Reset der Datenfreigabe löste das Problem. Generell kann man nur hoffen, dass die Konzerne verantwortungsbewusst mit den Daten umgehen.

Apps für den VR-Trainingsplan

Die Downloadläden von Meta und Pico bieten mindestens einige Dutzende für ein Training infrage kommende Apps. Genauer lässt sich das nicht bestimmen, weil die Genregrenzen zwischen Sportanwendung und Spiel mit Fitnessselementen verschwimmen und die groben Filterfunktionen eine feinere Suche erschweren. Wer nach besonders schweißtreibenden VR-

Ein breiter Riemen aus dem Zubehörhandel verhindert besser als die mitgelieferten Schlaufen, dass der Controller bei einer Ausholbewegung versehentlich zum Wurfgeschoss wird.

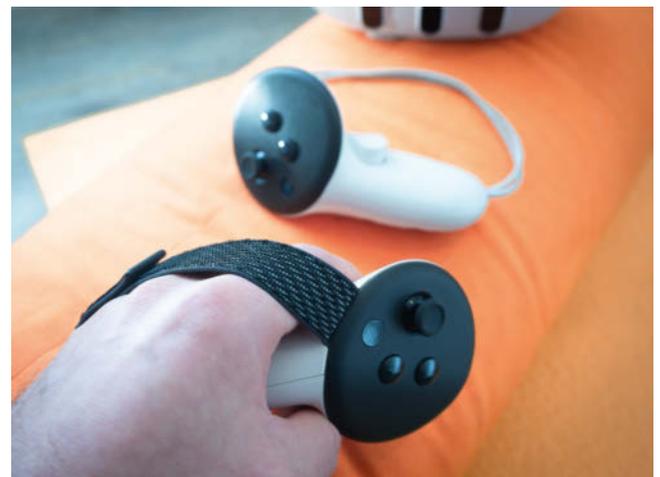


Bild: Berti Kolbow-Lehradt

gramm von Fitnessstudios simulieren. Sie setzen etwa moderates Kardiotraining, auspowerndes HIIT, Pilates oder Yoga auf den Plan.

In einem Praxistest haben wir sechs Apps stellvertretend für typische Kategorien näher angeschaut: FitXR (Boxen, Tanzen), Les Mills Bodycombat (Kampfsport), Beat Saber (Rhythmus und Musik) repräsentiert als populärer Vertreter sein Subgenre. Club Pilates (Mixed Reality) sowie Let's Get Fit VR und Final Soccer (Fußtracking) stechen hingegen mit interessanten Funktionen hervor.

VR-Fitness-Praxis

Mit einem blickdichten Headset auf dem Kopf zu trainieren, fühlt sich zunächst ungewohnt an. Dass man sich im Blindflug durch ein möbliertes Zimmer bewegt, erfordert Überwindung. Nach kurzer Eingewöhnung überwiegt aber der immersive Effekt der VR-Welt.

Das Konzept der Anbieter geht grundsätzlich auf: Gaming-Mechaniken und das einhüllende audiovisuelle Erlebnis setzen starke Anreize, sich körperlich und mental richtig reinzuknien. Das gelingt allen getesteten Spielen. Exemplarisch seien etwa die befriedigenden Klang- und Grafikeffekte bei kräftigen Punches und die hübschen Trainingsumgebungen auf Dach- und Strandterrassen in FitXR hervorgehoben. Die Apps Fitness One XR Evolved und Let's Get Fit VR simulieren Personal Trainer, die den Nutzer anleiten und anfeuern.

Wer sich schwer damit tut, ins echte Fitnessstudio zu gehen oder einen neuen Impuls für die ausgenudelte Heimworkout-Routine braucht, findet hier interessante Optionen. Entsprechenden Einsatz vorausgesetzt, kann man auf diese Weise durchaus die Muskeln straffen, den Kreislauf ankurbeln und Gewicht abnehmen.

Für ein ausgewogenes Training braucht man jedoch mitunter mehrere Apps. Der Oberkörper wird immer gefordert, weil Boxen und andere Ausholbewegungen in allen Spielprinzipien enthalten sind. Rumpf, Gesäß und Oberschenkel werden schon seltener beansprucht, und auch meist nur moderat, etwa dann, wenn man Hindernissen ausweicht. Für intensive Rumpf- und Beinübungen greift man zu den Gym-Simulationen Fitness One und Let's Get Fit. Letztere beide unterstützen auf der Pico 4 Ultra die Beintracker des Herstellers. Beim Liegefahrradtraining in Rückenlage bewegen sich die virtuellen Füße mit, was den Realismusgrad

Metas günstiges Gummiband (links) drückt bei längerem Trainingseinsatz schmerzhaft. Der optionale Elite-Riemen (rechts) trägt sich bequemer.



Bild: Bert Kolbow-Lehnaert

erhöht. Ohne Sensor muss man sich die Gliedmaßen dazudenken.

Beim Fußballspiel Final Soccer machen Picos Beinsensoren bestimmte Trainingsmodi erst möglich. Nur mit den Trackern kann man mit virtuell simulierten Beinen Elfmeter und Freistöße aufs Tor schießen. Auf Metas Brillen beschränkt sich das Spiel auf eine Torwandsimulation, bei der man Bälle mit den Händen abwehrt.

Anders als die optionalen Beinsensoren sind Controller als Signalbojen für Handbewegungen in den meisten Spielen Pflicht. Sonst verweigern sie den Trainingsstart. Reines Handtracking bieten sie nicht. Das erweist sich als Nachteil, wenn man während eines Kardioprogramms vom Boxen zu Bodenübungen wechseln muss, etwa in Fitness One und Let's Get Fit.

In der Bretthaltung stören die Controller. Die Spiele bieten keine Übergangsphase, um sie abzulegen. Es dauert ein paar Sekunden, bis man die Schlaufen gelöst hat. Die ersten Wiederholungen gehen dann flöten. Beim nächsten Wechsel zurück zu Stehübungen muss man die abgelegten Controller im Blindflug auf dem Boden ertasten.

Eine positive Ausnahme ist die App Club Pilates, die es nur für Meta Quest gibt. Während des Trainings legt man die Controller beiseite. So behindert nichts die Übungen. Weil die App nur Videotraining zum Nachmachen zeigt, braucht sie auch kein sensorisches Feedback. Die Kehrseite ist, dass man nicht erfährt, wie intensiv oder akkurat man trainiert. Ein Korrektiv bei Fehl- oder Schonhaltungen bietet zwar auch keine andere getestete

App. Aber immerhin belohnen diese hohen Einsatz mit ihren Gamification-Metriken. Dafür ist Club Pilates vorbildlich in Sachen Mixed-Reality. Die App blendet die Videoabbilder der Trainer an jeder Wand, an der Decke und am Boden ein. Man verpasst keine Demonstration, egal wohin man blickt.

Das ist der einzige überzeugende MR-Ansatz im Test. Alle anderen Apps, die nicht ausschließlich auf VR setzen, blenden virtuelle Trainer, Spielobjekte oder Levelausschnitte mit kleineren und größeren Maskierungs- und Perspektivfehlern ins echte Zimmer ein. Das führt zu irritierenden Realitätsbrüchen. Eine fehlende deutsche Sprachausgabe ist ein weiteres Manko vieler Apps. Diese findet man nur bei den Trainern von Fitness One Evolved.

Fazit

Wer den Kauf einer VR-Brille rechtfertigen möchte, findet in den Sporttalenten der Headsets gute Argumente. Die Bewegungserkennung eignet sich prima, um beim Schattenboxen den Oberkörper zu kräftigen. Das geht mit allen getesteten Apps und Headsets gut. Bei entsprechender App-Auswahl lässt sich auch der Rumpf intensiv trainieren. Wer Wert auf Beinarbeit legt, wendet sich Picos Hardware wegen der nur dort verfügbaren Zusatzsensoren zu.

Günstiger als eine mehrjährige Studiogebühr ist die Anschaffung nicht. Der Griff zur VR-Brille ist aber gerade nach einem langen Tag kürzer als der Weg zum Gym. Preiswerter als ein Fitnessstudio, das man nicht besucht, ist die Technik daher allemal. (sha@ct.de) **ct**



Tinten-Homöopathie

Heim-Multifunktionsdrucker ab 85 Euro

Für weniger als 100 Euro bekommt man schon kompakte Tintendrucker mit Flachbettscanner und WLAN, die kopieren, scannen und randlose Fotos in ansehnlicher Qualität abliefern. Das Geld verdienen die Hersteller mit völlig überteuerter Tinte in winzigen Patronen. Doch es gibt eine Alternative.

Von Rudolf Opitz

Wer privat nur sehr wenig druckt, will für ein Heimgerät nicht viel Geld ausgeben. Kopieren und scannen sollte es aber schon können, deshalb bieten die Hersteller zu einem Druckermodell eine ganze Serie von Multifunktionsgeräten mit unterschiedlicher Ausstattung an. Zu Straßenpreisen ab 85 Euro beschriftet der Heimdrucker dank automatischer Wendeeinheit (Duplexer) Papierbögen beidseitig, kopiert das Foto von der letzten Familienfeier randlos und nimmt per WLAN Verbindung zum Heimnetz auf.

Im c't-Labor durften drei günstige Multifunktionsdrucker zeigen, wie gut sie die verschiedenen Disziplinen rund ums

Drucken, Kopieren und Scannen beherrschen: Canon Pixma TS7650i, Epson Expression Home XP-4200 und der erst im November erschienene HP Envy 6520e. Letzterer ist mit 110 Euro zwar der teuerste, bringt dafür aber auch einen zusätzlichen Vorlageneinzug mit, der 35 Blatt in einem Arbeitsgang scannt oder kopiert.

Billig? Was man bekommt ...

Hochleistung erwarten wohl nur sehr wenige Leute von einem Multifunktionsdrucker unter 100 Euro. Bei Text und Grafik in Normalqualität beschrifteten unsere Testkandidaten immerhin 8 bis 12 Seiten pro Minute, der Canon Pixma schafft im Ent-

wurfsdruck sogar 15 Seiten. Für Haushalte mit geringem Druckaufkommen reicht die Geschwindigkeit, zumal der Papiervorrat der Drucker mit meist 100 Blatt auch nicht sonderlich groß ist. Nur der Pixma hat zwei Zuführungen für insgesamt 200 Blatt Normalpapier. Dem Epson XP-4200 fehlt eine staubgeschützte, von vorn befüllbare Papierkassette, von seinen Drucker stets einsatzbereit wünscht, kann zum nur 5 Euro teureren Epson XP-5200 mit 150-Blatt-Fach greifen, dem dafür der hintere Einzugs fehlt.

Spritzten billige Tintendrucker die bei der Düsenreinigung verbrauchte Tinte früher in ein fest verbautes Auffangvlies, nutzen die Modelle von Canon und Epson dazu nun eine mit wenigen Handgriffen wechselbare Kassette, Ersatz kostet weniger als zehn Euro.

Fotos bringen unsere Testdrucker besser als jeder Laserdrucker zu Fotopapier, da sie höher auflösen und feiner rastern. Der Epson XP-4200 und besonders der HP Envy nehmen sich in der höchsten Qualitätsstufe aber viel Zeit. Alle drei drucken randlos und kopieren ohne weißen Rand auf Fotopapier. Generell sind Heimgeräte (Canon Pixma, Epson Expression, HP Envy) für guten Fotodruck optimiert, das gilt auch für die preisgünstigen Modelle.

... und was nicht

Zum Kopieren und Scannen gibt es in dieser Preisklasse meist nur Flachbettscanner, im Testfeld hat nur der HP Envy einen zusätzlichen Vorlageneinzug. Einen solchen findet man nur bei wenigen Multifunktionsdruckern unter 100 Euro und dann nur einen kleinen und langsamen.

USB-Host-Buchsen für Speichersticks und SD-Card-Slots sind ebenfalls teureren Modellen fürs Büro und Fotodruckern vorbehalten. Unsere Testgeräte verbinden sich zwar mit dem lokalen Netzwerk, allerdings nur per WLAN – der Canon

Verbrauchskosten Tinte

[Cent / ISO-Seite (A4)]	Normalpatrone		XL-Patrone	
	Farbe	Schwarzanteil	Farbe	Schwarzanteil
	◀ besser	◀ besser	◀ besser	◀ besser
Canon Pixma TS7650i	27,78	12,78	21,67	10,00
Epson Expr. Home XP-4200	34,38	11,33	24,53	7,40
HP Envy 6520e	26,03	11,87	26,03	11,87

Leistungsaufnahme

	Aus [W]	Sleep [W]	Bereit [W]	Drucken [W]
	◀ besser	◀ besser	◀ besser	◀ besser
Canon Pixma TS7650i	0,14	1,7	4,1	19,7
Epson Expr. Home XP-4200	0,20	0,9	4,5	13,2
HP Envy 6520e	0,18	1,8	4,3	12,7

Pixma und der HP Envy immerhin mit Dualband –, eine Buchse fürs Ethernet-Kabel fehlt ebenso wie ein Faxmodem. Netzwerkverbindungen beschränken sich auf den Kontakt zum lokalen PC und zum Clouddienst des Herstellers. Scans auf einem NAS-Ordner speichern oder über einen SMTP-Server an eine Mailadresse senden können die günstigen Heimgeräte nicht.

Tinten-Terror

Am Verkauf der Drucker verdienen die Hersteller nur sehr wenig, das Geld machen sie mit dem Verkauf der Tintenpatronen. Damit die Kunden möglichst schnell zu einem frischen Satz Patronen greifen, enthalten die mitgelieferten Patronen wenig bis enttäuschend wenig Tinte: Die Patronen des Canon Pixma TS7650i hielten unseren Testparcours durch – gerade so. Im Test benötigen vier A4-Fotos und 50 gemischte Seiten aus Briefen, Geschäftsgrafiken, aber auch vollflächigen Prospektseiten und Bildgalerien die meiste Tinte. Der Epson XP-4200 brauchte schon zwei Sätze Standardpatronen und der HP Envy sogar deren drei.

Die Hersteller bieten auch besser befüllte XL-Patronen an, die zwar mehr kos-

ten, umgerechnet auf die Tintenkosten pro Normfarbseite (die Patronenreichweite wird nach der Norm ISO/IEC 24711 ermittelt) aber in der Regel günstiger drucken. Mit XL-Patronen kostet eine ISO-Farbseite des Canon Pixma happige 21,7 Cent an Tinte, und das ist der günstigste Preis im Test. Am teuersten druckt der HP Envy 6520e mit 26 Cent. Dabei ist es für die Kosten egal, ob man die Standard- oder die XL-Patrone 308e verwendet, die es nur für Schwarz gibt: Sie enthält exakt die doppelte Tintenmenge zu exakt dem doppelten Preis.

Als deutlich günstigere Alternative zum Patronenkauf bieten alle Hersteller sogenannte Tintenabos an. Die Bezeichnung führt etwas in die Irre, denn die Abonnenten zahlen für die gedruckten Seiten, nicht für die Tinte. Die schickt der Anbieter kostenfrei ins Haus, wenn der mit dem Internet verbundene Drucker meldet, dass der Vorrat in der Patrone zur Neige geht. Außerdem übermittelt er die Anzahl der gedruckten Seiten. Je nach Anbieter gibt es verschiedene Tarife mit 10 Seiten pro Monat für rund 1,50 Euro bis zu 100 Seiten und mehr (siehe Tabelle unten).

Für die Kunden haben Abos zwei Vorteile: Für die Abrechnung spielt es erstens

Tinten-Abos für die Multifunktionsdrucker im Test

Abonnement	10 S./Monat	15 S./Monat	30 S./Monat	50 S./Monat	60 S./Monat	100 S./Monat	200 S./Monat	300 S./Monat	Kosten pro Extra-Seite
Canon Print Plan	–	–	2,99 € (10,0 ct/S.)	–	4,99 € (8,3 ct/S.)	5,99 € (6,0 ct/S.)	9,99 € (5,0 ct/S.)	–	10 ct
Epson ReadyPrint Flex	–	1,99 € (13,3 ct/S.)	3,49 € (11,6 ct/S.)	4,99 € (10,0 ct/S.)	–	6,99 € (7,0 ct/S.)	–	12,99 € (4,3 ct/S.)	20 ct (15 S.), 15 ct (30 S.), 10 ct (alle größeren Tarife)
HP Instant Ink	1,49 € (14,9 ct/S.)	–	–	4,99 € (10,0 ct/S.)	–	6,99 € (7,0 ct/S.)	–	13,99 € (4,7 ct/S.)	1 € für 10-Seiten-Paket

Seitenpreise bei voller Ausnutzung des Kontingents – nicht im Angebot



Canon Pixma TS7650i

Der kompakte TS7650i hat zwei Papiereinzüge: eine Kassette für Normalpapier und einen Einzug für Fotopapier oder weitere 100 Blatt Normalpapier. Die Klappe über dem Flachbettscanner lässt sich für Buchscans in den Scharnieren um 1,5 Zentimeter anheben. Die Bedienelemente, ein Touchscreen und fünf Funktionstasten, liegen auf einem anklipbaren Panel.

Die beiden Kombipatronen für Textschwarz und die drei Grundfarben mit integrierten Bubblejet-Druckköpfen kosten zwar viel, doch wenn der Druckkopf mal heillos verstopft ist, reicht ein Patronenwechsel. Mit 21,7 Cent pro Farbnormseite beschriftet der Pixma im Test am günstigsten, alternativ gibt es das Tinten-Abo „Print Plan“. Die Claria-Tinte blich im Sonnenlicht sichtbar, aber im Vergleich zur Epson-Tinte noch mäßig aus.

Das Installationsprogramm richtet nur die Grundfunktionen ein, weitere Software wie Poster Artist und Layout-Editor kann man von der Servicesite laden und installieren.

Für einen preisgünstigen Drucker legt der TS7650i ein hohes Tempo vor. Die Entwurfsqualität ist sehr gut lesbar, der Standarddruck lieferte die beste Qualität. In der Stufe „Hoch“ fielen unter der Lupe feine Tintentröpfchen an den Buchstabenkanten auf. Beim 50-Seiten-Langlauf war der Pixma am schnellsten fertig.

Für ein randloses A4-Foto in bester Qualität brauchte er nur gut zwei Minuten. Beim Fotodruck gefielen besonders die stimmigen Farben und die Detailwiedergabe. Der TS7650i druckt auf Normalpapier randlos nur in blasser und streifiger Normalqualität. Mit Rand und hoher Qualität lieferte er gute Fotos ab.

Schwarz-Weiß kopiert der Canon-Drucker etwas schneller als in Farbe. Zwischen den Buchstaben fielen Satellitentröpfchen auf. Graufächen wirkten körnig. Die randlosen Kopien von Fotos waren nur leicht beschnitten und ließen lediglich einige dunkle Details vermissen.

Das liegt augenscheinlich am Scanner, denn auch bei den sonst guten Fotoscans verschwanden einige dunkle Details im Schwarz. Stören körnige Farb- oder Graufächen, hilft der Rasterfilter der ScanGear-Software, der dezent ohne viel Schärfeverlust zu Werke geht. Die im Scan Utility integrierte OCR machte im Test viele Fehler und erkannte kleine und zu große Schriften oft gar nicht.

- ↑ schneller Drucker
- ↑ zwei Papierquellen
- ↑ guter Fotodruck

Preis: 85 Euro



Epson Expression Home XP-4200

Der kleine XP-4200 belegt wie der Canon TS7650i wenig Stellfläche, hat aber nur einen hinteren Einzug für 100 Blatt Normalpapier. Im Test nahm die ausziehbare Ablage 50 Blatt ohne Probleme auf. Die Abdeckung des Flachbettscanners hat in den Scharnieren kein Spiel. Das anklipbare Bedienpanel trägt ein kleines, gut ablesbares Farbdisplay und Folientasten mit Steuerkreuz und Grundfunktionen. Damit ist die Bedienung nicht so intuitiv wie die der Touchscreen-Geräte.

Der XP-4200 hat vier separate Tintenpatronen. Mit Standardpatronen druckt er extrem teuer, günstiger sind XL-Patronen oder das Tinten-Abo „ReadyPrint Flex“. Die Tinte blich im Sonnenlicht sehr stark aus, ist aber wischfest. Die Einrichtung fällt leicht: Das Installationsprogramm lädt weitere Software nach, eine Texterkennung ist aber nicht dabei.

Der XP-4200 schafft nur in Entwurfsqualität mehr als 12 Seiten pro Minute. Text war etwas blass, aber noch gut lesbar. Der merklich langsamere Standarddruck liefert schon fast die beste Textqualität, wer es einen Tick kräftiger möchte, kann die Qualität Standard-Vivid wählen. Der sehr langsame Starkdruck macht Text nicht besser und taugt eher für Fotos und detailreiche Grafik. Für das Adressieren von DL-Umschlägen sollte man im Treiber „Ränder minimieren“ aktivieren.

Fotos druckt das Epson-Gerät auf Normalpapier randlos und in brauchbarer Qualität. Gute Ergebnisse gibt es aber nur auf Fotopapier, das es in der unter „weitere Optionen“ versteckten Extra-fein-Qualität bedruckt. Außerdem schützt Fotopapier die lichtempfindliche Tinte besser. Besonders bei Monochrom-Fotos störten milchige, bläuliche Schwarzflächen.

Als Kopierer nimmt sich der XP-4200 besonders bei Farbkopien Zeit, Epson legt hier mit Erfolg mehr Wert auf Qualität. Nur bei Text auf grauem Hintergrund sind die Buchstaben auf der Kopie schwarz umrandet. Randloskopien von Fotos sehen gut aus, bis auf Blau wirken die Farben aber ein wenig blass.

Der Flachbettscanner geht langsam zu Werke und digitalisierte unser Testfoto bei 600 dpi in sehr guter Qualität. Auf Scans von Grafikdrucken war das Druckraster gut sichtbar, der Rasterfilter glich dies gut aus, allerdings auf Kosten von Schärfe.

- ↑ guter Scanner
- ↑ guter Fotodruck
- ↓ hohe Tintenkosten

Preis: 90 Euro



HP Envy 6520e

Der breite Envy hat nur ein frontales Papierfach. Damit eignet er sich gut für ein Regal. HP hat den aktuellen Envy-Modellen wieder einen kleinen Touchscreen links neben der Ablagefläche und ein ordentliches Menü spendiert. Manche Menüpunkte sind schwer mit dem Finger auf dem kapazitiven Display zu treffen, außerdem reagiert das Menü häufig träge.

Auf der Klappe des Flachbettscanners thront ein Vorlageneinzug. Er geht sehr langsam, aber zuverlässig zu Werke. Hinten ist wie üblich die USB-Buchse verklebt: Die Kunden sollen WLAN und die HP-Smart-App benutzen. Die WLAN-Kopplung per WPS klappt aber gut. Das Offline-Installationspaket erkennt den Drucker im Netz, brauchte fürs Einrichten aber mehrere Anläufe. Die kleinen Kombipatronen sind sehr schnell leer, der Envy 6520e lohnt sich nur mit einem Instant-Ink-Abo.

Die gemächliche Druckgeschwindigkeit liegt auf dem Niveau des Epson XP-4200, der Entwurfsdruck reicht qualitativ locker für alle alltäglichen Aufgaben. Nett: Das Display zählt die gedruckten Seiten mit. Im sehr langsamen Optimaldruck bringt der Envy Buchstaben sauber, aber etwas zu fett aufs Papier. Beim Duplexdruck legt er längere Trockenpausen ein. Beim 50-Seiten-Auftrag mussten wir die Drucke nach 30 Blatt entfernen, da sie von der Ablage geschoben wurden.

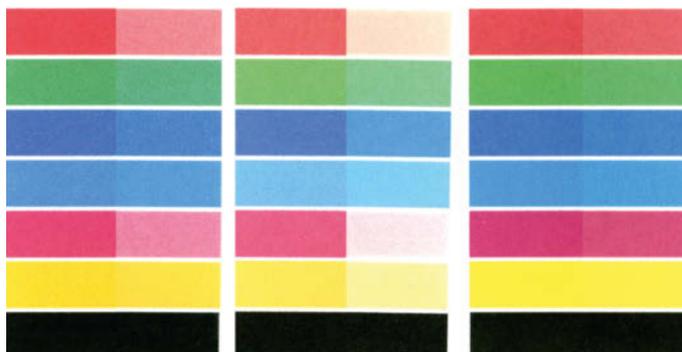
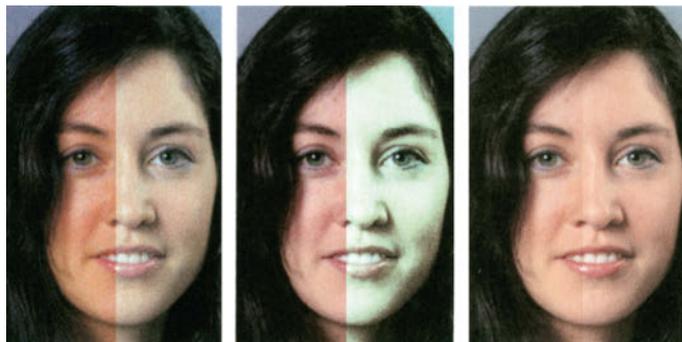
Die Einstellung „max. Auflösung (dpi)“ ist nur für Fotopapier gedacht, damit dauert der Fotodruck aber extrem lange. Die Farben gefielen uns, fehlende dunkle Details weniger. Schwarz-Weiß-Fotos hatten einen leichten Grünstich. Auf Normalpapier druckte der Envy gute Fotos, aber nur mit Rand.

Text kopierte der HP Envy in Entwurfsqualität noch schnell, für Farbkopien und bei Vorlagen vom Einzug lässt er sich Zeit. Bei Text fielen unter der Lupe unsaubere Buchstabenkanten auf, unsere Testgrafik zeigte hässliche Streifen in Graufächern. Randloskopien von Fotos waren stark beschnitten, dunkle Details sofften im Schwarz ab.

Mit 600 dpi scannt der Envy nur vom Flachbett, beim Vorlageneinzug ist bei 300 dpi Schluss, was aber für Text und Geschäftsgrafik völlig ausreicht. Die Fotoscans vom Flachbett zeigten kühle Farben und hässliche Doppellinien an Kanten. Auch Text auf Graufächern hatte einen weißen Rand. Eine Texterkennung gibt es nur über den Clouddienst HP+.

- 👆 Vorlageneinzug
- 👆 Touchscreen-Bedienung
- 👇 Patronen teuer bei geringer Reichweite

Preis: 110 Euro



Lichtbeständigkeit der Tinte auf Normalpapier, Vergleich vor (jeweils links) und nach 100 Stunden im Sonnensimulator: Die Canon-Tinte PG/CL-585/586 (links) blich deutlich, die Epson 406 (Mitte) sehr stark und die HP 308 (rechts) kaum aus. Die Schwarz tinten enthalten feste Pigmentteilchen, die für Lichtschutz und gute Deckung sorgen.

keine Rolle, wie viel Tinte auf der Druckseite landet. Eine Druckseite kostet je nach Tarif 6 bis 15 Cent, egal ob es sich um einen einfachen Brief oder um ein randloses DIN-A4-Foto handelt. Zum zweiten braucht der Kunde Tintenverluste, die etwa beim Patronenwechsel, der automatischen Kalibrierung und bei der Düsenreinigung anfallen, nicht zu zahlen.

Seit unserer Tintenabo-Übersicht 2023 haben Epson und HP besonders die günstigen Tarife mit geringer Seitenzahl deutlich verteuert: Bei zehn gedruckten Seiten kostete eine Seite im kleinsten Instant-Ink-Tarif (10 Seiten pro Monat) rund 10 Cent, seit Anfang 2024 sind es 15 Cent. Interessanterweise zahlt man bei Überschreiten des Monatskontingents für weitere zehn Seiten einen Euro, also nur 10 Cent pro Seite. Im kleinsten Instant-Ink-Tarif lohnen die Zusatzpakete also – wenn man sie voll ausnutzt. Auf jeden Fall druckt man mit den Tintenabos noch am günstigsten und braucht frische Tinte nicht selbst zu beschaffen.

Unsere Testdrucker verwenden jeweils vier verschiedene Tinten: je drei Farbstofftinten (Dye-Tinten) für die Grundfarben und eine Schwarz tinte, die als einzige feste Farbpartikel enthält. Diese decken bei Textdruck besonders gut. Die nur aus flüssigen Farbstoffen bestehenden Dye-Tinten lassen sich dafür gut mischen, was der Farbwiedergabe beim Fotodruck zugutekommt. Allerdings bleichen Dye-Tinten im Sonnenlicht schneller aus. Nach hundert Stunden im Tageslichtsimulator, was etwa einem Jahr im Sonnenlicht entspricht, blich die Epson-Tinte so stark aus, dass Gesichter auf Normalpapier den Teint von Wasser-



Canon und HP verwenden Kombipatronen mit drei Tintenkamern für Cyan, Magenta und Gelb sowie integriertem Druckkopf. Die kleine Patrone des HP (links) enthält pro Kammer kaum drei Milliliter Tinte. Canons Druckköpfe (rechts) sind deutlich länger, was der Druckgeschwindigkeit zugutekommt.

leichen annahmen. Am beständigsten erwies sich die Tinte von HP, deren Rottöne auf Normalpapier nur leicht nachließen. Glänzendes Fotopapier schützt die empfindlichen Dye-Tinten und kann das Ausbleichen stark verringern.

Gut Druck will Weile haben

Mit bloßem Auge sehen die von unseren Testdruckern produzierten Textseiten durchweg gut aus, doch sollte man keine Schriftwiedergabe in Laserqualität erwarten. Wir nehmen es genau und bemühen zur Bewertung eine starke Lupe. Dabei fiel auf, dass die Tintendrucker bei Text die optimale Qualität oft schon in der Standardeinstellung erreichen. Der Druck in der höchsten Qualität dauert nur wesentlich länger und Buchstabenkanten fransen deutlicher aus: je mehr Tinte, desto mehr dringt in die Papierfasern ein. Der Epson XP-4200 kennt als Zwischenschritt die Einstellung „Standard-Vivid“, die durch Einsatz von mehr Tinte für eine bessere Schwärzung der Buchstaben sorgt. Zum Tintesparen empfehlen wir die Entwurfsqualität, die bei allen Testdruckern für gut lesbaren Text reichte.

Alle drei Testdrucker wenden im Duplex-Modus das Blatt und beschriften auch die Rückseite. Dabei machte nur der HP Envy merkliche Pausen, um der Tinte auf der Vorderseite Zeit zum Trocknen zu lassen. Zu verschmierter Schrift kam es aber bei keinem, die Tinten von Canon und Epson trockneten schnell genug.

Die höchste und langsamste Qualitätsstufe lohnt nur beim Fotodruck. Unsere Kandidaten lieferten auf Fotopapier ansehnliche Randlosbilder, unterschieden sich aber stark in der Druckgeschwindigkeit: Der Canon Pixma brauchte für ein A4-Foto in bester Qualität nur gute zwei Minuten, der HP Envy über eine Viertelstunde.

Auch beim Kopieren legte das Pixma-Gerät das höchste Tempo vor, ohne Abstriche bei der Qualität zu machen. Die Drucker von Canon und Epson haben lediglich einen Flachbettscanner, was zum gelegentlichen Kopieren weniger Seiten reicht. Der HP Envy 6520e scannt und kopiert bis zu 35 Vorlagen in einem Arbeitsgang, allerdings sehr langsam und nur einseitig. Fotoabzüge kopieren alle drei Geräte auf Fotopapier randlos. Dabei beschnitt der Canon Pixma die Bildvorlage wenig, der Epson XP-4200 deutlich mehr und der HP Envy ließ am meisten weg.

Das gemächliche Kopiertempo liegt zum guten Teil an den langsamen Scannern, die sich besonders bei hohen Auflösungen viel Zeit lassen: Beim A4-Fotocopy mit 600 dpi war der Canon Pixma mit einer knappen Minute noch der schnellste, der Epson XP-4200 mit über anderthalb Minuten der langsamste Scanner im Test. Beide lieferten aber qualitativ gute Fotoscans ab. Der HP Envy schärft Scans stark nach, was gut für Text und ein-

fache Grafiken, aber schlecht für Fotos ist, da es zu Detailverlusten und hässlichen Kantenartefakten kommt.

Eine Texterkennung (Optical Character Recognition, OCR) zum lokalen Installieren hat nur Canon im Scan Utility integriert. Um durchsuchbare PDFs mit dem Envy 6520e zu erstellen, bietet HP einen Cloudservice an. Doch muss man dazu ein HP+-Konto einrichten und zulassen, dass die zu bearbeitenden Scans auf einem US-Server bearbeitet werden.

Fazit

Sie suchen einen kleinen Multifunktionsdrucker für den Privathaushalt und wollen wegen geringem Druckaufkommen nicht viel Geld ausgeben? Dann ist der Canon Pixma TS7650i ein guter Tipp. Im Test druckte er am schnellsten, ohne bei der Qualität zu sparen, und absolvierte als einziger unseren Testparcours mit der mitgelieferten Starter-Tinte. Obwohl der Pixma sowohl in der Anschaffung also auch bei den Tintenkosten der preisgünstigste im Test ist, punktet er mit zwei Papierzugängen, einem vergleichsweise großen Touchscreen und guter Software-Ausstattung.

Wer den Drucker platzsparend in einem Regal betreiben möchte, wird dem flachen HP Envy 6520e den Vorzug geben, denn alles lässt sich bequem von vorn bedienen und dank des Vorlageneinzugs

Kopierzeiten

[Minuten: Sekunden]	10 A4-SW-Kopien	10 A4-Farbkopien	10×15-Foto beste	A4-Foto beste
	◀ besser	◀ besser	◀ besser	◀ besser
Canon Pixma TS7650i	0:46	0:57	1:15	2:13
Epson Expr. Home XP-4200	1:29	1:55	3:02	8:18
HP Envy 6520e	1:13	4:19	3:01	7:37

Geräusentwicklung

Kopie	Drucken [sone]	Drucken Leise [sone]	Scannen [sone]	Scannen Leise [sone]
	◀ besser	◀ besser	◀ besser	◀ besser
Canon Pixma TS7650i	7,5	3,6	1,3	0,7
Epson Expr. Home XP-4200	7,6	5,3	1,2	1,2
HP Envy 6520e	9,4	4,7	1,6 ¹	1,6

¹ ADF-Scannen: 2,6 sone

Druckleistung (ISO-Seite Farbe)

[Seiten / Minute]	Entwurf/schnell	normal	normal Leise	beste Qualität
	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶
Canon Pixma TS7650i	15,4	12,0	3,5	2,6
Epson Expr. Home XP-4200	12,8	8,0	5,1	1,6
HP Envy 6520e	11,8	8,2	4,3	3,1

braucht man zum Kopieren nicht einmal die Scannerabdeckung hochzuklappen. Der Epson Expression Home verwendet als einziger im Test für jede Tinte eine separate Patrone und erstellt für so ein günstiges Gerät erstaunlich hochwertige Drucke und Scans. Doch ist er langsam und die Tinte teuer.

Für alle drei Drucker gibt es mit den Tinten-Abos aber eine empfehlenswerte Alternative zum Kauf von überteuerter Tinte. Damit lassen sich mit dem passenden Tarif die Kosten auf rund die Hälfte senken und die Tinte kommt rechtzeitig per Post ins Haus. Wer viele Fotos druckt, profitiert besonders: Mit

den Abos zahlt man die bedruckte Seite, egal wie viel Tinte dabei verbraucht wird. (rop@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Rudolf Opitz, Tinte frei Haus, Abodienste mit monatlichen Seitenkontingenten für Drucker, c't 20/2023, S. 90

Tinten-Multifunktionsdrucker, Format DIN A4

Gerät	Pixma TS7650i	Expression Home XP-4200	HP Envy 6520e
Hersteller, URL	Canon, canon.de	Epson, epson.de	HP, hp.com/de
Druckverfahren / Tinten	Bubblejet / 2 Kombipatronen	Piezo / 4 Patronen	Bubblejet / 2 Kombipatronen
Max. Auflösung (Fotodruck) ¹	1200 dpi × 1200 dpi	5760 dpi × 1440 dpi	4800 dpi × 1200 dpi
Papiergewichte ¹	64 g/m ² ... 300 g/m ²	64 g/m ² ... 300 g/m ²	60 g/m ² ... 300 g/m ²
Papierzufuhr	100-Blatt-Kassette, 100-Blatt-Einzug hinten	100-Blatt-Einzug	100-Blatt-Kassette
Papierablage ¹	50 Blatt	k.A. (50 Blatt im Test okay)	25 Blatt
autom. Duplexdruck	✓	✓	✓
randloser Fotodruck	✓	✓	✓
monatl. Druckvolumen (empf./max.)	k.A.	k.A.	bis 400 S. / 1000 S.
Scannen und Kopieren			
Scannertyp / Farbtiefe Farbe, Graustufen ¹	CIS / 24 Bit, 8 Bit	CIS / 24 Bit, 8 Bit	CIS / 24 Bit, 8 Bit
Auflösung physikalisch ¹	2400 dpi × 1200 dpi	2400 dpi × 1200 dpi	1200 dpi × 1200 dpi
Vorlageneinzug / Duplex	- / -	- / -	35 Blatt / -
Twain- / WIA-Modul	✓ / ✓	✓ / -	✓ / ✓
Netzwerk / Cloud			
Scan to E-Mail / FTP / SMB-Freigabe	✓ (Cloud) / - / -	✓ (Cloud) / - / -	- / - / -
Druck-App	Canon Print (Android, iOS)	Epson Smart Panel (Android, iOS)	HP Smart (Android, iOS, Windows)
AirPrint / Android Print / Mopria	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓
Clouddienst des Herstellers	IJ Cloud Printing Center	Epson Connect	HP Smart (HP Connected)
Sonstiges			
Schnittstellen	USB 2.0, WLAN (IEEE802.11n 2,4 und 5 GHz), WiFi Direct	USB 2.0, WLAN (IEEE802.11n 2,4 GHz), WiFi Direct	USB 2.0, WLAN (IEEE802.11ac 2,4 und 5 GHz), WiFi Direct
Maße im Betrieb (B × T × H)	37,5 cm × 56 cm × 28 cm	37,5 cm × 58 cm × 24 cm	43 cm × 51 cm × 18 cm
Gewicht	6,3 kg	4,3 kg	6,2 kg
Display	6,7-cm-Touchscreen	6,1-cm-Farbdisplay	6,1-cm-Touchscreen
Treiber für Windows	ab Windows 7 SP1	ab Windows XP SP3	ab Windows 10
Treiber für Mac / Sonstige	macOS ab 10.15.7 / Linux (Printer V. 6.70a, ScanGear MP V.4.70a)	macOS ab 10.9.5 / Linux (ESC/P-R-Treiber, Epson Scan 2)	macOS ab 10.12 / Linux (HPLIP)
Software (Windows)	Canon IJ Printer Assistant, Scan Utility, Scanner Selector, Easy PhotoPrint, PosterArtist, Easy Layout-Editor	Epson Scan 2, Scan Utility, Event Manager, Easy Photo Print, Tools	HP Smart, HP Scan
Speicherkarten / USB-Host	- / -	- / -	- / -
Besonderheiten	Wartungskassette MC-G06 (9 €)	Wartungsbox C9344 (9 €)	Vorlageneinzug
Tintenpatronen			
Schwarz (Reichweite ¹)	PG-585 (180 S.), PG-585XL (300 S.)	406 BK (150 S.), 406XL BK (500 S.)	HP 308 BK (160 S.), HP 308e BK (320 S.)
Farbe (Reichweite ¹)	CL-586 (180 S.), CL-586XL (300 S.)	406 C,M,Y (je 130 S.), 406XL C,M,Y (je 350 S.)	HP 308 Color (120 S.)
mitgelieferte Tinte	PG-585 (180 S.), CL-586 (180 S.)	406 Starter (150 / 130 S.)	HP 308 (160 / 120 S.)
Tintenkosten pro ISO-Farbseite (XL-Patrone)	21,67 ct, Schwarzanteil 10 ct	24,53 ct, Schwarzanteil 7,4 ct	26,03 ct, Schwarzanteil 11,9 ct
Tinten-Abo-Angebot	Print Plan	Ready Print Flex	Instant Ink
Messergebnisse und Bewertungen			
Druckzeiten [Minuten:Sekunden]	10 Blatt Duplex (Normal): 1:37, 50 Seiten gemischt: 11:35, Foto A4 (beste): 2:06	10 Blatt Duplex (Normal): 1:39, 50 Seiten gemischt: 14:09, Foto A4 (beste): 7:01	10 Blatt Duplex (Normal): 1:42, 50 Seiten gemischt: 15:14, Foto A4 (beste): 15:34
Scanzeiten	Vorschau: 7 s, Foto A4 600 dpi: 58 s, Text 300 dpi: 20 s	Vorschau: 12 s, Foto A4 600 dpi: 94 s, Text 300 dpi: 24 s	Vorschau: 20 s, Foto A4 600 dpi: 70 s, Text 300 dpi: 21 s
Bedienung / Netzwerkfunktionen	⊕ / ○	○ / ○	○ / ○
Text- / Grafikdruck	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕⊕	⊕ / ⊕
Fotodruck (Foto- / Normalpapier / SW)	⊕⊕ / ⊕ / ⊕	⊕ / ○ / ⊕	○ / ⊕ / ○
Kopierqualität Text / Grafik / Foto	○ / ○ / ⊕	⊕ / ○ / ⊕	○ / ⊕ / ○
Scanqualität Foto / Grafik / OCR	⊕ / ⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕ / -	⊕ / ○ / -
Lichtbeständigkeit Normal- / Fotopapier	○ / ⊕	⊕⊕ / ⊕	⊕ / ⊕⊕
Herstellergarantie	2 Jahre	1 Jahr	1 Jahr (2 Jahre mit HP+)
Gerätepreis (UVP / Straße)	102 € / 85 €	105 € / 90 €	125 € / 110 €

¹Herstellerangabe ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden - nicht vorhanden k.A. keine Angabe

Nachgebohrt

Interview mit Thomas Roche über die EUCLEAK-Lücke

Der Sicherheitsforscher Thomas Roche hat im September 2024 einen Seitenkanalangriff auf eine Reihe von Infineon-Chips entdeckt, der einen Fehler in der Krypto-Bibliothek ausnutzt. Die Chips stecken beispielsweise in Yubikeys und diversen Ausweisen. Auf der [hardwear.io](#)-Konferenz in Amsterdam hat er uns seinen Fund erklärt.

Von Wilhelm Drehling

Thomas Roche beschrieb im September 2024 einen Seitenkanalangriff auf Infineon-Chips, mit dem man unter anderem private Schlüssel aus dem FIDO2-Stick Yubikey extrahieren kann. Der auf den Namen EUCLEAK getaufte Angriff ist aber nicht trivial, sondern erfordert Spezialequipment, Know-how, einen direkten Zugriff auf den Chip im Yubikey und setzt vor allem eine fehlerhafte Kryptografie-Bibliothek auf dem Chip voraus. Auch der Personalausweis verwendet solche Chips, doch das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) konnte mittlerweile hierfür eine Entwarnung geben, weil der Ausweis diese Bibliothek nicht nutzt.

Seine Erkenntnisse veröffentlichte Roche in einem ausführlichen Aufsatz und stellte sie in einer Präsentation auf der [hardwear.io](#)-Konferenz vor. Die Reaktionen des BSI und Yubico, dem Unternehmen hinter dem Yubikey, begleitete heise online in mehreren Meldungen (gesammelt auf [ct.de/y24x](#)). Im Interview erklärte Roche uns den Angriff und seine Konsequenzen.

c't: Was genau ist Ihr Job und wie sind Sie auf die Lücke gestoßen?

Thomas Roche: Während meiner täglichen Arbeit in meiner Firma NinjaLab, die derzeit aus Victor Lomne und mir besteht (lacht). Wir führen regelmäßig Penetrationstest an als sicher geltenden Chips durch und nehmen dabei die Perspektive eines Angreifers ein, der es mit Seitenkanalangriffen versucht. Das sind spezielle hardwarenahe Angriffe, bei denen man physischen Zugang zum Chip des Geräts braucht. Etwa um elektromagnetische Abstrahlung zu erfassen, während man sensitive Operationen am Chip ausführt. Die Aufzeichnungen liefern dann wichtige Erkenntnisse darüber, was wie im Chip passiert. An solchen Angriffen arbeite ich schon seit 10 bis 15 Jahren und in meiner Freizeit mache ich das Gleiche.

c't: Ist das eine Art Herausforderung für Sie, nicht irgendwelche Chips anzugreifen, sondern unbedingt die, die als sicher gelten?

Roche: Dafür gibt es zwei gute Gründe: Es gibt sehr wenige Menschen, die in diesem Bereich arbeiten, weil die Implementierungen von den Entwicklern geheimgehalten werden. Um also eine Schwachstelle im System zu finden, muss man zuerst die Implementierung verstehen und das ist eine große Hürde. Und zweitens möchte ich damit mein Unternehmen NinjaLab bewerben und zeigen, zu was wir in der Lage sind. Wenn uns eine Firma beauftragt, dürfen wir meist nichts veröffentlichen, aber wenn wir auf eigene Faust an etwas arbeiten, können wir unsere Ergebnisse teilen und möglicherweise sogar den Stand der Technik verbessern.

c't: Was für einen Seitenkanalangriff habt Ihr bei den Yubikeys verwendet?

Roche: Wir haben die elektromagnetische Abstrahlung von Infineons sicherem Element gemessen, die in Yubikeys verbaut sind. Yubikeys sind USB/NFC-Sticks, die als Schlüssel für Zwei-Faktor-Authentifizierung verwendet werden. Wir greifen sie nicht an, weil wir glauben, sie wären schlecht, wir schauen uns sichere Elemente einfach nur genauer an.

c't: Das klingt nach einem sehr aufwendigen Angriff.

Roche: Nein, für einen Seitenkanalangriff ist er sogar recht einfach. Wenn man das Zurückentwickeln der Implementierung im Chip außen vor lässt, ist es ein ganz klassischer Seitenkanalangriff. Vereinfacht gesprochen: Er basiert auf nicht konstanter Rechenzeit der modularen Inverse

»An solchen Angriffen arbeite ich schon seit 10 bis 15 Jahren und in meiner Freizeit mache ich das Gleiche.«

in dem kryptografischen Verfahren ECDSA; die modulare Inverse ist Teil von Infineons Krypto-Bibliothek, die im Chip ist.

In FIDO2 benutzt man den ECDSA-Signaturalgorithmus, um sich gegenüber einer anderen Partei zu authentifizieren. Es wird ein privater Schlüssel generiert und im Yubikey gespeichert. Teil des Signaturalgorithmus ist das modulare Invertieren eines Geheimnisses, das, wenn es offenbart werden würde, den privaten Schlüssel ergäbe. Durch Aufzeichnung der modularen Inverse kann man die inneren Berechnungen und insbesondere ihre Ausführungszeiten recht genau beobachten.



Bild: Wilhelm Drehling

Der Sicherheitsforscher Thomas Roche zeigte auf der Hacker-Konferenz hardwear.io, zu was der EUCLEAK-Angriff imstande ist.

c't: Trotz all dieser Angriffsszenarien hat EUCLEAK (CVE-2024-45678) vom NIST einen niedrigen CVSS-Score von gerade mal 4,2 (Medium) bekommen. Warum?

Roche: Das liegt daran, dass der Score auf Yubicos Einschätzung der Gefährlichkeit der Lücke beruht, und Yubico schätzt es als nur mäßig ein. Aus Sicht von Yubico kann ich das verstehen, denn Yubico verkauft keine Sticks, die gegen physische Angriffe resistent sind. Das Hauptziel ist die Bekämpfung von Phishing und darin sind sie erfolgreich. Das CVE, von dem Sie gerade gesprochen haben, bezieht sich auf Yubikeys. Aber es gibt kein CVE für die anderen Infineon-Chips, die in anderen Geräten verbaut sind. Infineon hat nie öffentlich gesagt, welche Version ihrer Cryptolib eine Lücke enthält und damit nicht klar gestellt, welche anderen Chips potenziell noch gefährdet sind.

c't: Es gibt doch einen Patch, der die Lücke schließt, oder?

Roche: Ja, Infineon behauptet, dass es jetzt einen Patch gibt. Das muss der Fall sein, denn seit wir den Angriff veröffentlicht haben, wurden alle Sicherheitschips von Infineon mit neuen Cryptolib-Versionen zertifiziert. Yubico hat von Infineon Cryptolib auf ihre eigene Version gewechselt, mit der der Angriff nicht weiter möglich ist.

c't: Die Lücke betrifft ja nur ECDSA in der Bibliothek Cryptolib. Kann man nicht einfach ein anderes Signatur-Verfahren wählen wie RSA? Oder gibt es dafür auch mögliche Seitenkanalangriffe?

Roche: Uns sind zumindest keine bekannt. Für den Moment ist das also gut genug. Der Angriff ist auch nicht möglich, wenn man den Yubikey mit einer PIN nutzt. Das ist eine zusätzliche Hürde, die ein Angreifer nur überwinden kann, wenn er an die PIN des Eigentümers kommt. Außerdem gibt es in FIDO einen Klonerkennungsdiens, den man auf Servern aktivieren kann. Der Angriff ist dann zwar noch möglich, aber weniger effektiv. Es gibt also einige Maßnahmen, die man ergreifen kann, um auf der sicheren Seite zu stehen. (wid@ct.de) **ct**

EUCLEAK-Paper, Präsentation und heise-online-Meldungen: ct.de/y24x

In der Infineon-Implementierung verraten winzige zeitliche Unterschiede beim Ausführen der modularen Inverse einen Teil des internen Zustands. Setzt man diese Teilinformationen zusammen, kann man das Geheimnis und damit den privaten ECDSA-Schlüssel vollständig wiederherstellen.

Im Vergleich zu anderen Seitenkanalangriffen braucht man dafür nicht mal Millionen oder Milliarden Einzelmessungen, sondern gerade mal ein paar. Das dauert nicht lange und lässt sich in der Praxis gut reproduzieren. Zum Vergleich: Vor ein paar Jahren haben wir den Titan-Sicherheitsschlüssel von Google angegriffen. Der Seitenkanalangriff selbst war viel ausgefeilter.

c't: Wie würde so ein Angriff auf einen Yubikey aussehen und wie gefährlich ist er?

Roche: Man bohrt ein kleines Loch in den Yubikey, bringt an der richtigen Stelle eine elektromagnetische Sonde an und sendet ein paar Signatur-Anfragen an den Schlüssel. Das dauert nur Sekunden. Dann stopft man das Loch im Yubikey und gibt ihn dem Benutzer zurück. Wie gefährlich ein solcher Angriff ist, ist schwer zu sagen, denn wir haben aus verschiedenen Gründen nicht alle Schritte in einem möglichen Angriffsszenario durchgespielt. Wir wollen nämlich keine Schritt-für-Schritt-Anleitung liefern und zudem wissen wir nicht, wie man ein Loch ohne Spuren zu hinterlassen wieder schließt. Daher können wir das Risiko schlecht beurteilen.

c't: Das klingt aber schon nach einem gefährlichen Angriff. Wenn er gelingt, weiß

die betroffene Person nicht mal, dass sie gehackt wurde.

Roche: Das ist sogar eigentlich der weniger gefährliche Fall. Im Yubikey gibt es mehrere Schlüssel, einer davon ist der Authentifizierungsschlüssel, der sagt: „Hey, ich bin ein echter Yubikey“. Wenn ich einen solchen Schlüssel aus einem normalen gekauften Yubikey extrahiere, dann kann ich einen eigenen Yubikey bauen. Ich kann also alles in das Produkt einbauen, was ich will. Diese manipulierten Yubikeys kann man verkaufen und sie unterscheiden sich nicht von den echten, denn die falschen Schlüssel sagen immer noch, ich bin ein echter, legaler Yubikey. Das ist ein schwer aufhaltbarer Supply-Chain-Angriff. Ziel der Angreifer kann es sein, einfach Yubico-Produkte fälschen zu wollen, aber man kann sich auch schlimmere Dinge vorstellen, wie zum Beispiel manipulierte Yubikeys, die aus der Ferne die Anmeldedaten des Benutzers preisgeben oder einen Virus auf dem Computer oder Smartphone des Benutzers installieren.

c't: Sie hatten erwähnt, dass der Angriff auf vielen Infineon-Chips durchgeführt werden kann. Es sind also nicht nur Yubikeys betroffen?

Roche: Ja, es funktioniert auf allen Sicherheitschips von Infineon. Diese sind nur für die Kryptografie zuständig. Für Yubikeys oder Sicherheitsanwendungen sind sie perfekt. Sie werden aber auch in Reisepässen, ID-Karten oder Bankkarten verwendet, weil Infineon zu den größten Anbietern gehört. Infineon ist dafür bekannt, sehr sichere Produkte zu bauen.



Bild: KI, Collage ct

Schwerkraft im All

Wie künstliche Gravitation funktionieren könnte

In vielen Science-Fiction-Geschichten gibt es einen magischen Schalter, der in Raumschiffen und -stationen erdähnliche Gravitation erzeugt. Praktisch für Filmproduzenten, aber wie realistisch ist das?

Von Sabrina Patsch

Andy und Rain stehen auf einer Brücke in einer Raumstation, von der gegenüberliegenden Seite kriechen mehrere Aliens auf sie zu. Rain zieht einen Schalter

an der Wand herunter. „Was hast du vor?“, fragt Andy. „Ich schalte den Gravitationsgenerator aus“, antwortet sie. Ein Countdown setzt ein. Die Xenomorphen nähern sich, Rain kniet sich hin, richtet ihr Gewehr auf sie. „Drei, zwei, eins.“ Rain schwebt einige Zentimeter in die Höhe und Andy zieht sie zurück zum Boden. Dann beginnt sie zu feuern.

In manchen Science-Fiction-Filmen, wie „Alien: Romulus“ (2024), dient künstliche Gravitation als Spannungselement. In vielen Filmen und Serien hilft künstliche Schwerkraft aber vor allem den Filmproduzenten, die Dreharbeiten zu vereinfachen. In Star Trek und Star Wars laufen Crew-Mitglieder, Jedis und Klonkrieger die meiste

Zeit durch ihr Schiff, als würden sie sich auf der Erde befinden. Denn, seien wir ehrlich, dort sind die Schauspieler natürlich auch.

Auf der Internationalen Raumstation ISS schweben Astronautinnen und Astronauten hingegen unbeschwert durch die Station. Was im ersten Moment unterhaltsam klingen mag, bringt aber langfristig ernsthafte gesundheitliche Probleme mit sich: Muskeln, Blut und Knochen werden abgebaut, die Wirbelsäule verformt sich, Körperflüssigkeiten verschieben sich, das Immunsystem wird geschwächt. Deshalb erforschten Wissenschaftler, wie sie Schwerkraft künstlich erzeugen könnten – lange bevor das Zeitalter der Raumfahrt begonnen hatte.

Künstliche Schwerkraft durch Rotation

Als Wegbereiter der Raumfahrt gilt der Russe Konstantin Ziolkowski. Bereits 1903 dachte er über ein Konzept nach, um Schwerkraft künstlich zu simulieren: mithilfe von Rotation. Der Österreicher Herman Potočnik formulierte die Idee 1929 aus. Er stellte sich eine radförmige Raumstation vor, das „Wohnrad“, in dem Menschen dauerhaft leben können sollten. Davon inspiriert machte der deutsche Ingenieur Wernher von Braun das Konzept 1952 bekannter; er entwarf eine toroidale Station, die eine Crew von 80 Personen zum Mars bringen sollte. Das alles passierte lange bevor der erste Mensch 1961 in den Weltraum gereist ist.

In einer rotierenden Raumstation würde die Zentrifugalkraft einen Menschen im Inneren nach außen ziehen, ähnlich wie auf der Erde die Schwerkraft nach unten. Diese zieht Menschen aufgrund ihrer gewaltigen Masse an. Der Ortsfaktor g gibt die Stärke der Anziehung an; in Deutschland sind es etwa 9,81 m/s. Multipliziert mit der Masse des Menschen, erhält man die Gravitationskraft, die auf ihn wirkt.

Die Zentrifugalkraft hingegen ist eine Scheinkraft, die zum Beispiel Fahrgäste in einem Karussell nach außen drückt. Dies erklärt sich mit einem Blick von außen: Träge Körper sind bestrebt, sich in einer geraden Linie zu bewegen. Der Sitz des Karussells zwingt den Fahrgast jedoch auf eine Kreisbahn. Dies nimmt er als Kraft wahr, die ihn nach außen zieht. Die Zentrifugalbeschleunigung a_z nimmt quadratisch mit der Winkelgeschwindigkeit ω der Drehung und linear mit der Entfernung r des Menschen zur Drehachse zu, also:

$$a_z = \omega^2 r.$$

Dreht sich das Karussell – oder eine Raumstation – schnell genug, spürt der Passagier

eine Kraft, die der Gravitation auf der Erde ähnelt. Ein Karussell mit einem Durchmesser von fünf Metern müsste sich flote 19-mal pro Minute drehen, damit die Zentrifugalkraft den Fahrgast mit 1 g nach außen zieht.

2001: Odyssee im Weltraum

Rotierende Raumstationen sind mittlerweile ein etabliertes Element in der Science-Fiction: Interstellar, Der Marsianer, Elysium, Babylon 5, Halo und viele andere simulieren so Gravitation. Eine der ersten und womöglich berühmtesten Darstellungen ist jedoch in „2001: Odyssee im Weltraum“ (1968) von Stanley Kubrick zu sehen. In einer Szene joggt Dr. Frank Poole an der ringförmigen Wand eines Raumschiffs entlang. Das Produktionsteam soll dabei maßgeblich durch von Brauns Entwürfen beeinflusst worden sein.

Wie realistisch ist das? Das Modul hat einen Radius von knapp sechs Metern. Um 1 g , also die Erdbeschleunigung zu simulieren, müsste sie sich daher etwa zwölfmal pro Minute drehen. Daraus ergeben sich jedoch Probleme für die Passagiere. Die Zentrifugalkraft hängt von der Entfernung des Objekts zur Drehachse ab. Dr. Pooles Kopf ist jedoch etwa 1,80 Meter näher an der Achse als seine Füße, er würde daher eine knapp 30 Prozent schwächere Anziehung spüren. Sein Blut würde daher in die Füße sacken und ihm würde schwindlig werden.

Störende Corioliskraft

Hinzu kommt ein zweiter Effekt, den Körper in rotierenden Systemen erfahren: die Corioliskraft. Wirft zum Beispiel eine Person auf einem Karussell einen Ball zu einer anderen Person auf der anderen Seite, wird der Ball aus Sicht der Passagiere seitlich abgelenkt. Von außen betrachtet fliegt er hingegen in einer Linie geradeaus. Die Stärke

c't kompakt

- In einer rotierenden Raumstation ziehen Scheinkräfte Passagiere nach außen und simulieren so den Effekt von Gravitation.
- Realistische Stationen müssen ein Gleichgewicht halten. Ist der Radius zu klein, wird den Insassen schwindlig. Doch je größer die Station, desto schwieriger die Konstruktion.
- Alternative Ansätze, die etwa exotische Materie oder Quanteneffekte nutzen, sind zwar theoretisch möglich, laut Experten jedoch unwahrscheinlich.

der Coriolisbeschleunigung hängt linear von der Winkelgeschwindigkeit ω und der Geschwindigkeit v ab, mit der sich ein Objekt im rotierenden System bewegt:

$$a_c = 2 \omega v.$$

Sie hängt jedoch auch vom Winkel der Bewegung zur Drehachse ab. Senkrecht zur Drehachse ist die Beschleunigung gleich a_c und maximal, etwa wenn man am Äquator auf und ab hüpfet. Hüpfet man hingegen am Nordpol, also parallel zur Drehachse, tritt keine Corioliskraft auf.

Wenn Dr. Poole im Raumschiff joggt, müsste ihn die Corioliskraft aufgrund der hohen Drehgeschwindigkeit merklich beeinflussen. Joggt er mit der Drehung des Moduls, würde ihn die Corioliskraft mit schätzungsweise zusätzlichen 0,7 g nach unten drücken. Joggt er gegen die Drehrichtung, hebt er vom Boden ab und spürt nur noch 0,3 g . Auch beeinflusst ihn die Corioliskraft, wenn er beim Joggen auf und ab hüpfet, seine Fäuste schwingt oder

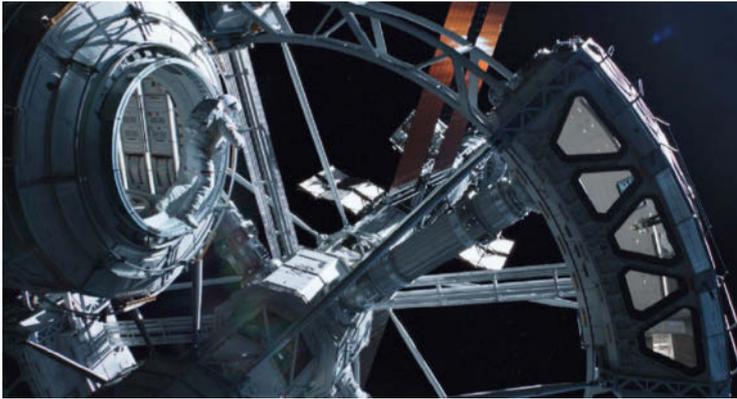


In „Alien: Romulus“ manövrieren sich Rain (Cailee Spaeny) und Andy (David Jonsson) durch ätzendes Alienblut, indem sie die Schwerkraft ausschalten.



Dr. Frank Poole (Gary Lockwood) joggt in „2001: Odyssee im Weltraum“ im rotierenden Modul eines Raumschiffs entlang. Die Zentrifugalkraft zieht ihn nach außen.

Bild: Twentieth Century Fox Film Corporation (2015)



Das Raumschiff „Hermes“ in „Der Marsianer“ (2015) ist mit einem toroidalen Modul ausgestattet, in dem die Passagiere wie auf der Erde laufen können.

lediglich seinen Kopf dreht. Weil die Flüssigkeiten in seinem Innenohr dann in verschiedene Richtungen kreisen, würde ihm auch deshalb schwindlig werden.

Die richtigen Parameter

Diese Effekte ließen sich mit einem sehr viel größeren Durchmesser der Raumstation vermeiden. In Larry Nivens Roman „Ringwelt“ (1970) hat eine alte Rasse eine ringförmige Welt um einen Stern errichtet, ihr Radius entspricht etwa dem Abstand zwischen Sonne und Erde. Um die Schwerkraft der Erde zu simulieren, müsste der Ring lediglich 40 Umdrehungen pro Jahr absolvieren. Von der Corioliskraft wäre dann bei alltäglichen Bewegungen nichts zu spüren.

Natürlich führt eine so große Raumstation zu anderen Problemen. Auf der ganzen Erde gibt es nicht genug Rohstoffe, um einen so großen Ring zu konstruieren. Selbst wenn, müssten Großraketen unzählige Male ins All fliegen, um die Rohstoffe dorthin zu befördern. Und nicht zuletzt sind die mechanischen Kräfte, die auf das Baumaterial wirken, gigantisch. Die Zentrifugalkraft reißt jeden Punkt des Rings nach außen und jeden Abschnitt somit in eine leicht andere Richtung. Die Spannung, die bei 40 Umdrehungen pro Jahr zum Beispiel auf einem Stahlring dieser Größe lastet, ist zehn Millionen Mal größer als die, bei der Stahl zerreißt. Jedes reale Material würde unter diesen Bedingungen schlichtweg auseinanderbrechen.

Um eine realistische Raumstation zu konstruieren, müssten Ingenieure daher einen Kompromiss finden, um gleichermaßen störende Rotationskräfte zu vermeiden und Rohstoffanforderungen zu erfüllen. Ein Beispiel dafür findet sich im Film „Elysium“ (2013). Die gleichnamige Raumstation hat einen Durchmesser von etwa 30 Kilometern und müsste sich zur Erzeugung von 1 g zehnmal pro Stunde

drehen. Die Corioliskraft bei üblichen Bewegungen und Unterschiede in der Zentrifugalkraft wären dabei verschwindend gering. Die mechanischen Kräfte sollten das Material bei geschickter Baukunst nicht überlasten.

Varianten der rotierenden Raumstation

Grundsätzlich gibt es drei Ansätze für rotierende Raumstationen: den Torus, den Zylinder oder die Kugel. 1975 schlug ein Team von Forschern den sogenannten Stanford-Torus vor, in dem bis zu 140.000 Menschen Platz finden sollten. Die Raumstation „Elysium“ folgt diesem Design. Der O’Neill-Zylinder, beschrieben 1976 von Gerard K. O’Neill, war Inspiration für Raumstationen in „Babylon 5“ oder „Interstellar“. Aufgrund der größeren Mantelfläche eignet sich ein Zylinder besonders für große Kolonien.

Die 1929 von John Desmond Bernal erdachte Bernal-Sphäre ist eine Kugel. Diese hat den Nachteil, dass die künstliche Gravitation stark vom Breitengrad ab-

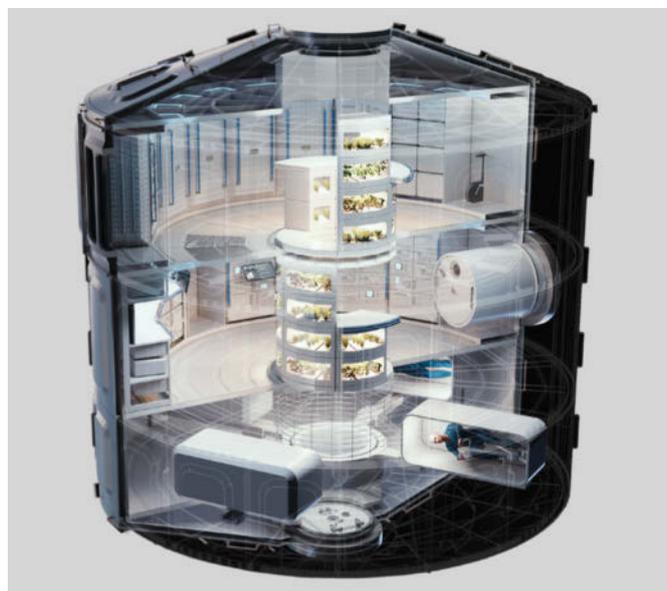
hängt: Am Äquator ist die Zentrifugalkraft maximal, an den Polen verschwindet sie. In der Serie „The Expanse“ holt die Menschheit einen Zwergplaneten aus, baut darin eine Siedlung und versetzt ihn in Rotation, um Schwerkraft zu simulieren.

Die rotierende Raumstation in der Realität

Die rotierende Raumstation hat bereits ihren Weg in die Realität gefunden. Nach ersten Tests mit Zentrifugen in den 1950er-Jahren fand 1966 ein erstes Experiment im Weltraum statt. Während der Gemini-11-Mission befestigten die Astronauten ein Raketengehäuse mit einem Seil am Raumschiff. Als die beiden umeinander rotierten, entstand eine Mikrogravitation von 0,0005 g. Die Besatzung konnte diese zwar nicht spüren, Instrumente konnten sie jedoch messen.

Ursprünglich war geplant, die ISS um ein rotierendes Modul mit künstlicher Schwerkraft zu erweitern, das Centrifuge Accommodations Module. Der Plan wurde 2005 jedoch aus Geldmangel gestrichen. Das gleiche Schicksal ereilte NASAs Nautilus-X, ein bemanntes Raumfahrzeug mit Zentrifuge.

Das kommerzielle Modul Airbus LOOP soll laut Unternehmensangaben jedoch mit dem Ende der ISS 2031 verfügbar sein. Dieses ist neben Wohn- und Multifunktionsräumen mit einer Zentrifuge ausgestattet, in dem die Passagiere zum Beispiel Sport treiben können. Mit einem Durchmesser von nur acht Metern erinnert es jedoch an den Zylinder aus „2001: Odyssee im Weltraum“ und an die dort auftretenden Probleme. Auch das Unternehmen



Kommerzielle Projekte wie das LOOP-Modul von Airbus sollen mit Zentrifugen ausgestattet sein, um Schwerkraft zu simulieren.

Bild: Airbus 2023; Airbus Defence and Space GmbH 2023

Vast hat ähnliche Pläne, es will seine zylinderförmige Raumstation mit künstlicher Gravitation 2035 in Betrieb nehmen.

Lineare Beschleunigung

Außer der Rotation gibt es weitere Ansätze, den Effekt von Gravitation zu simulieren. Beschleunigung tritt nicht nur bei Rotationen auf, sondern auch bei einer geradlinigen Bewegung. Das kennt man aus dem Auto: Gibt der Fahrer Gas, drückt die Beschleunigung die Passagiere in den Sitz. Dass diese Beschleunigung Gravitation simulieren kann, ist der Grundsatz des Äquivalenzprinzips, einem Grundpfeiler von Albert Einsteins allgemeiner Relativitätstheorie: Innerhalb eines fensterlosen Raums kann eine Person nicht unterscheiden, ob sie sich im Gravitationsfeld eines Planeten oder in einer beschleunigten Rakete befindet.

Die Idee ist es, ein Raumschiff mit einer konstanten Beschleunigung von zum Beispiel 1 g durch den Weltraum zu schießen. Die Geschwindigkeit nimmt dabei linear zu. Für den Weg von der Erde zum Mond würde solch eine Rakete nur zweieinhalb Stunden benötigen. Zuletzt würde sie dann etwas mehr als 300.000 Kilometer pro Stunde zurücklegen. Das klingt viel, es ist jedoch nur 0,03 Prozent der Lichtgeschwindigkeit. Damit wäre die Rakete nur etwa halb so schnell, wie das schnellste Objekt der Menschheit: die Parker Solar Probe der NASA.

Sobald die Rakete ihre Maximalgeschwindigkeit erreicht hat, könnte sie sich umdrehen und anschließend mit 1 g bremsen, um die künstliche Gravitation aufrechtzuerhalten. Lediglich während der Drehung würde für kurze Zeit Schwerelosigkeit herrschen. Solch ein Antrieb ist in der Science-Fiction-Serie „The Expanse“ zu sehen. Realistisch ist das jedoch noch nicht. Heutige Raketen beschleunigen mit mehreren g, allerdings nur für wenige Minuten, da die Treibstoffmenge, die sie mitführen können, begrenzt ist.

Der Gravitationsschalter

Keiner der beiden Ansätze, sei es Rotation oder lineare Beschleunigung, kann jedoch das Problem des Gravitationsschalters lösen. „Mein Körper ist träge. Wenn ich versuche, die Gravitation auf Knopfdruck auszuschalten und die Station plötzlich aufhört zu rotieren, würde ich mich weiterbewegen“, sagt Tim Dietrich, Professor an der Universität Potsdam und Max Planck Fellow am Max-Planck-Institut für Gravi-

tationsphysik. Menschen und unbefestigte Gegenstände würden durch die Station geschleudert werden. „Rotation kann nicht die Grundlage künstlicher Gravitation sein, wenn es wie in ‚Star Trek‘ oder ‚Alien: Romulus‘ einen magischen Schalter gibt, der sie an- und ausschaltet.“

Eine andere Möglichkeit sieht der Experte in Magnetfeldern. „Wenn man magnetische Schuhe trägt, könnte man damit in einer Raumstation herumlaufen“, sagt er. Gesundheitliche Probleme, wie der Verlust von Muskelmasse, würden damit aber nicht gelindert werden. Ein vollständig magnetischer Anzug könnte womöglich Abhilfe schaffen, überlegt Dietrich.

Theoretisch könnte jedoch auch der Mensch selbst von einem Magnetfeld beeinflusst werden. So ist es Forschern schon gelungen, einen Frosch in einem 16 Tesla starken Magnetfeld schweben zu lassen. Dreht man das Magnetfeld um, würde es den Frosch zum Boden pressen. Grund ist das Wasser, aus dem Frösche und auch Menschen zum Großteil bestehen. Wasser ist diamagnetisch, was bedeutet, dass es magnetisch wird, wenn es sich in einem starken Magnetfeld befindet. Das Magnetfeld, in dem der Frosch schwebte, wurde jedoch durch ein mehrere Tonnen schweres Gerät erzeugt. Um einen Menschen mit 1 g nach unten zu ziehen, wären ungleich höhere Felder und größere Maschinen notwendig. Welche Folgen so ein starkes Magnetfeld auf den menschlichen Organismus hätte, ist unklar. Darüber hinaus dürfte das Raumschiff selbst nicht länger aus magnetischen Materialien bestehen, was Ingenieure vor völlig neue Probleme stellen würde.

Exotische Physik

Was, wenn wir noch tiefer in die Science-Fiction-Trickkiste hineinschauen? Könnten in ferner Zukunft exotische Phänomene Gravitation künstlich erzeugen, wie negative Energie, Quanteneffekte oder gezielte Raumzeitkrümmung, wie beim Warp-Antrieb?

„Wenn ich eine Möglichkeit finde, Masse in großen Mengen herzustellen, könnte die Besatzung auf dem Raumschiff herumlaufen“, sagt Dietrich, der selbst den Warp-Antrieb erforscht. Das Problem sei aber, dass das Raumschiff diese große Masse dann auch transportieren muss. „Hätte man aber, ähnlich wie bei einem Warp-Antrieb, zusätzlich eine negative Masse beziehungsweise Energie, könnten sich die beiden ausgleichen.“ Das heißt,



Bild: Lijun Nijmegen, High Field Magnet Laboratory, Radboud University Nijmegen

Forscher aus dem niederländischen Nijmegen ließen einen Frosch in einem starken Magnetfeld schweben. Im Jahr 2000 erhielt das Team dafür den satirischen Ig-Nobelpreis.

die Besatzung könnte dank der positiven Masse im Raumschiff herumlaufen. Zusätzlich würde eine Warpblase außerhalb des Schiffs die positive Masse abschirmen. „Negative Masse gibt es theoretisch, aber nicht in den Mengen und sie ist nicht stabil“, dämpft Dietrich diesen Gedankenflug.

Wie man negative Masse, oder äquivalent negative Energie, erzeugt, weiß jedoch niemand. „Oft wird ein Quanteneffekt als Beispiel für die Erzeugung negativer Energie benutzt, der Casimir-Effekt, weil die Energie dabei lokal negativ wird“, sagt Dietrich. „Aber nur weil man dort theoretisch negative Energien erzeugen kann, heißt es nicht, dass man diese wirklich nutzen kann, um Gravitation zu erzeugen oder ein Raumschiff anzutreiben. Theoretisch sollte künstliche Gravitation mithilfe negativer Energie möglich sein, praktisch halte ich es aber für ausgeschlossen.“

Wie der Gravitationsschalter in „Alien: Romulus“ funktionieren soll, kann sich auch der Gravitationsexperte nicht wirklich erklären. „Wenn da irgendetwas in der Bodenplatte ist, was Gravitation erzeugt, dann könnte man sich so einen Schalter vorstellen. Aber ich habe keine Ahnung, wie das funktionieren soll“, sagt er. „Ich denke eine drehende Raumstation ist die Lösung, die man am Ende benutzen wird.“ Ob Ingenieure alle Hindernisse auf dem Weg dorthin überwinden können, wird sich vermutlich in fünf bis zehn Jahren nach dem kontrollierten Absturz der ISS zeigen. Bis dahin verbleibt diese Technologie in der Welt der Science-Fiction.

(spa@ct.de) **ct**

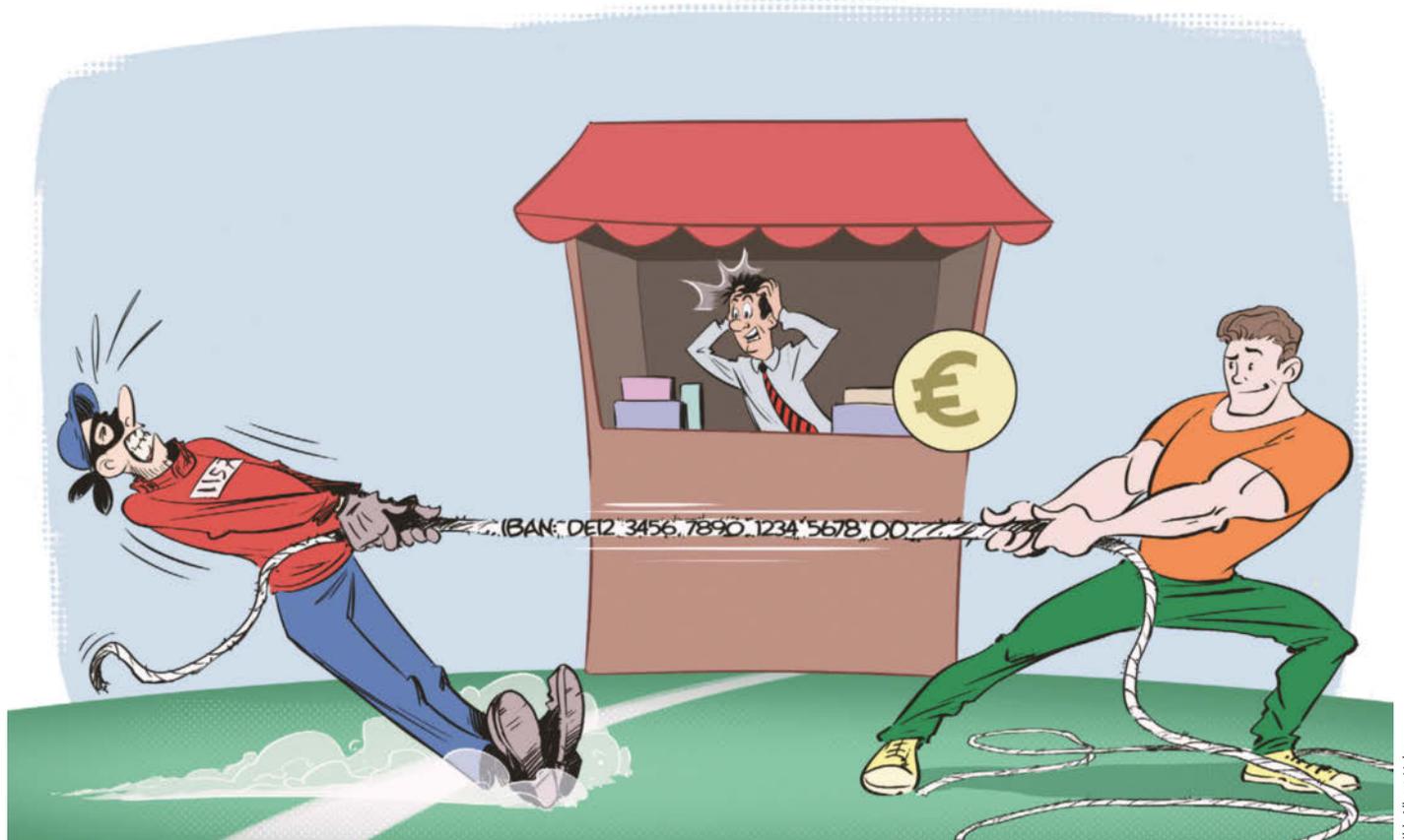


Bild: Albert Hulm

Einfach eingezogen

Lastschrift und Lastschriftbetrug

Per Lastschrift zahlt man einfach, praktisch und samt Widerspruchsmöglichkeit direkt vom Girokonto. Doch das Zahlverfahren mögen auch Betrüger. Wir erklären, wie man sich als Verbraucher und Händler dagegen wehrt.

Von Markus Montz

Die Lastschrift gehört zu den beliebtesten Zahlarten für Verbraucher in Deutschland [1, 2]. Sie ist einfach über die Girokonten von Kunde und Händler umzusetzen, funktioniert zuverlässig online und an der Ladenkasse (online auch ohne Karte), kostet Händler wenig Abzüge und

bietet Verbrauchern ein hohes Schutzniveau gegen Betrug.

Doch das Lastschriftverfahren lässt sich leicht missbrauchen, insbesondere beim Kauf in Onlineshops. Als Lidl 2021 Lidl Pay einführte und die Deutsche Bahn 2023 ihr eigenes Angebot für das Deutschland-Ticket startete, kämpften beide zunächst mit vielen Betrugsfällen. Aktuell steht PayPal im Fokus, weil Betrüger dort fremde Bankverbindungen angegeben und damit per Lastschrift eingekauft haben.

Wir erklären, wie eine Lastschrift für Verbraucher grundsätzlich funktioniert, was sie so verwundbar für Straftaten macht und was Verbraucher und Händler dagegen tun können.

Wie eine Lastschrift funktioniert

Anfang der Sechzigerjahre wollte der britische Finanzexperte und Sozialreformer

Alastair Hanton Scheckzahlungen durch ein günstigeres und praktischeres Verfahren ersetzen, insbesondere für regelmäßig wiederkehrende Zahlungen wie Miete oder Abonnements. Außerdem sollte man die Zahlung möglichst nicht mehr vergessen können.

Hanton schlug vor, die Zuständigkeiten umzukehren: Nicht der Kunde sollte die Zahlung auslösen, sondern der Händler oder Dienstleister, dem der Kunde das Geld schuldig ist. Dafür musste der Kunde vorher ein Mandat unterschreiben. Erst dann durfte der Händler die Lastschrift über seine Bank vom Konto des Kunden einziehen. Dieses Prinzip gilt unter den SEPA-Regeln für den einheitlichen Euro-Zahlungsverkehrsraum (Single Euro Payment Area) bis heute, für private Verbraucher als sogenannte SEPA-Basislastschrift.

Da die Zahlung direkt von Bankkonto zu Bankkonto fließt, kostet das Verfahren

den Händler im besten Fall kaum mehr als eine einzige Überweisung. Der Händler kann bei einem Stammkunden mit demselben Mandat unterschiedlich hohe Beträge einziehen, hat das Geld nach wenigen Tagen auf seinem Konto und falsche Zuordnungen durch Zahlendreher wie bei einer Überweisung gibt es nicht.

SEPA-Lastschriften werden grundsätzlich elektronisch abgewickelt. An der Ladenkasse steckt der Kunde dazu seine Girocard („EC-Karte“) in das Lesegerät. Nach Händlervorgaben initiiert das Terminal entweder eine Girocard-Zahlung, die man an der PIN-Eingabe oder kontaktlos erkennt, oder aber eine Lastschrift. Dafür unterschreibt der Kunde auf Papier oder auf einem Display. Zuvor hat das Terminal die IBAN vom Kartenchip ausgelesen und das Lastschriftmandat erstellt, das es anschließend elektronisch bei der Händlerbank einreicht. Das unterschriebene Mandat ermöglicht eine Kontrolle, falls der Kunde später bestreitet, dass es gültig ist.

Im Internethandel kann der Kunde nicht unterschreiben. Dort genügt es nach den Regeln des Bürgerlichen Gesetzbuches, wenn beide Seiten nichts gegen das Mandat einwenden. Einen ähnlichen rechtlichen Grenzfall bilden Unterschriften auf elektronischen Displays an Ladenkassen. Theoretisch darf eine Bank solche Mandate ohne physische Unterschrift zwar ablehnen, praktisch kommt das jedoch nicht vor. Denn das SEPA-Regelwerk empfiehlt ausgedruckte und handschriftlich gezeichnete Mandate lediglich, schreibt sie aber nicht vor. Mandate mit sicherer elektronischer Signatur für Onlinezahlungen, die die SEPA-Regeln ebenfalls als Option kennen, haben sich in der Praxis nicht durchgesetzt.

Lastschriften darf nicht jeder einreichen. Banken erlauben dies normalerweise nur Inhabern von Geschäfts- und Vereinskonto. Der Kontoinhaber benötigt außerdem eine Gläubiger-Identifikationsnummer. Die erhält er auf Antrag bei der Bundesbank und muss sie zusammen mit der Mandatsreferenznummer bei jeder Lastschrift im Verwendungszweck angeben. So können der Zahler und dessen Institut im Nachhinein prüfen, ob das Mandat gültig ist.

Die Lastschrift muss außerdem die IBAN des Zahlers und dessen Namen enthalten. Die Banken sind allerdings weder gesetzlich noch nach den SEPA-Regeln verpflichtet, beides abzugleichen. Da

Händler jeden Tag eine Vielzahl neuer Lastschriften einreichen, tun die Institute dies auch nicht freiwillig. Genau dort setzen Kriminelle an.

Lastschriftbetrug

Zunächst besorgen sich die Täter gültige IBANs, mitunter funktionieren aber auch längst abgelaufene Nummern noch. Meistens kaufen Betrüger diese auf illegalen Marktplätzen im Darknet. Datensätze, die persönliche Angaben der Kontoinhaber wie Namen und Adressen enthalten, erhöhen die Erfolgchancen. So lassen sich zum Beispiel Schufa-Abgleiche aushebeln.

Die Datensätze stammen häufig aus Phishing-Angriffen. Organisierte Banden schicken den Opfern zum Beispiel Mails oder SMS, die angeblich von deren Bank stammen und die Aufforderung enthalten, sich zu authentifizieren. Die Links in den Phishing-Mails führen auf Fake-Websites, wo die Kriminellen die Bankdaten abfangen. Selbst wenn es die Täter eigentlich auf Zugangsdaten für das Onlinebanking abgesehen haben, können sie auf diesem Weg erbeutete IBANs plus zugehörige persönliche Daten zusätzlich zu Geld machen.

Eine Betrugsvariante führt über Fake Shops, mit denen Kriminelle im Bezahlprozess an die erforderlichen Daten kommen. Auch Datenlecks bei Firmen oder

Die Lastschrift ist ein einfaches Zahlverfahren. Im Laden reicht die Girocard, im Internet genügen IBAN und Name.

ct kompakt

- Die Lastschrift ist ein zuverlässiges, kontogestütztes Zahlverfahren, das Verbrauchern und Unternehmern Aufwand und Nerven spart.
- Für Kriminelle reicht es oftmals, eine IBAN zu kennen, um über das Konto Fremder einzukaufen.
- Verbraucher sollten ihre IBAN daher mit Vorsicht weitergeben; Händler können Lastschriftzahlungen auf bereits bekannte Kunden oder niedrige Beträge beschränken.

Vereinen kommen als Quelle infrage. Oft vergehen Wochen, mitunter sogar Jahre zwischen dem Datendiebstahl und einem Lastschriftbetrug. Wie die Täter an die IBAN gekommen sind, lässt sich oft nicht rekonstruieren.

Gestohlene Girocards eignen sich ebenfalls für Lastschriftbetrug. Häufig sind der Name des Inhabers und die IBAN aufgedruckt. Im Laden genügt es, die Karte ins Terminal zu stecken. Das funktioniert allerdings nur, wenn der Laden wie beschrieben das Lastschriftverfahren mit Unterschrift der Girocard-Zahlung vorzieht.

Für den Onlinebetrug selbst benötigen Täter Shops oder Bezahldienste, die keine oder unzureichende Prüfmechanismen für das Lastschriftverfahren nutzen. Die eingangs erwähnten Beispiele Lidl, Deutsche Bahn und PayPal zeigen außerdem, wie die Täter das Geld waschen.

Bei Lidl hinterlegten Betrüger die gestohlenen IBANs in ihrer Lidl-App, kauften damit im Laden Gutscheinkarten oder teure Aktionsware und verhöckerten diese im Internet. Bei der Bahn und anderen Verkehrsdienstleistern eröffneten die Täter Nutzerkonten, abonnierten darin Deutschland-Tickets und boten diese samt Zugangsdaten als Schnäppchen auf Kleinanzeigenplattformen an. Auch bei der PayPal-Masche kaufen Betrüger gerne digitale Gutscheinkarten, Dienstleistungen wie Uber-Lieferungen oder digitale Paketmarken. Die verkaufen sie anschließend weiter.

Die Täter können außerdem physische Waren wie teure Elektronik bestellen und an falsche Adressen liefern lassen.

Obwohl viele Händler oder deren Zahlungsdienstleister die IBAN, den Namen und den Wohnort bei der Schufa abgleichen lassen, ist diese Art von Betrug nur geringfügig aufwendiger.

Wie Sie sich schützen und wehren

Um Ihre Angriffsfläche zu reduzieren, sollten Sie Ihre IBAN nur weitergeben, wenn es unbedingt nötig ist und sie zum Beispiel von Briefpapier oder E-Mail-Signaturen fernhalten. Trotzdem lassen sich Schäden nicht ausschließen. Um diese frühzeitig zu entdecken, prüfen Sie engmaschig Ihre Kontobewegungen auf nicht nachvollzieh-

bare Umsätze. Ein weiteres Zeichen kann eine Mail von einem Onlinehändler sein, die eine Vorabinformation enthält, dass er in den nächsten Tagen eine Lastschrift einziehen wird, obwohl Sie bei diesem Händler nichts bestellt haben.

Normalerweise haben Sie gute Karten. Schließlich haben Sie das Lastschriftmandat nicht autorisiert und es ist damit ungültig. Für solche Fälle sieht der Gesetzgeber vor, dass Verbraucher die fragliche Lastschrift bis zu 13 Monate lang bei ihrer Bank widerrufen dürfen. Die Bank schreibt Ihnen die Zahlung dann als sogenannte Rücklastschrift wieder gut. Die dafür fälligen Strafbetragte trägt der Händler. Auf

dem Rechtsweg können Sie sogar bis zu drei Jahre lang einen Anspruch geltend machen.

Wir empfehlen, dass Sie vor einer Rücklastschrift Kontakt mit dem Händler aufnehmen, ihn auf das nicht von Ihnen autorisierte Lastschriftmandat hinweisen und den Widerruf ankündigen. Dabei helfen Ihnen die Mandats-Referenznummer und die Zahlbelegnummer auf dem Kontoauszug. Der Händler weiß normalerweise nicht, dass es sich um Betrug handelt. Wenn Sie die Lastschrift kommentarlos stornieren, könnte er ein Inkassoverfahren einleiten, das allen Seiten viel Arbeit macht. Spätestens dann müssen Sie außerdem widersprechen, wenn Sie keinen Schufa-Eintrag riskieren wollen.

Die Rücklastschrift können Sie bei den meisten Banken und Sparkassen im Onlinebanking anstoßen. Der zugehörige Umsatz enthält dann eine Schaltfläche für den Widerruf. Alternativ gehen Sie in eine Filiale oder rufen Ihr Institut an. Erstaten Sie spätestens jetzt Anzeige bei der Polizei, um gegenüber dem Händler oder seinem Inkassodienstleister etwas in der Hand zu haben. Solange die Täter nicht Ihre Karte gestohlen haben, genügt dafür eine Onlineanzeige. Da die Betrüger Ihre IBAN und Identitätsdaten möglicherweise bei weiteren Händlern missbrauchen, haben Sie auch für andere Fälle schon etwas in der Hand.

Falls die Täter Ihre Girocard gestohlen haben, sperren Sie diese über Ihr Kreditinstitut oder über die Sperr-Hotline 116 116 zunächst für Girocard-Zahlungen. Danach suchen Sie eine Polizeiwache auf. Nur dort können Sie die Karte über das System KUNO auch für Lastschriften sperren (siehe Kasten). Wird Ihre IBAN weiterhin regelmäßig missbraucht, bleibt Ihnen nur, diese bei Ihrer Bank ändern zu lassen.

Schlüsselstelle Händler

Das Betrugsrisiko bei Lastschriften tragen stets die Händler. Der Gesetzgeber will mit dem Widerrufsrecht für Lastschriften vorrangig Verbraucher schützen. Wenn jemand eine betrügerische Lastschrift zurückerhält, bleibt ein Händler also grundsätzlich auf dem Schaden sitzen. Immerhin haben Händler einige Möglichkeiten, Betrug auszuschließen oder die Folgen zumindest zu mildern.

Im stationären Handel bietet sich an, das Lastschriftverfahren durch das Girocard-Verfahren zu ersetzen. Dieses ist durch die PIN-Eingabe anstelle der leicht

PayPal-Gastzahlung

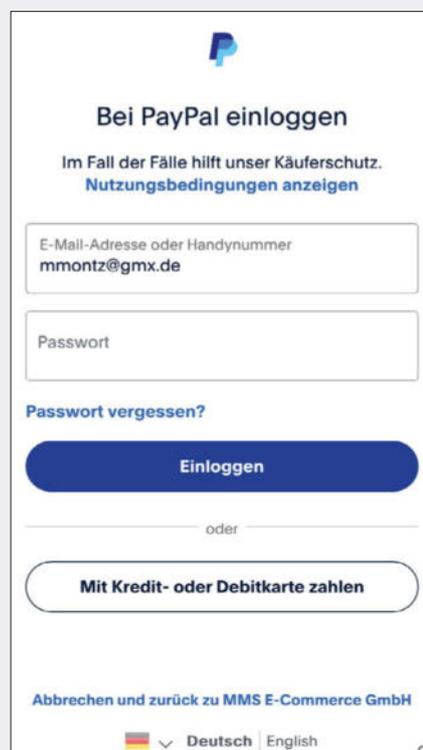
Leserzuschriften an c't und Pressemeldungen legen nahe, dass derzeit vermehrt PayPal von Lastschriftbetrug betroffen ist. Im Fokus steht dabei die sogenannte Gastzahlung, offiziell „Zahlung ohne PayPal-Konto“ genannt, die PayPal Onlinehändlern anbietet. Kunden können damit im Shop selbst dann PayPal als Bezahlart auswählen, wenn sie kein PayPal-Nutzerkonto besitzen.

Auf der Login-Maske von PayPal stellt der Dienst den Kunden anschließend unterhalb des Logins die „Zahlung mit Lastschrift oder Kreditkarte“ zur Auswahl. Wir haben das bei Media Markt ausprobiert, dort hätten wir trotz der anderslautenden Beschriftung „Zahlung mit Kreditkarte“ (siehe Screenshot) auch per Lastschrift zahlen können.

Nach Auswahl der Lastschrift muss der Kunde eine Mailadresse, seine IBAN sowie Adressdaten eingeben und kann ohne PayPal-Konto bezahlen. PayPal gleicht die Daten mit denen bei der Schufa ab. Das können Betrüger aber aushebeln, wenn sie auch die Adressdaten des tatsächlichen Kontoinhabers kennen.

Diese Betrugsmasche kann auch Menschen treffen, die ein PayPal-Konto besitzen. Ob PayPal die IBANs mit denen in bestehenden Konten abgleicht, ließ sich der Konzern auf c't-Anfrage nicht entlocken. Von Datenmissbrauch Betroffene sollten vor dem Widerruf der Lastschrift Anzeige erstatten, Kontakt zum Händler und zu PayPal aufnehmen und den Betrug dort melden, um ein Mahnverfahren zu vermeiden.

Darüber hinaus wickelt PayPal für viele Onlinehändler auch normale Lastschriften ab, also solche ohne den Weg über ein PayPal-Nutzerkonto oder die Gastzahlung. Auch diese Lastschriften können Betrüger mit fremden IBANs ausnutzen. In diesem Fall reicht es meist, den Händler zu kontaktieren, so wie wir es unter „Wie Sie sich schützen und wehren“ beschreiben.



Hat man kein PayPal-Konto, kann man oft alternativ „Mit Kredit- oder Debitkarte zahlen“. Dahinter verbergen sich auch Lastschriften.

zu fälschenden Unterschrift geschützt. Den geringfügig höheren Zusatzkosten steht eine Zahlungsgarantie seitens der Banken gegenüber [3]. Auch ein sorgfältiger Abgleich der Unterschriften auf der Girocard und auf dem Mandatsausdruck sowie ein zusätzlicher Blick auf den Personalausweis des Kunden können Betrugsversuche vereiteln.

Onlinehändler befinden sich in einer Zwickmühle. Dem Betrugsrisiko steht gegenüber, dass viele Deutsche gerne per Lastschrift zahlen und diese günstig ist. Mehr Sicherheit bekommen Onlinehändler bereits, wenn sie Lastschriften auf Stammkunden beschränken. Je nach Zahlungsdienstleister können sie außerdem Produktgruppen wie digitale Güter ausschließen. Auch Maximalbeträge wie 100 Euro für Lastschriftzahlungen begrenzen mögliche Schäden; oberhalb dieses Limits müssen Kunden dann auf besser gesicherte Zahlarten wie Kreditkarten oder PayPal ausweichen. Viele Lastschriftbetrüger dürften einen Shop mit solchen Bedingungen meiden und viele Kunden dürften derlei Einschränkungen nachvollziehen können.

Einige Zahlungsdienstleister versichern Lastschriften ähnlich wie Rechnungen gegen Betrug oder kaufen Händlern die Forderungen ab. Dafür zahlen diese jedoch oft hohe Provisionen oder Abschläge. Ein anderer Weg sind spezialisierte und mit einer Erlaubnis der Finanzdienstleistungsaufsicht ausgestattete Kontoinformationsdienste. Diese prüfen, ob eine IBAN dem vorgeblichen Kunden tatsächlich gehört. Dazu loggt der Kunde sich

Lastschrift

Zahlungspflichtiger
Markus Montz
DE24
Verwendungszweck
Vertragskonto
10.12.2024 EREF: Zahlbeleg
39 MREF:
DE00 36 CRED:
DE93 IBAN:
DE68 9 BIC:
Wertstellung (Valuta)
19. Dez.
Mandatsreferenz
DE00 Gläubiger ID
DE9

Zahlungsempfänger
GmbH

Referenz
Zahlbeleg
Saldo nach Buchung

-47,95 EUR
19. Dez.

Lastschrift zurückgeben

Bemerkung

Umsatz kennzeichnen

Detail drucken

Im Onlinebanking findet man zu einer Lastschrift alle relevanten Daten und kann sie dort bei den meisten Banken auch widerrufen.

über den Dienst einmalig in sein Onlinebanking ein, dieser gleicht Identität und IBAN ab und meldet dem Händler ein Ja oder Nein zurück. So bekamen Lidl und die Deutsche Bahn den Lastschriftbetrug in den Griff. Allerdings reagierten viele Kunden ablehnend auf das im Prozess geforderte, schlecht erklärte Login ins Onlinebanking.

Wachsam sollten Händler außerdem bei Bestelländerungen durch den Kunden sein und Differenzbeträge keinesfalls per Überweisung zurückerstatten. Besser ist

es, wenn der Kunde eine Rücklastschrift einleitet. Andernfalls kann es passieren, dass ein Betrüger Überweisung *und* Rücklastschrift einstreicht [4].

Fazit

Aus Kundensicht ist die Lastschrift einfach und durch die Widerrufsmöglichkeit sehr sicher. Mit methodischem Vorgehen können Verbraucher bei Lastschriftbetrug nicht nur ihr Geld zurückbekommen, sondern auch Ärger mit Inkassobüros vermeiden. Den Schaden trägt am Ende nämlich immer der Händler.

Händler wiederum können sich absichern, indem sie Lastschriften mit Schutzmaßnahmen wie der Beschränkung auf Stammkunden oder Betragsobergrenzen versehen. Dann bleibt die Lastschrift im Interesse aller ehrlichen Beteiligten nachhaltig preisgünstig, ohne es Betrügern allzu leicht zu machen. (mon@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Markus Montz, Wie viel darfs sein?, Internet-Bezahlarten im Vergleich, c't 10/2024, S. 110
- [2] Markus Montz, Karte oder bar?, Bezahlarten für die Ladenkasse im Vergleich, c't 22/2024, S. 64
- [3] Michael Link, Krötenwanderung, So kommen Sie zu einem Bezahlterminal, c't 15/2024, S. 90
- [4] Markus Montz, Abgezweigt, Wie Cyberkriminelle Unternehmen und Händler um Geld prellen, c't 8/2023, S. 102

KUNO: ct.de/y9ad

KUNO, weil die Kartensperrung nicht reicht

Wenn Ihnen Ihre Girocard gestohlen wird, müssen Sie diese umgehend telefonisch oder per Chat bei Ihrer Bank sperren lassen. Alternativ können Sie dies für Karten der meisten Institute über den Sperr-Notruf 116 116 tun. Das blockiert aber nur Girocard-Zahlungen, während Lastschriften weiterhin möglich bleiben. Um diese ebenfalls zu unterbinden, müssen Sie Anzeige auf einer Polizeiwache erstatten. Die Onlinewache oder das Telefon reichen in diesem Fall nicht. Bitten Sie dort darum, die Karte und damit Ihre IBAN im System KUNO zu hinterlegen („Kriminalitätsbekämpfung im unbaren Zahlungsverkehr unter Nutzung nichtpolizeilicher Organi-

sationsstrukturen“, mehr unter ct.de/y9ad). An KUNO sind die Polizei und die meisten Händler in Deutschland angeschlossen.

Für die Sperre benötigen Sie neben Ihrer IBAN auch eine sogenannte Kartenfolgenummer. Die bekommen Sie bei Ihrem Kreditinstitut oder entnehmen sie einem Kontoauszug mit einem Lastschriftumsatz, um die sogenannte Kartenfolgenummer parat zu haben. In vielen Bundesländern können Sie diese auch online nachmelden, sofern Ihnen die Polizei eine Sperrbestätigungsnummer aushändigt. Damit können Sie die Sperre auch wieder aufheben.

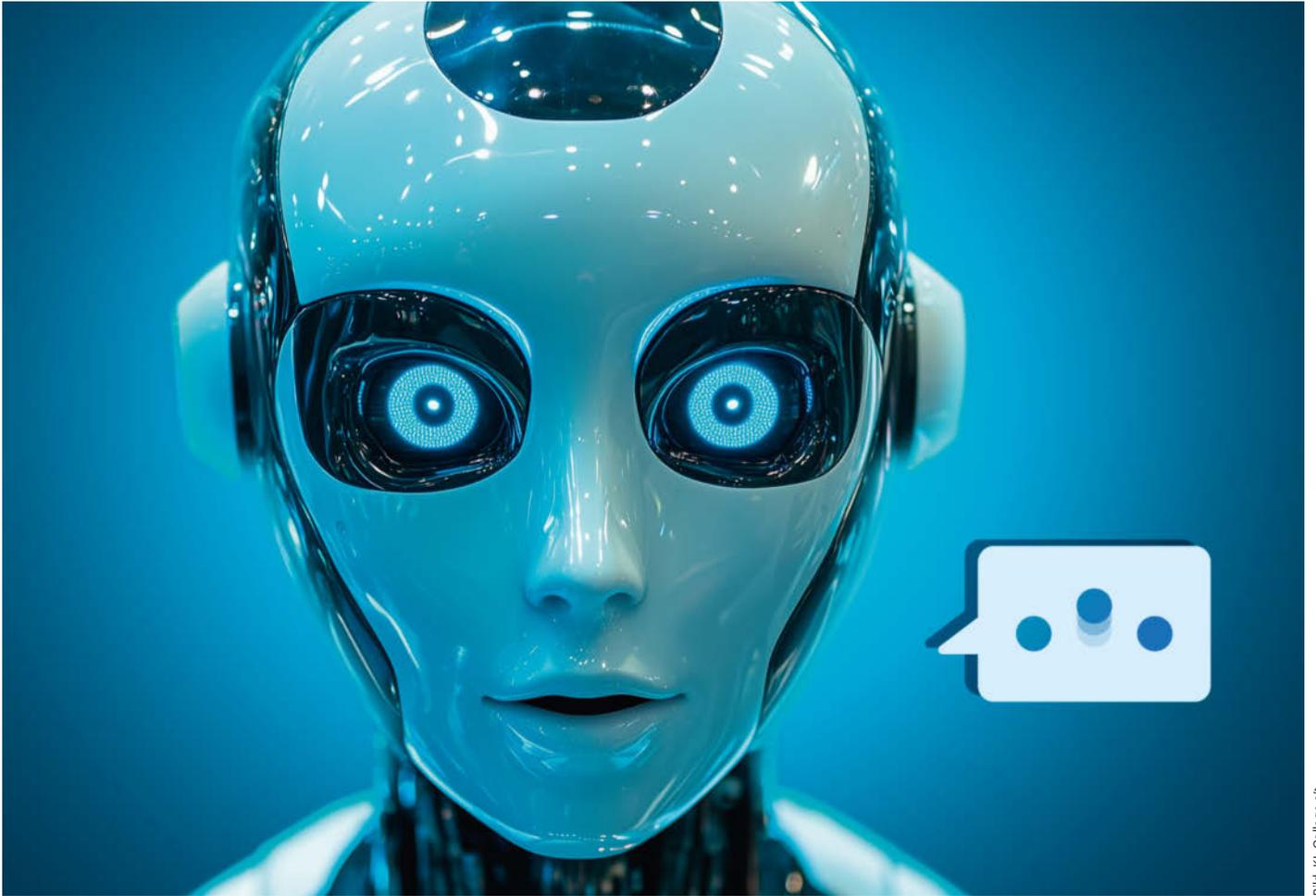


Bild: KI, Collage c't

Wie manipulativ ist KI?

So beeinflussen Sprachmodelle unsere Überzeugungen

Immer mehr Menschen befragen große Sprachmodelle wie ChatGPT und Gemini. Experimente zeigen, wie solche KI-Systeme die Einstellungen und Meinungen ihrer Nutzer verändern – selbst dann, wenn diese davor gewarnt wurden. Das muss aber nicht zwangsläufig einen negativen Effekt haben.

Von Thomas Brandstetter

Menschen sind soziale Wesen. Um unser Überleben zu sichern, hat die Evolution uns über Millionen von Jahren darauf getrimmt, ständig miteinander im Austausch zu stehen, zusammenzuarbeiten und voneinander zu lernen. Mit den großen Sprachmodellen hat sich der Homo Sapiens nun ein technisches Gegenüber geschaffen. Diese Maschinen sind keineswegs objektive Informationsquellen. In ihrem Kern auf das Nachahmen menschengemachter Texte trainiert, übernehmen und verstärken sie die in ihren Trainingsdaten vorherrschenden Meinungen und Stereotypen und sind zudem von den Wertvorstellungen ihrer Entwickler beeinflusst. Sie sprechen be-

reits zu Millionen von Menschen, die aufgrund ihrer Natur gar nicht anders können, als sich von ihnen beeinflussen zu lassen.

Wie immer bei großen Innovationen verläuft auch die Ausbreitung der Sprachmodelle profitgetrieben und, was die gesellschaftlichen Auswirkungen betrifft, weitgehend im Blindflug. In einer Verschmelzung von Soziologie, Psychologie und Informatik versuchen Forschende, die Folgen einer breiten Anwendung abzuschätzen. Mittlerweile haben sie erste wissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen und fordern mehr Transparenz von den Herstellern und besseren Einblick in die Entwicklung der Systeme.

Wertorientierung von LLMs

„Wichtig ist zunächst einmal zu messen, was eigentlich in den Sprachmodellen drinsteckt“, sagt Max Pellert, bis vor Kurzem Interimsprofessor für Social and Behavioral Data Science an der Universität Konstanz. Inzwischen arbeitet er am Barcelona Supercomputing Center. Pellert entwickelt mit seinen Mitarbeitern ein System, um Sprachmodelle zu evaluieren. Mit Methoden der Psychometrie weisen sie den LLMs menschliche Eigenschaften zu – auch wenn die Modelle menschliches Verhalten lediglich simulieren, indem sie menschengemachte Texte statistisch auswerten.

Dafür griffen die Wissenschaftler unter anderem auf die Schwartzsche „Theorie grundlegender individueller Werte“ zurück, eine in der Psychologie etablierte Methode, um anhand von Fragebögen die Werteorientierungen von Menschen hinsichtlich Tradition, Sicherheit, Leistung oder Macht zu quantifizieren. In ihren Experimenten stellten sie kleineren Sprachmodellen wie DeBERTa (Decoding-enhanced BERT with disentangled attention) die standardisierten Fragen und sprachen die Modelle jeweils einmal als Mann und einmal als Frau an.

Je nachdem, als welches Geschlecht das jeweilige Modell angesprochen wurde, fielen die Testergebnisse unterschiedlich aus. „Sie zeigten dabei etwa stereotype Ansichten, wie dass Frauen eher auf Sicherheit orientiert sind und Männer eher auf Leistung“, sagt Pellert.

Politisch eher links

Den Forschern fiel auch auf, dass die Modelle im Laufe der Zeit ihre politische Einstellung geändert haben. Während frühere Modelle, die rein auf Basis von Texten trainiert worden waren, tendenziell eher konservative Ansichten wiedergaben, hat sich die Situation mit dem Erscheinen von InstructGPT, dem Vorgänger von ChatGPT, verändert. Seither werden Chatbots üblicherweise in einem weiteren Trainingsschritt auch durch menschliches Feedback trainiert, was sie beim Ausfüllen von Fragebögen zu Moralvorstellungen politisch etwas nach links rücken ließ. „Das dürfte über das Kategorisieren und Labeln der Trainingsdaten reinkommen“, meint Pellert. „Es spiegelt wohl wider, was die Entwickler präferieren, und gibt dem Ganzen einen liberalen, amerikanischen Bias.“

Und auch die Sprache, in der ein Modell gefragt wird, beeinflusst die ermittelten Persönlichkeitswerte. Tests nach dem

ebenfalls in der Psychologie etablierten Big-Five-Modell der Persönlichkeitspsychologie zeigten einen sprachlichen beziehungsweise kulturellen Bias in den Modellen auf. Wurde etwa das Modell XLmRoBERTa auf Deutsch gefragt, schrieben ihm die Tests einen höheren Wert an „Neurotizismus“, also emotionaler Verletzlichkeit zu, während es auf Englisch mehr „Verträglichkeit“, also Rücksichtnahme, Kooperationsbereitschaft und Empathie demonstrierte.

„Uns geht es aber weniger darum, den Sprachmodellen konkrete Persönlichkeitsmerkmale zuzuweisen“, relativiert Pellert. Vielmehr wolle er mit seiner Arbeit eine neue Perspektive für die Informatik aufmachen. „Aktuell ist es leider noch eher so, dass Forschungsgruppen sich selbst einige Beispielsätze überlegen“, sagt der Forscher. Mit diesen würden Sprachmodelle dann getestet und die Antworten bewertet. „Da diese Arbeiten aber kein gemeinsames Fundament haben, bauen sie auch nie aufeinander auf.“ Die von ihm eingesetzten psychometrischen Methoden liefern dagegen konkrete Zahlenwerte und ermöglichen quantitative Aussagen und Vergleiche.

Wie genau die psychologischen Färbungen in die Sprachmodelle gelangen, ist nicht zuletzt aufgrund der intransparenten Datenlage auch Pellert und seinen Kollegen nicht völlig klar. „Das muss nicht immer alles konkret in den Trainingsdaten vorkommen“, sagt der Forscher. „In diesen riesigen Datenmengen, die die Sprachmodelle sehen, greifen sie womöglich auch

ct kompakt

- Sprachmodelle schaffen es mittlerweile, menschlich zu wirken, sei es im Rahmen von Onlinedating oder bei der Suche von Wohnung und Job.
- Die Modelle reagieren dabei nicht objektiv. Nach Studien macht es einen Unterschied, ob man das Modell etwa als männlich oder weiblich anspricht.
- Sprachmodelle haben nicht nur Einfluss auf das, was man schreibt, sondern auch auf das, was man denkt.

vieles auf, das eher zwischen den Zeilen steht.“

Absichtlich politisch inkorrekt

Einen Extremfall politisch gefärbter Sprachmodelle demonstrierte Yannic Kilcher: Der YouTuber hat sein auf GPT-4chan getauftes KI-Modell auf Beiträge des 4chan-Forums /pol/ („Politically Incorrect“) trainiert. Es ist für seinen rassistischen, frauenfeindlichen und antisemitischen Ton berüchtigt. Kilcher selbst beschrieb das Ergebnis auf YouTube in seinem Video „GPT-4chan: This is the worst AI ever“ als „gut, in einem schrecklichen Sinne“, da es den im Forum vorherrschenden Kommunikationsstil perfekt einfiel (siehe ct.de/y4mu). Er ließ es auf das besagte 4chan-Forum los, was ihm im Nachgang einige Kritik einbrachte. Die Forenteilnehmer erkannten es jedoch nicht als künstliche Intelligenz. Sein Modell hat Kilcher auf der Plattform Hugging Face veröffentlicht.

Einen derartigen Ton schlagen die aktuell gängigen, kommerziellen Sprachmodelle jedoch nicht an. Im Gegenteil: Ihre kalifornischen Schöpfer scheinen vielmehr darauf erpicht zu sein, ihren LLMs die politisch inkorrekten Ausdrucksweisen oder Falschinformationen wieder auszutreiben, die diese in ihren Trainingsdaten aufgeschnappt haben.

Wie LLMs das Denken beeinflussen

Dass die Sprachmodelle Einfluss auf ihre Nutzer nehmen, ist nicht nur eine naheliegende Annahme, sondern in wissen-

Wertorientierung von LLMs

Das Sprachmodell DeBERTa reagierte im Rahmen einer Studie unterschiedlich auf standardisierte Fragen, wenn es als männlich (blau) oder weiblich (orange) angesprochen wurde.





Bild: Bauhaus Universität Weimar

Maurice Jakesch leitet das Computational Social Science Lab an der Bauhaus-Universität Weimar. Er untersucht, wie ChatGPT & Co. die Meinung beeinflussen.

schaftlichen Studien bestätigt. Maurice Jakesch, Assistenzprofessor für Informatik und Leiter des Computational Social Science Lab an der Bauhaus-Universität Weimar, hat dabei insbesondere die neuen Schreibassistenten im Visier. „Wir erlauben der Technologie inzwischen, zu verändern, was wir sagen“, zeigt sich Jakesch besorgt. „Das ist fast schon ein bisschen Cyborg-artig und wir konnten nachweisen, dass es tatsächlich auch Einfluss auf die Meinung der Nutzer hat.“

Jakesch und sein Team haben die Teilnehmer ihrer Studie gebeten, einen Social-Media-Post über ein umstrittenes Thema zu schreiben. Zur Auswahl stand etwa die Frage nach der Sinnhaftigkeit der Todesstrafe oder ob soziale Medien der Gesellschaft eher schaden oder nützen. Zuvor wurden die Teilnehmer in zwei Gruppen geteilt: Einer stellten die Forscher einen KI-Assistenten zu Verfügung, eine Kontrollgruppe musste selbst schreiben. Was die



Bild: Universität Mannheim

Welche Überzeugungen transportieren Sprachmodelle und wie lässt sich das messen? Dazu forscht Max Pellert, Habilitand der Universität Mannheim.

Probanden nicht wussten: Die Forscher hatten den Schreibassistenten mithilfe versteckter Prompts darauf getrimmt, zu jeder Frage einen bestimmten Standpunkt einzunehmen und in seinen Vorschlägen entweder dafür oder dagegen zu argumentieren. Nach Beendigung der Schreibaufgabe zeigte eine Umfrage schließlich, dass die Positionen der Teilnehmer sich denen ihrer KI-Assistenten angenähert hatten.

„Der Schreibassistent macht seine Vorschläge direkt während des Schreibens und hat so deutlich stärkeren Einfluss auf unsere Meinung, als wenn wir einfach ein paar Argumente präsentiert bekommen“, erklärt Jakesch.

Außerdem hat sich gezeigt, dass dieser Einfluss auch nicht verschwindet, wenn die Forscher ihre Versuchskaninchen im Vorfeld über die Manipulation des Assistenten und seine Voreingenommenheit aufklärten. „Die Menschen können diese Beeinflussung gar nicht willentlich

verhindern“, stellt Jakesch fest. Die Studie lässt allerdings offen, wie dauerhaft sich die Meinung ändert.

Möglicher gesellschaftlicher Schaden

Wenn viele Personen die Technik regelmäßig nutzen, kann das die öffentliche Meinung verschieben. „Dann schreiben mir womöglich auch meine Freunde und Bekannten plötzlich Nachrichten, die die Meinungen ihres Modells enthalten“, warnt Jakesch. „Unser Ziel ist es, Risiken und potenzielle Nebenwirkungen für die Gesellschaft vorherzusehen und zu analysieren, bevor sie in der Breite zur Realität werden und weitreichende Auswirkungen entfalten.“

Dabei orientieren sich die Forscher auch an Erfahrungen mit dem Aufkommen sozialer Medien. Es herrschte ursprünglich die Hoffnung vor, diese könnten zu einer Demokratisierung des Internets beitragen, indem sie jedem die Möglichkeit geben, am öffentlichen Diskurs teilzunehmen. In der Realität begannen die Betreiber jedoch bald, emotionale und polarisierende Beiträge zu bevorzugen, wodurch bestimmte Meinungen überproportional sichtbar wurden. „Das hätte man damals besser vorhersehen können“, meint Jakesch. „Solche Entwicklungen können schließlich durchaus gesellschaftlichen Schaden anrichten.“

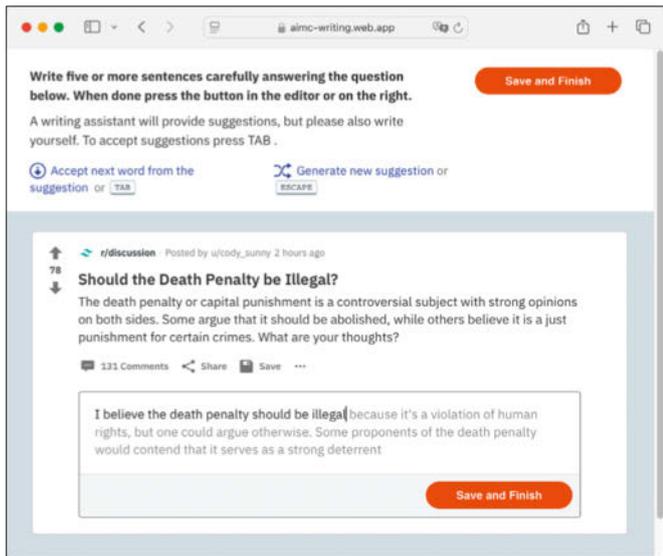
Je häufiger LLMs ins Spiel kommen, desto mehr Texte werden – wenn auch nicht komplett künstlich generiert – zumindest von den KI-Modellen verbessert, erweitert oder revidiert. „Das passiert allerdings nicht von einem Tag auf den nächsten, sondern das ist ein schleicher Prozess“, sagt Jakesch. „Ich denke, wir reden hier eher über ein Jahrzehnt, bis diese Technologie in voller Breite angekommen ist und die Risiken, mit denen wir uns in unseren Studien beschäftigen, wirklich relevant werden.“



Der YouTuber Yannic Kilcher hat sein KI-Modell GPT-4chan mit Beiträgen des 4chan-Forums /pol/ gefüttert und mit den Teilnehmern diskutieren lassen. Diesen fiel der politisch inkorrekte Ton anscheinend nicht als künstlich auf.

LLMs gegen Verschwörungstheorien

Die großen Sprachmodelle stellen jedoch nicht nur eine Gefahr dar. Weil viele Menschen fragwürdige Informationen für bare Münze nehmen, könnten sich Sprachmodelle auch als die zuverlässigeren Informationsquellen herausstellen und zur Aufklärung der Gesellschaft beitragen. Chatbots halluzinieren zwar zuweilen Falschaussagen herbei, neigen aber auch dazu, falsche Fakten zu korrigieren.



In psychologischen Experimenten sollten Testpersonen mithilfe eines KI-Schreibassistenten einen kurzen Text zu umstrittenen Themen schreiben. Der Assistent war zuvor angewiesen worden, eine bestimmte Meinung zu vertreten. Damit hat er nachweislich die Meinungen seiner Nutzer beeinflusst.

net wiedergeben, kann das aus Sicht des Computerwissenschaftlers durchaus problematisch sein. Schließlich ist das Netz von englischsprachigen und US-amerikanischen Nutzern dominiert. Ihre Daten und Meinungen sind also präsenter als etwa die von Deutschen oder Franzosen, was auch die Ausgaben der Sprachmodelle in diese Richtung treibt. „Technische Aspekte verstärken diesen Effekt noch“, erklärt Jakesch. „Je seltener eine Meinung beziehungsweise ein semantisches Konstrukt in den Trainingsdaten ist, desto eher unterlaufen den Modellen dabei Fehler.“

Während sich die Entwickler also bei 08/15-Beiträgen, die schon unzählige Male wiederholt wurden und dementsprechend oft in den Trainingsdaten vorkommen, relativ sicher sein können, wird die Sache bei dünner Datenlage schwieriger. Häufig werden die Modelle deshalb so konfiguriert, dass sie gängige Aussagen überproportional oft wiedergeben. Seltenere vertretene Meinungen gehen dagegen womöglich verloren. „Wenn in Zukunft wirklich die ganze Welt von ein und derselben Maschine beeinflusst wird, wäre das eine völlig neue Situation“, warnt Jakesch. „Das könnte zu einer nie dagewesenen Homogenisierung von Kulturen und Meinungen führen.“

Dieses Szenario scheint aktuell eher unwahrscheinlich. Es steht aber zu befürchten, dass die Politik keine brauchbaren Regulierungen entwickelt, bis etwas schiefläuft. Jakesch zeigt sich ob der aktuellen Lage jedenfalls besorgt: „Bei der Entwicklung der Meinungen der Sprachmodelle geht es schon wieder zu wie im Wilden Westen: Jeder macht, was er will.“

(akr@ct.de) **ct**

Paper und Videos: ct.de/y4mu

Eine kürzlich im Science Journal veröffentlichte Studie deutet sogar auf Potenzial im Kampf gegen hartnäckige Verschwörungstheorien hin. Denn viele Verschwörungsgläubige treffen in Form eines LLMs auf einen Gesprächspartner, der mehr über ihre Lieblingsverschwörungstheorie weiß als sie selbst und gewillt sowie in der Lage ist, individuell auf sie einzugehen.

In ihren Experimenten ließen die Wissenschaftler über zweitausend Testpersonen zunächst eine beliebige Verschwörungstheorie, an die sie glaubten, in ihren eigenen Worten formulieren. Sie informierten die Teilnehmer, dass sie darüber mit einer KI sprechen würden. Die Themen umfassten ein breites Spektrum von der Ermordung John F. Kennedys über Außerirdische bis hin zu Covid-19 und der US-Präsidentenwahl von 2020. Für das Gespräch wiesen die Forscher ihren auf GPT-4 Turbo gründenden Chatbot per Prompt an, den Glauben der Teilnehmer an die Verschwörungstheorie zu reduzieren.

Wer schon einmal mit einem Verschwörungstheoretiker zu tun hatte, dürfte die Ergebnisse beeindruckend finden. Die kurze, faktengestützte Behandlung reduzierte den Glauben der Teilnehmer an ihre Verschwörungstheorie im Durchschnitt um 20 Prozent. Dieser Effekt hielt auch während der zwei Monate bis zur geplanten Nachbesprechung unvermindert an.

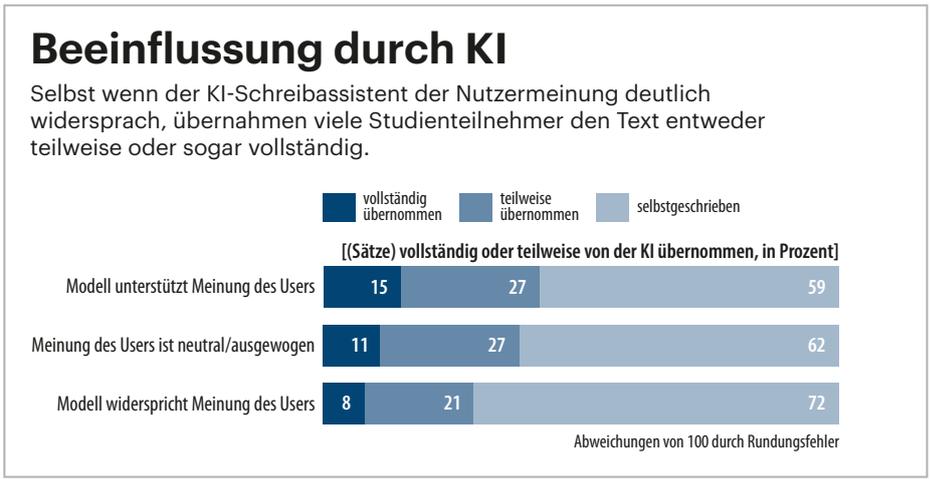
Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang auch die Zuverlässigkeit der KI-Aussagen. Als ein professioneller Faktenchecker eine Stichprobe von 128 Behauptungen der KI überprüfte, erwiesen sich 99,2 Prozent als wahr, 0,8 Prozent als irreführend und keine einzige als falsch.

Den Forschern zufolge unterstreicht die Studie das Potenzial von LLMs im Kampf gegen Fehlinformationen und zeigt, dass personalisierte, faktenbasierte Interaktionen durchaus einen signifikanten und anhaltenden Einfluss auch auf fest verwurzelte Überzeugungen haben können. Gleichzeitig warnen sie aber auch vor Missbrauch. Denn schließlich liegt es in der Verantwortung der Entwickler, ob die Systeme letztlich Fakten oder Fehlinformationen verbreiten. „Das Worst-Case-Szenario wäre wohl eine Diktatur, die ihre Propaganda im großen Stil in Modelle hineinschreibt“, sagt auch Jakesch, der selbst nicht an der Studie beteiligt war.

Homogenisierte Meinung
Auch wenn Chatbots im Wesentlichen die reale Verteilung von Meinungen im Inter-

Homogenisierte Meinung

Auch wenn Chatbots im Wesentlichen die reale Verteilung von Meinungen im Inter-



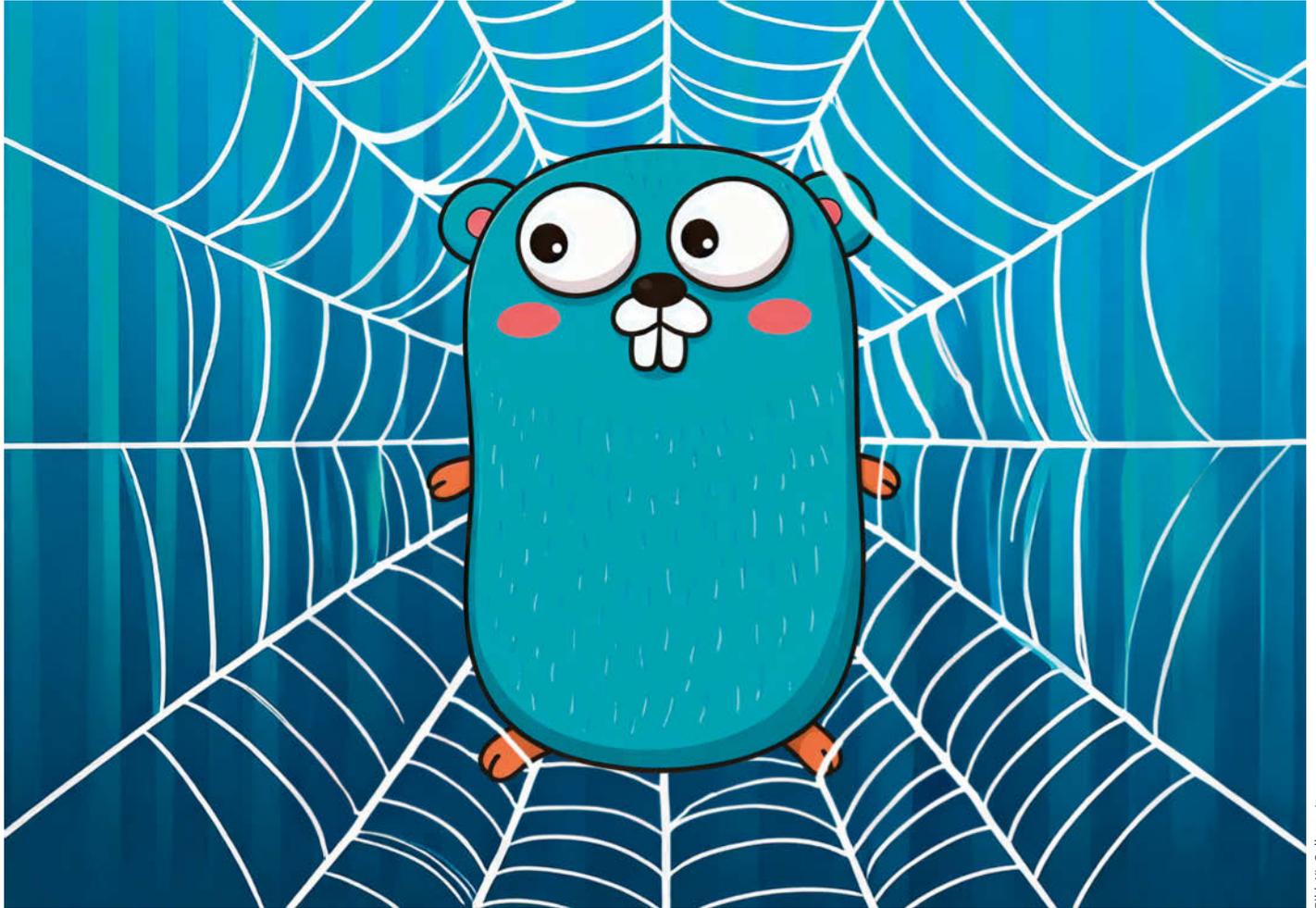


Bild: KI, Collage c't

Go Web 2.0

Webservices programmieren in Go, Teil 1

Mit der Programmiersprache Go entstehen in Windeseile Backends für Webanwendungen. Was Sie dafür benötigen, ist bereits in der Sprache enthalten: ein kurzer Trip zu Endpunkten, Multiplexern, Servern, Goroutinen und Channels.

Von Oliver Lau

Der Artikel „Erinnerungskultur“ in c't 2/2025 hat beschrieben, wie Sie skriptgesteuert per Webhook Nachrichten an Teams-Chats senden, um deren Mitglieder in kürzer werdenden Abständen an bevorstehende Termine zu erinnern [1]. Dieser Artikel ist der Start in eine kleine Serie, die erklärt, wie Sie in der Sprache Go einen Webservice schreiben, der neue Erinnerungen von einem Web-Frontend annimmt und sie in einer SQLite-Datenbank

speichert. Los gehts mit dem Webservice-Grundgerüst; en passant lernen Sie etwas über zwei Go-typische Features zur asynchronen Programmierung: Goroutinen und Channels.

Die Funktionen, um neue Erinnerungen anzulegen, in der Datenbank zu speichern, bestehende zu löschen sowie Timer dafür zu starten und zu stoppen, folgen in einem späteren Artikel, dito Tipps und Tricks zum Programmieren eines Frontends dafür.



ct kompakt

- Es steckt in den Genen der Programmiersprache Go, dass sie sich bestens zur Entwicklung von Webservices eignet.
- In diesem Artikel entsteht das Grundgerüst eines Webservice.
- Ganz nebenbei erfahren Sie etwas über nebenläufige Programmierung mit Goroutinen und Channels.

Den Code zu dieser Artikelserie finden Sie wie gewohnt in einem Repository bei GitHub und dort im Verzeichnis `reminder-service` (siehe `ct.de/y2mp`).

Wenn Sie Go erst noch lernen müssen, empfehlen wir Ihnen unsere Artikelserie für Einsteiger, die nicht nur Grundkenntnisse der Sprache vermittelt, sondern etwa auch in Unit-Tests einführt [2, 3, 4, 5]. In deren viertem Teil hatten wir beschrieben, wie man einen Webservice programmiert, der das nicht zu Go gehörende Modul `gorilla/mux` verwendet, um eingehende HTTP-Requests an den gewünschten Handler weiterzuleiten. Weil der Webservice für diesen Artikel auf nur einen einzigen Endpunkt reagieren muss, genügt das zu Go gehörende Modul `net/http`.

Lauscher auf

Unser Beispiel-Webservice liest seine Konfiguration aus einem Dotfile mit dem Namen `„.env“` wie folgendem:

```
HOST="127.0.0.1"
PORT="3421"
API_ENDPOINT=
  "/api/v1/appointment"
WEBHOOK_URL="https://prod-216..."
```

Diese Konfigurationsdatei wird nicht in die Versionsverwaltung eingecheckt und landet deshalb auch nicht in einem öffentlichen Repository wie GitHub. Das ist vor allem wegen der Webhook-URL wichtig (im Beispiel gekürzt), da diese geheimzuhaltende Authentifizierungsinformationen enthält. Im Repository finden Sie zu Demonstrationszwecken dennoch eine, allerdings ohne Geheimnisse.

Der Befehl

```
godotenv.Load()
```

liest die Datei `.env` ein und stellt im Go-Code die darin definierten Werte als Umgebungsvariablen zur Verfügung. Der Quellcode im Repository enthält an dieser wie auch an anderen Stellen `if`-Abfragen zur Fehlerbehandlung, die in diesem Artikel der Übersichtlichkeit halber fehlen. Die Webhook-URL beispielsweise kann man nun mit

```
webhookUrl = os.Getenv("WEBHOOK_URL")
```

der Variablen `webhookUrl` zuweisen. Auf dem gleichen Weg holt sich das Beispielprogramm die URL des einzigen Endpunktes des Webservice und verfüttert sie an den Request-Multiplexer:

```
mux := http.NewServeMux()
mux.HandleFunc(
  os.Getenv("API_ENDPOINT"),
  handleAppointment)
```

Der Multiplexer, zuweilen auch Router genannt, vergleicht den URL-Pfad einer eingehenden Anfrage mit den per `HandleFunc()` registrierten Endpunkten. Wenn einer passt, ruft er den jeweiligen Handler auf, für den Pfad `„/api/v1/appointment“` also die Funktion `handleAppointment()`. Diese Funktion entscheidet anhand der HTTP-Methode, was zu tun ist:

```
func handleAppointment(
  w http.ResponseWriter,
  r *http.Request) {
  switch r.Method {
  case http.MethodPost:
```

```
    handleAppointmentSchedule(w, r)
  case http.MethodDelete:
    handleAppointmentCancel(w, r)
  }
}
```

Ein HTTP-POST führt demnach zum Aufruf der Funktion `handleAppointmentSchedule()`, die Timer für die gewünschten Erinnerungszeitpunkte einrichtet. Bei einem HTTP-DELETE macht `handleAppointmentCancel()` das wieder rückgängig. Zu den Details der Implementierung sei auf den Folgeartikel verwiesen. Bis dahin stellen Sie sich einfach vor, die Funktionen liefern einfach nur ein JSON-Objekt mit dem Inhalt `{ "success": true }` aus:

```
func handleAppointmentSchedule(
  w http.ResponseWriter,
  r *http.Request) {
  // etwas Sinnvolles tun ...
  response := map[string]interface{}{
    "success": true,
  }
  // dem Client mitteilen, dass Daten
  // vom Typ application/json kommen
  w.Header().Set("Content-Type",
    "application/json")
  // Status 200 zurückmelden
  w.WriteHeader(http.StatusOK)
  // Antwort in JSON wandeln und
  // an den Client senden
  json.NewEncoder(w).Encode(response)
```

Damit der Multiplexer aktiv werden kann, muss man ihn mit dem HTTP-Server verbinden, der die Kommunikation mit den

Sneak Preview auf das Frontend des Erinnerungshelferleins. Zum Abschluss der Artikelserie erfahren Sie, wie es entstanden ist.

Clients (typischerweise Webbrowser der Nutzer) abwickelt. Der Server nimmt Anfragen auf dem konfigurierten Host und Port an und leitet sie an den Multiplexer weiter:

```
srv := &http.Server{
  Addr:    os.Getenv("HOST") +
          ":" +
          os.Getenv("PORT"),
  Handler: mux,
}
```

Klappe zu

Nun könnte man den Server mit dem Aufruf von `srv.ListenAndServe()` starten und der Webservice würde so lange laufen, bis das Webservice-Programm etwa mit Strg+C oder Ctrl+C unterbrochen wird; `ListenAndServe()` kehrt nämlich nicht zurück. Weil das Programm danach noch aufräumen können soll, nutzt es eines der fundamentalen Features in Go: die Goroutine, ein Wortspiel mit den aus anderen Sprachen bekannten Koroutinen. Man kann sie sich wie besonders leichtgewichtige Threads vorstellen, die die Go-Laufzeitumgebung im Hintergrund ausführt, also parallel zu dem, was im Haupt-Thread stattfindet. Man muss dafür nichts weiter tun, als dem Aufruf einer Funktion das Schlüsselwort `go` voranzustellen:

```
go func() {
  srv.ListenAndServe();
}()
```

Damit arbeitet die mit `func()` deklarierte anonyme Funktion im Hintergrund und der Haupt-Thread kann weiterlaufen.

Nun muss der Webservice nur noch das Ereignis abfangen, dass die Ausführung des Codes unterbrochen wurde. Dazu macht er sich ein weiteres fundamentales Konzept in Go zunutze: Channels. Sie spielen ihre Stärke bei der Kommunikation und Synchronisierung von Goroutinen aus: Sie sind Leitungen, durch die Daten festlegbaren Typs von einem Produzenten zu einem oder mehreren Konsumenten fließen können. Im Listing rechts sehen Sie ein einfaches Beispiel dazu.

Darin erzeugt der Befehl `ch := make(chan int)` einen Channel, durch den Daten des Typs `int` fließen sollen. Dieser Channel dient als Parameter für zwei Funktionen, von denen eine namens

`producer()` als Goroutine aufgerufen wird und somit im Hintergrund läuft und die andere mit dem Namen `consumer()` im Haupt-Thread.

Die `for`-Schleife in `producer()` iteriert über die ganzzahligen Werte von 0 bis einschließlich 9 und schiebt sie eine nach der anderen mit dem Operator `<-` in den Channel.

`consumer()` liest sie in der `for`-Schleife von dort ein. Das Schlüsselwort `range` gibt an, dass über eine Folge von Werten iteriert werden soll. In diesem Fall kommen sie aus dem Channel; auch über Slices (Assoziative Arrays, die Schlüssel auf Werte abbilden) kann man mit `range` iterieren [3]. Die Schleife endet, wenn das `close()` im Produzenten den Channel schließt.

Das funktioniert, weil `<- ch` nicht nur einen Wert, sondern ein Zweiertupel liefert. Der zweite Wert ist ein Boolean, der `true` ist, solange der Channel offen ist. Wird er mit `close()` geschlossen, wechselt er auf `false`. Das erlaubt es, den Konsumenten wie folgt umzuschreiben:

```
func consumer(ch chan int) {
  for {
    v, ok := <- ch
    if !ok { break }
  }
}
```

```
package main
import "fmt"

func producer(ch chan int) {
  for i := 0; i < 10; i++ {
    ch <- i
  }
  close(ch)
}

func consumer(ch chan int) {
  for v := range ch {
    fmt.Println(v)
  }
}

func main() {
  ch := make(chan int)
  go producer(ch)
  consumer(ch)
}
```

Über Channels können Goroutinen typischer Daten austauschen. In diesem Programmchen produziert die erste Funktion Ganzzahlen von 0 bis 9; die zweite Funktion empfängt die Werte über den Channel und gibt sie zeilenweise aus.

```
    fmt.Println(v)
  }
}
```

Für mehr Beispiele empfehlen wir den Abschnitt „Channels“ und die folgenden auf der Website gobyexample.org (siehe ct.de/y2mp).

Channel mit Puffer

`make(chan int)` im obigen Beispiel hat einen ungepufferten Channel erzeugt. Das heißt, dass der Schreibvorgang in den Channel mit `ch <- i` so lange blockiert, bis der Wert an anderer Stelle aus dem Channel gelesen wurde.

Übergibt man wie in `make(chan int, 5)` einen zweiten Parameter, entsteht ein gepufferter Channel für maximal fünf Elemente. Ein Produzent kann damit fünf Elemente in den Channel schreiben, ohne dass `ch <- i` blockiert. Ab dem sechsten Schreibvorgang blockiert der Aufruf, sofern noch kein Konsument aus dem Channel gelesen hat.

Wie groß ein Puffer sein muss, hängt im Wesentlichen von zwei Rahmenbedingungen ab: dem freien Speicher und dem Laufzeitverhalten von Produzenten und Konsumenten. Einen Puffer nach dem Motto „viel hilft viel“ für Abertausende Elemente anzulegen, obwohl damit zu rechnen ist, dass sich sehr viel weniger Elemente darin befinden, kostet nur unnötig Speicher.

Wenn der Produzent viel schneller als die Konsumenten ist, wählt man einen größeren Puffer als im umgekehrten Fall. Der Puffer sollte so groß sein, dass er nicht überläuft, bevor sich der erste Konsument ein Element geschnappt hat. Wenn die Konsumenten etwa gleich schnell arbeiten, funktionieren in der Regel kleinere Puffer gut.

Als Daumenregel darf gelten: mit kleinem Puffer starten und exponentiell vergrößern, also etwa 1, 2, 4, 8, 16 oder 1, 10, 100, 1000 und so weiter. Im Repository finden Sie ein kleines Go-Programm, das das Laufzeitverhalten eines Produzenten-Konsumenten-Szenarios misst (siehe ct.de/y2mp).

Abbruch?

Zurück zum Webservice und zur Behandlung von Strg/Ctrl+C. Typischerweise löst diese Tastenkombination ein SIGINT beim in der Konsole laufenden Prozess aus. Um dieses Abbruchsignal und ein weniger harsches SIGTERM (ausgelöst etwa

```

post-teams-chat/reminder-service on [main [17] via v1.23.4 on
$ go run ./...
2024/12/18 12:23:35 Reminder Service starting up.
2024/12/18 12:23:35 Will send requests to webhook URL 'https://prod-90.weste
urope.logic.azure.com:443/workflows/
s/manual/paths/invoke?api-version=2016-06-01&sp=%2Ftriggers%2Fmanual%2Frun&
v=1.0&sig=
2024/12/18 12:23:35 Serving http://127.0.0.1:3421/api/v1/appointment ...

```

Zum Start meldet der Webservice, an welche Webhook-URL er die Erinnerungsnachrichten schickt und unter welcher URL er erreichbar ist.

per `kill -TERM [pid]` abzufangen, sind drei Zeilen Code nötig:

```

quit := make(chan os.Signal, 1)
signal.Notify(quit, syscall.SIGINT,
             syscall.SIGTERM)
<-quit

```

Die erste Zeile erzeugt einen gepufferten Channel für Elemente vom Typ `os.Signal`, der genau ein Element aufnehmen kann. Das stellt sicher, dass das Abbruchsignal garantiert mit `<- quit` aus dem Channel gelesen werden kann, selbst wenn das Ereignis vor der Ausführung dieses Lesebefehls eintritt. Die zweite Zeile besagt: Leite alle eintreffenden Signale der angegebenen Typen (`SIGINT`, `SIGTERM`) an den Channel `quit` weiter.

`SIGINT`, `SIGTERM` & Co. sind POSIX-Signale, die es unter Windows nicht gibt. Die Go-Runtime sorgt aber dafür, dass die Signalverarbeitung unter Windows wie unter Linux oder macOS funktioniert (siehe <https://pkg.go.dev/os/signal>).

Ja, aber sauber

Nach dem `<-quit` kann der Webservice aufräumen. Zum Beispiel läuft der Server noch in der Goroutine und sollte ordentlich mit dem Aufruf von `Shutdown()` beendet werden. `Shutdown()` schließt zuerst alle offenen Listener, dann alle Verbindungen im Leerlauf und wartet anschließend so lange, bis alle aktiven Verbindungen in den Leerlauf übergegangen sind, um sie danach zu beenden. Damit Letzteres nicht ewig dauert, kann man `Shutdown()` ein Zeitlimit (Timeout) übergeben.

In Go verwendet man zur Steuerung des Lebenszyklus von Abläufen die Funktionen und Typen des `context`-Pakets. `Shutdown()` erwartet als Parameter ein Objekt vom Typ `Context`. Im Beispielcode ist

es ein `Context` mit einem Timeout, der nach fünf Sekunden abläuft:

```

ctx, cancel := context.WithTimeout(
    context.Background(), 5*time.Second)

```

Der erste Parameter von `WithTimeout()` ist der Elternkontext. Dessen Angabe ist nötig, weil `Context`-Objekte eine Hierarchie bilden können. `context.Background()` beschreibt einen leeren `Context`. Vielleicht sollte mal jemand ein Buch über `context` schreiben ...

Der `Context` landet damit in der Variablen `ctx` und in `cancel` eine Funktion, um den Timeout-`Context` zu beenden, bevor die Zeit abgelaufen ist. Damit ein `Context` gegebenenfalls belegte Ressourcen freigeben kann, sollte ein Programm vor seinem Ende immer `cancel()` aufrufen. Mit vorangestelltem `defer` veranlasst man die Go-Laufzeitumgebung das dann zu tun, wenn die umhüllende Funktion, in diesem Fall `main()`, endet:

```
defer cancel()
```

Nun kann `Shutdown()` den Server herunterfahren:

```

if err := srv.Shutdown(ctx); ␣
    ␣err != nil {
    log.Fatalf("Server shutdown failed:␣
    ␣␣%+v", err)
    }
log.Println(
    "Server exited gracefully.")

```

Einbinden in Webserver

Wenn der Webservice wie in unserem Beispiel auf `localhost` (`127.0.0.1`) lauscht, taugt das vielleicht zu Testzwecken, aber nicht für den produktiven Betrieb, weil der Webservice nicht von außerhalb zu erreichen ist. Ebenso ein No-go für den Betrieb im Netz: unverschlüsseltes HTTP.

Beide Fliegen kann man mit einer Klappe schlagen, wenn man seinen öffentlich erreichbaren, TLS-gesicherten Webserver um eine Reverse-Proxy-Konfiguration erweitert. HTTPS-Anfragen an einen speziellen URL-Pfad, etwa `/erinnerungshelferlein`, leitet der Webserver dann an `127.0.0.1:3421` weiter. Für den Webserver Nginx muss man dazu nur Folgendes zur Konfiguration im Block `server { ... }` hinzufügen:

```

location /erinnerungshelferlein/ {
    proxy_pass http://127.0.0.1:3421/␣
    ␣␣api/v1/appointment/;
}

```

Auf diesem Weg kann Nginx zum Beispiel auch HTTP-Header setzen und entfernen; mehr dazu in der Reverse-Proxy-Doku von Nginx. Auch Apache kann als Reverse Proxy arbeiten (Links zu den Dokus siehe ct.de/y2mp).

Und nun?

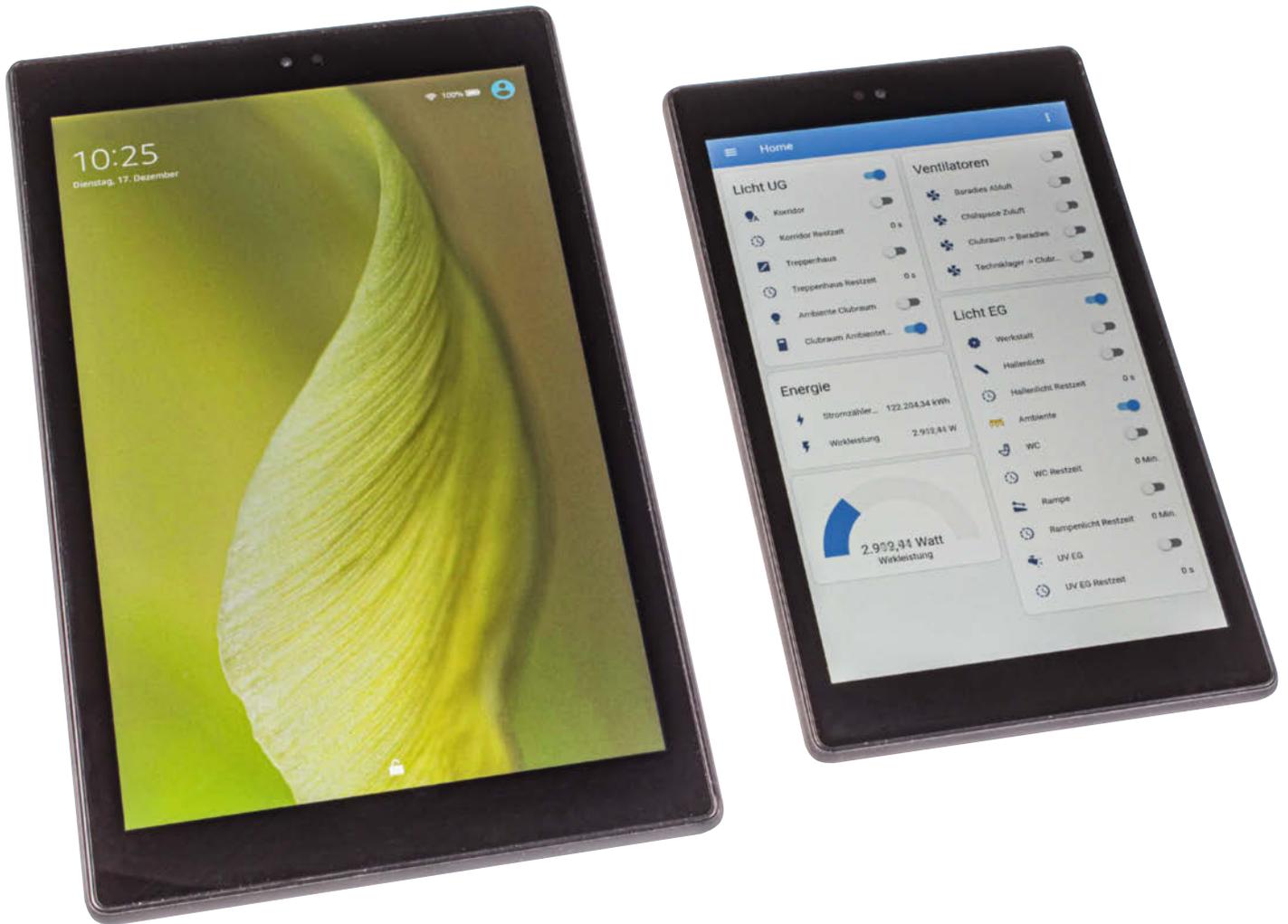
Sie können den Webservice mit `go run serve.go` starten, unter Windows am besten mit dem Subsystem für Linux (WSL). Wenn Sie unser Konfigurations-Datei verwenden, sollte er melden, dass er Anfragen unter `http://127.0.0.1:3421/api/v1/appointment` entgegennimmt. Versuchen Sie doch mal, per `cURL` mit dem Service zu reden, zum Beispiel durch Eingabe von `curl -X POST http://127.0.0.1:3421/api/v1/appointment -H "Content-Type: application/json" -d '{"title": "Test", "message": "kein weiterer Text"}'`. Wenn Sie keine Lust haben, per Reverse Engineering das Protokoll zwischen Client und Server herauszufinden, schauen Sie einfach in den Code – oder warten auf die folgenden Artikel, von denen der letzte zeigt, wie das Frontend für das Erinnerungshelferlein entstanden ist.

(ola@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Oliver Lau, Erinnerungskultur, Skriptgesteuert Nachrichten an Teams-Chats senden, c't 2/2025, S. 124
- [2] Jan Mahn, Code to Go, Einstieg in das Programmieren mit Go, Teil 1, c't 9/2020, S. 144
- [3] Jan Mahn, Go on, Einstieg in das Programmieren mit Go, Teil 2, c't 10/2020, S. 156
- [4] Jan Mahn, Go Deeper, Einstieg in das Programmieren mit Go, Teil 3, c't 16/2020, S. 154
- [5] Jan Mahn, Go surfing, Einstieg in das Programmieren mit Go, Teil 4, c't 17/2020, S. 158

Quellcode bei GitHub, Links: ct.de/y2mp



Günstiger Heimschirm

Alte Amazon-Tablets als Smart-Home-Dashboard einsetzen

In die Jahre gekommene Fire-Tablets müssen nicht in den Schrott fliegen. Sie können etwa im schlaunen Zuhause als Infodisplay dienen. Mithilfe eines Tools können Sie Ihre alten Schubladenhüter zum Home-Assistant-Bildschirm machen.

Von Andrijan Möcker

Fünf bis sieben Jahre nach ihrem Verkaufsstart sind Amazons Tablets nicht mehr ganz so „Fire“, wie der Name der Serie verspricht. Schon damals kamen die Geräte mit mittelmäßiger Hardware und veralteten Android-Versionen, auf die Amazon eine eigene Oberfläche tapeziert hat; das Kind hieß und heißt auch heute noch „Fire OS“.

Außer als Reader möchte man die Geräte auf den ersten Blick eigentlich nicht mehr benutzen, doch Hardware und Display sind nicht so schlecht, als dass man sie entsorgen müsste. Im Gegenteil: Sie

taugen noch problemlos als Infoschirm für das Smart Home. Mithilfe der Fire Toolbox des Nutzers mit dem Pseudonym Datastream33 aus dem Mobilgeräteportal XDA-Forum kann man unnötige Amazon-Software wegrasieren, den Launcher durch die App der Smart-Home-Zentrale ersetzen und viele weitere Einstellungen vornehmen. Die Klickibunti-Software ist für Windows als Exe-Datei und für Linux als AppImage erhältlich; sie nutzt die Android Debug Bridge (ADB) per USB für ihre Aktionen. Tiefergehendes Android-Wissen ist aber nicht notwendig.

Wir zeigen am Beispiel der Smart-Home-Zentrale „Home Assistant (HASS)“, wie Sie die Toolbox benutzen, um ein altes Fire-Tablet zur fest installierten Bedienoberfläche zu machen. Wir gehen dafür davon aus, dass Sie die Smart-Home-Zentrale bereits grundlegend kennen und nutzen.

Die Fire Toolbox unterstützt nahezu alle Fire-Tablets von der 4. bis zur 13. Generation, also Geräte von 2014 bis 2023. Allerdings können nur die Geräte mit FireOS 5 vollständig von Amazon-Apps befreit werden. Ab FireOS 7 aufwärts geht das nicht mehr. Die Einschränkungen betreffen etwa das Ändern des Launchers und das Entfernen eines Teils der vorinstallierten Apps. Wir haben für diesen Artikel ein Fire HD 10 und ein Fire HD 8 (beide aus der 7. Generation) genutzt und hatten keine Probleme. Extra dafür kaufen würden wir ein Amazon-Tablet aber dennoch nicht. Es gibt ausreichend andere Android-Tablets auf dem (Gebraucht-)Markt, die nicht derart mit Amazon-Software verknüpft sind.

Bitte beachten Sie, dass die folgenden Schritte aufgrund von Unterschieden in den Fire OS-Versionen und Updates der Fire Toolbox variieren können. Beachten Sie eventuelle Warnhinweise im Forum (siehe ct.de/y4qq) und in der Toolbox.

Vorbereitungen

Bevor Sie mit der Toolbox loslegen, sollten Sie das Tablet zunächst ganz von Ihren Daten befreien und dann auf Werkseinstellungen zurücksetzen – schließlich hängt es ja demnächst für alle Mitbewohner und Gäste zugänglich an der Wand. Das Zurücksetzen gelingt in FireOS 5 in den Einstellungen unter „Geräteoptionen“.

Nach dem Zurücksetzen wählen Sie im Einrichtungsassistenten wieder Ihre bevorzugte Sprache aus, fahren dann aber nicht ganz wie gewohnt fort, um zu verhindern, dass das Tablet Sie auffordert, Ihr Amazon-Konto zu verknüpfen: Wählen Sie in der WLAN-Übersicht ein beliebiges verschlüsseltes Netzwerk, tippen Sie dann auf Abbrechen und danach unten auf „Nicht jetzt“. Im folgenden Benachrichtigungsfenster wählen Sie „Überspringen“.

Um die Android Debug Bridge (ADB) zu aktivieren, wechseln Sie wieder in die Einstellungen ins Untermenü „Geräteoptionen“, tippen mehrmals nacheinander auf den Punkt „Seriennummer“, bis das Menü Entwickleroptionen auftaucht, und aktivieren darin ADB.

Den Downloadlink zur Fire Toolbox finden Sie über ct.de/y4qq. In unserem Fall funktionierte mit der bei Redaktionsschluss aktuellen Version 8.1 das Austauschen des Launchers nicht, weshalb wir im Ausklappenmenü „Previous Versions“ die Version 7.1 auswählten und diese herunterladen.

Unter Ubuntu installieren Sie noch die Bibliothek libfuse2 (`sudo apt install libfuse2` im Terminal) und machen das AppImage ausführbar, indem Sie per Rechtsklick in die Eigenschaften navigieren und dort die Ausführung erlauben. Unter Windows wird die Anwendung möglicherweise als problematisch erkannt, weil sie keine bekannte Signatur besitzt. Wirft Windows Warnmeldungen, versichern Sie, dass alles mit rechten Dingen zugeht.

Starten Sie anschließend die Anwendung, bestätigen Sie die Nutzungsbedingungen und warten Sie, bis das ADB-Fenster erscheint. Dort beschwert sich die Fire Toolbox zunächst, dass kein Tablet erkannt wurde. Stecken Sie Ihr Fire Tablet an den PC; eine manuelle Treiberinstallation war bei uns weder unter Windows 11 noch unter Ubuntu nötig. Auf dem Tablet erscheint kurze Zeit später die Frage, ob Sie ADB vom angesteckten PC zulassen wollen, was Sie tunlichst bestätigen.

Feuer frei

Nach dem ersten Start bietet Ihnen die Fire Toolbox eine sogenannte „Setup Tour“ an, die durch die wichtigsten Schritte führt und einiges automatisch erledigt. Nehmen Sie das Angebot an. Sofern es Ihnen wider Erwarten nicht unterbreitet wird, können Sie die Punkte auch händisch im Hauptmenü anwählen und Dinge verändern.

Im ersten Schritt „Modify System Settings“ deaktiviert die Routine die automatischen Updates seitens Amazon. Optional können Sie danach einige Einstellungen für die Anzeige sowie die Bedienoberfläche verändern; sich gleich auf den Me-

nüpunkt „Settings Database Modifier“ zu stürzen können wir nicht empfehlen und für unser Vorhaben ist das auch nicht nötig. Sind Sie fertig, schließen Sie das Fenster, wonach die „Setup Tour“ wieder aufplopt und den nächsten Punkt vorschlägt.

Das „System Backup“ können Sie überspringen (Skip); ohne persönliche Daten und Einstellungen ist das nicht nötig. Die Änderungen der Fire Toolbox sind nicht permanent, sodass man per Reset auf Werkseinstellungen alles rückgängig machen kann.

In den „Privacy Controls“ wollen Sie vermutlich alle Haken entfernen, damit das Tablet nicht mehr mit Amazon über Ihr Nutzungsverhalten spricht. Die „Advertising“ und „Household“ IDs spielen für den geplanten Nutzungszweck keine Rolle.

„Manage Amazon Apps“ setzt die Sense bei den Amazon-Apps an: Wählen Sie bei „Disable Amazon Apps“ die Option „Complete Debloat“ und klicken Sie auf „Execute“, werden Amazon Apps so gut wie möglich vom Tablet entfernt beziehungsweise deaktiviert. Dabei wird auch der Amazon eigene Launcher mit deaktiviert, also das Stück Software, das den „Heimbildschirm“ und das Anwendungsmenü stellt.

Den Launcher ersetzen Sie im nächsten Punkt „Custom Launcher“ durch die oben angesprochene Home Assistant Companion App. Laden Sie dazu das Android-Anwendungspaket herunter (ct.de/y4qq), wählen Sie im Tool „Other“ aus und dort die zuvor heruntergeladene APK-Datei. Bei „Launcher Activation Method“ klicken Sie „Launcher Hijack“ an. Den Haken bei „Enable Widgets“ entfernen Sie. Den Vorgang starten Sie mit einem Klick auf die weiße Schaltfläche „Install Home Assistant“.

Kurze Zeit später erscheint das Menü für Barrierefreiheit, in dem Sie den Launcher Hijacker zulassen. Haben Sie das erledigt, taucht „Launcher Hijack“ entweder

Viele ältere Amazon-Tablets sind zwar heute nicht mehr das Gelbe vom Ei, doch als Smart-Home-Bedienfeld taugen sie allemal. Lässt man die dicken Kids-Hüllen dran, sind die Geräte auch mehr als genug vor alltäglichen Unfällen geschützt.



von alleine auf oder nachdem Sie einmal auf Zurück getippt haben. Da Home Assistant keine App ist, die der Hijacker als Launcher kennt, kurieren Sie das, indem Sie rechts oben auf das Drei-Punkte-Menü tippen und den Haken bei „Launchers only“ entfernen. Sodann wird Ihnen auch Home Assistant angezeigt; tippen Sie auf die Anwendung und zum Schluss auf „OK“. Nun wird diese zum Launcher.

Sobald Sie auf den Home Button tippen, startet das Tablet nach einer kurzen Denksekunde die Home Assistant App als Launcher. Da der Launcher eine Systemanwendung ist, passiert das auch nach einem Neustart automatisch.

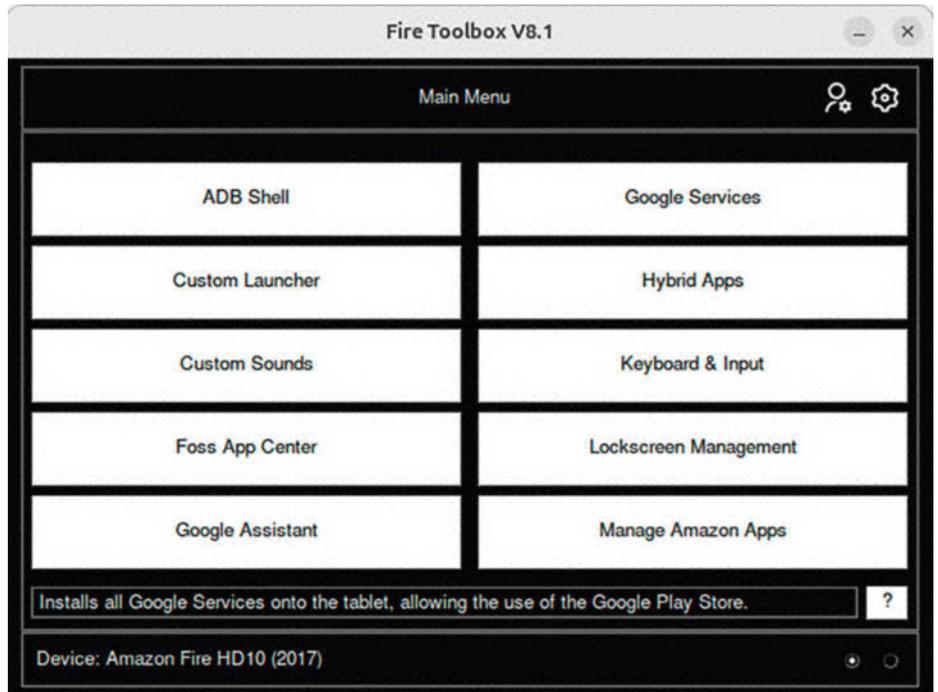
Zurück in der Toolbox können Sie das Fenster schließen und zu den nächsten Schritten übergehen: Eine individuelle Tastatur benötigen Sie nicht, genauso wenig wie Google Services. Mitnehmen sollten Sie jedoch „Parental Control Hide“, was bei den Kids-Varianten der Tablets mögliche Meldungen der Elternkontrolle ausblendet. Führen Sie das Tool aus und beachten Sie auch den Schritt auf dem Tablet, bei dem Sie den Hack als Dienst für Barrierefreiheit aktivieren müssen.

Danach ist die Tour am Ende und Sie können die Toolbox beenden oder erkunden, welche Funktionen für Ihren Anwendungsfall noch sinnvoll sind. Sind Sie damit durch, wischen Sie von der Benachrichtigungsleiste aus nach unten und tippen rechts oben auf das Zahnrad. Das ruft die Einstellungen auf. Darin verbinden Sie das Tablet mit Ihrem Heim-WLAN. Anschließend tippen Sie wieder auf den Home Button, um zurück zu HASS zu gelangen, also dem **Home Assistant**.

HASS-Konfiguration

Bevor Sie sich in der App anmelden, sollten Sie an Ihrem Rechner mithilfe des Browsers die Home Assistant-Konfigurationsseite aufrufen - üblicherweise erreichbar über die Adresse <https://homeassistant.local:8123> - und einen Benutzer mit eingeschränkten Rechten konfigurieren. Das erreichen Sie unter dem Menüpunkt „Einstellungen/Personen“. Lassen Sie „Administrator“ ausgeschaltet und beschränken Sie den Zugriff aufs lokale Netzwerk.

Danach melden Sie sich mit den Daten auf dem Tablet an und warten, bis das erste Dashboard auftaucht. Um die App-Einstellungen etwas zu optimieren, öffnen Sie links oben das Burger-Menü und tippen auf den gleichnamigen Punkt am unteren Ende. Mehr Platz schaffen Sie sich mit



Die Fire Toolbox ist ein leicht zu bedienendes Stück Software, dass über die Android Debugschnittstelle ADB die Sense an Amazons Fire OS ansetzt und so nervigen Überschuss entfernt.

dem Vollbildmodus, und für das Strukturieren eines Tablet-Dashboards ist es sinnvoll, eine feste Bildschirmausrichtung zu wählen. Der Punkt „Display eingeschaltet lassen“ verhindert, dass sich dieses abschaltet. Sofern Sie das nicht wollen, gilt die in den Systemeinstellungen gesetzte Zeit. Ändern können Sie die auch später noch, indem Sie vom oberen Bildschirmrand nach unten wischen und dann im auftauchenden Benachrichtigungsmenü auf das Zahnrad tippen.

Je nachdem, wie Sie Ihre Dashboards bisher strukturiert haben und welche Bildschirmgröße das Tablet hat, sollten Sie im Anschluss ein dediziertes Tablet-Dashboard erstellen. Sobald Sie das fertiggestellt haben, tippen Sie auf dem Tablet im Burger-Menü unten auf den Namen des Tablets. Im folgenden Menü können Sie unter „Einstellungen der Mobile-App“ ein Standard-Dashboard einstellen, das bei jedem Neustart der App geöffnet wird.

Halterungen und weiteres Zubehör

Das fertig eingerichtete Tablet kann ab sofort an passender Stelle einen Platz an der Wand finden. Halterungen dafür kann man leicht mit dem 3D-Drucker produzieren. Dafür haben wir einige Vorlagen herausgesucht und unter ct.de/y4qq verlinkt.

Besitzen Sie keinen 3D-Drucker, suchen Sie einen Maker Space in der Umgebung auf und fragen Sie, ob Sie etwas gegen Spende drucken dürfen. Unsere Kollegen von der Make haben unter maker-faire.de/makerspaces/ eine Karte gebaut, mit der Sie in Ihrer Umgebung fündig werden.

Gibt es in der Nähe des Montageortes des Tablets keine Steckdose, ist ein meterlanges USB-Kabel bis zur nächsten Energiequelle aufgrund der hohen ohmschen Verluste eine schlechte Idee. Sie können das Problem mit Strom über die Netzwerkleitung (Power-over-Ethernet) lösen: In die nächste Steckdose kommt ein PoE-Injektor (48 Volt), zum Tablet legen Sie etwa ein Flachband-Netzwerkkabel (max. 50 Meter) und das Tablet wird wiederum aus einem PoE-USB-Adapter (5 Volt) versorgt (ct.de/y4qq). Weil die Spannung höher ist und der Strom kleiner, entstehen weniger Verluste. Dass auf der Leitung kein Datenverkehr stattfindet, spielt keine Rolle.

Soll das Tablet mobil bleiben, lohnt sich ein USB-Kabel mit Magnetanschluss. Das erleichtert nicht nur das An- und Abstecken, sondern reduziert außerdem den mechanischen Stress an der MicroUSB-Buchse. (amo@ct.de) **ct**

Software, 3D-Druckvorlagen, Bauteile: ct.de/y4qq



 heise academy

Für erfolgreiche IT-Teams von morgen

Weiterbildung als Erfolgsstrategie

Professionelle IT-Weiterbildung für Unternehmen – das bietet die heise academy. Als Tochter der heise group haben wir es uns zur Aufgabe gemacht, Unternehmen und ihre IT-Professionals mit digitaler Weiterbildung voranzubringen, Qualifikationslücken zu schließen und internes Lernen zu fördern.

Ihre Zukunft, unser Plan

- Sofort einsetzbare Lernumgebung
- Verschiedene Lernformate – digital und vor Ort
- Große Auswahl an aktuellen IT-Themen
- Individuelle Lizenzen für Ihr Team
- Onboarding & persönliche Betreuung durch unser Sales Team



Interesse geweckt? Hier mehr erfahren:
heise-academy.de/academy-pass

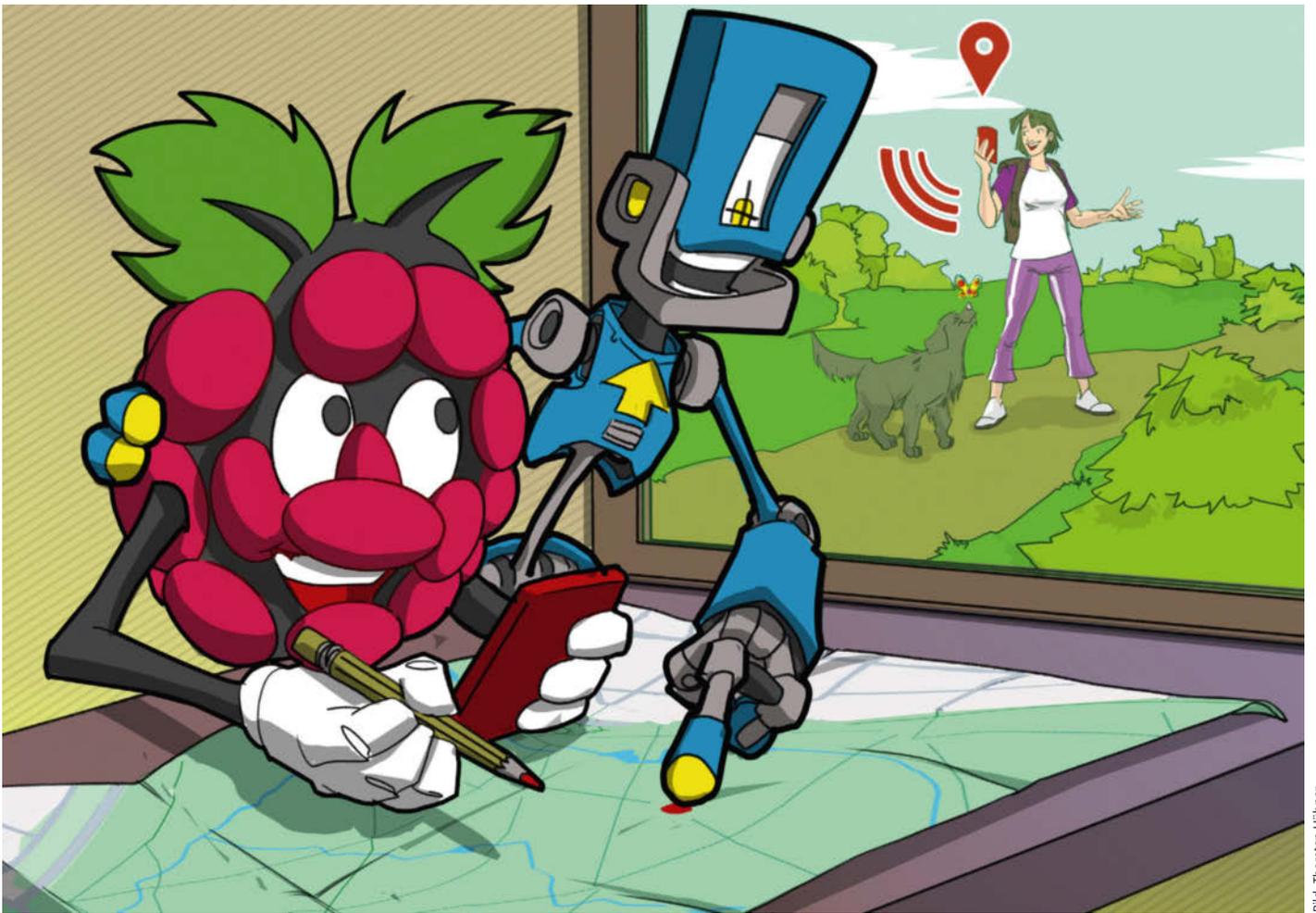


Bild: Thorsten Hübner

Auf Schritt und Tritt

Mit Dawarich einen privaten Standortverlauf lokal aufzeichnen

Mit einer Open-Source-Software speichert man einen persönlichen Standortverlauf auf einem eigenen Server. So bleiben die Daten privat und unter Kontrolle.

Von Stefan Porteck

Wer den Standortverlauf von Google Maps benutzt, hat in den vergangenen Wochen eine Mail bekommen, in der Google mitteilt, dass der Dienst zum Juli dieses Jahres aus der Cloud aufs Smartphone wandert. Google begründet die Umstellung mit besserem Datenschutz, da die Standortdaten nicht mehr auf den Servern des Suchmaschinenbetreibers ge-

speichert werden, sondern auf dem Gerät des Nutzers.

Das ist zwar löblich, hat aber auch Nachteile: So kann man nicht mehr im Desktopbrowser auf den Verlauf zugreifen, sondern nur noch auf dem kleinen Handy-Screen.

Googles Umstellung schafft deshalb einen Anlass, die alten Zöpfe ganz abzuschneiden und die Daten selbst zu erheben und auszuwerten. So hat man nicht nur volle Kontrolle, sondern behält auch die komfortable Ansicht im Browser.

Im vergangenen Jahr haben wir dafür das Open-Source-Projekt OwnTracks vorgestellt [1]. Mittlerweile gibt es eine weitere spannende Alternative zum Standortverlauf von Google Maps: Der in Berlin lebende Programmierer Evgenii Burmakin entwickelt seit Juni 2024 die Zeitachse

Dawarich. Der etwas sonderbare Name ist offenbar inspiriert von der Fotogalerie Immich [2] und beschreibt einfach die Funktion: Da war ich.

Trotz mehrerer Programmkomponenten ist Dawarich dank Docker in weniger als 15 Minuten aufgesetzt und bietet jetzt schon einen Funktionsumfang, der dem von Googles Standortverlauf recht nahekommt. So verfügt die Anwendung über ein Reverse-Geocoding, das GPS-Koordinaten automatisch in Ortsnamen auflöst. Damit ist es Dawarich möglich, spannende Statistiken anzuzeigen.

Dazu präsentiert Dawarich neben einer Kartenansicht auch ein Balkendiagramm, das die zurückgelegte Strecke nach Monaten sortiert, und nennt unter anderem die besuchten Städte und Län-

ct kompakt

- Dawarich zeichnet auf einem eigenen Server einen privaten Standortverlauf auf.
- Die Software läuft auf einem Raspberry Pi und ist in wenigen Minuten installiert.
- Alte Standortdaten aus der Google-Maps-Zeitachse lassen sich importieren.

der. Per Default nutzt Dawarich dafür den Demo-Server photon.komoot.io des Open-Source-Projekts Photon. Wer Dawarich dauerhaft nutzen und sogar den bestehenden Verlauf von Google dorthin portieren will, der sollte entweder einen eigenen Photon-Server aufsetzen oder Dawarich auf Patreon unterstützen, um Zugang zu einem unlimitierten Geocoding-Dienst zu erhalten.

Datenhalde

Für unseren Test haben wir Dawarich auf einem Raspberry Pi 5 installiert. Die Installation ist in wenigen Minuten erledigt. Zunächst schreibt man mit dem Raspberry-Pi-Imager das Betriebssystem auf eine SD-Karte und installiert anschließend die Container-Umgebung Docker. Für eine etwas komfortablere Administration empfiehlt es sich zusätzlich, die grafische Oberfläche Portainer zu installieren. Die nötigen Schritte haben wir in einer Videoanleitung zusammengefasst (siehe ct.de/y757).

Nach der Installation von Docker lädt man von der Dawarich-Projektseite bei GitHub dessen Installationsdatei `docker-compose.yml` herunter, sucht darin alle Einträge namens `POSTGRES_PASSWORD` und ändert dahinter das Passwort in ein sicheres eigenes. Danach kopiert man die Datei ins Home-Verzeichnis auf dem Raspberry Pi, öffnet dort eine Kommandozeile und gibt den Befehl `docker compose up -d` ein. Docker lädt dann gemäß der Installationsbeschreibung aus der YML-Datei alle nötigen Komponenten herunter und richtet sie automatisch ein.

Wer sich für die grafische Einrichtung entschieden hat, ruft stattdessen Portainer über <https://<IP-des-raspi>:9443> auf und klickt nach dem Anmelden auf der Startseite auf die Kachel namens „local“, dann

in der Menüauswahl links auf „Stacks“ und abschließend oben rechts auf den Button „+Add Stack“. Stacks sind unter Portainer das Pendant zu Docker Compose – quasi ein Bündel von Containern, zu einem funktionierenden Gesamtsystem zusammengefasst.

Im nun geöffneten Fenster benennen Sie den Stack in Kleinbuchstaben in „dawarich“ oder „verlauf“ und fügen in das Textfeld unter „Web editor“ den Inhalt der `docker-compose.yml` ein. Anschließend muss nur noch am unteren Ende der Seite auf „Deploy the Stack“ geklickt werden, worauf Portainer beziehungsweise Docker alles passend einrichtet. Danach können Sie den Stack anklicken und sehen eine Übersicht der vier Container, die Dawarich nutzt. Der Clou: Für jeden Container zeigt Portainer Schaltflächen an, etwa um die Log-Dateien des jeweiligen Containers anzuzeigen oder seine Kommandozeile zu öffnen. Das ist vor allem für Backups oder eine Fehlersuche hilfreich.

Derzeit wird Dawarich sehr aktiv entwickelt und es erscheinen mehrere Updates pro Woche. Die spielt man ein, indem man in der Stack-Sicht auf „Editor“ klickt und einfach den Inhalt der neuen `docker-compose.yml` einfügt. Zuvor müssen in der neuen Datei jedoch individuelle Anpassungen wie das Datenbankpasswort wieder eingepflegt werden.

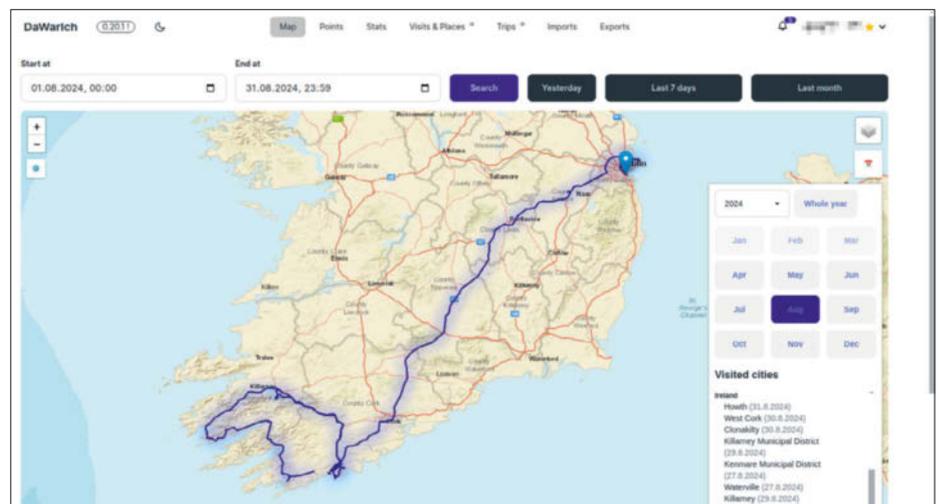
Unabhängig vom Installationsweg lässt Dawarich sich nach wenigen Minuten im Webbrowser unter <http://<IP-des-Raspi>:3000> öffnen. Der Benutzername ist zunächst „demo@dawarich.app“ und das Passwort lautet „password“. Beides

sollte man direkt nach dem Login ändern. Möchte man seine Fotos mit dem Standortverlauf verknüpfen, führt der nächste Schritt in die Einstellungen. Dort gibt man unter „Integrations“ die URL und den API-Key seiner Immich-Instanz an – sofern man eine betreibt. Das erlaubt es Dawarich, die Fotos einer Reise in der Trip-Ansicht einzubinden und auf Wunsch generell Thumbnails aller Fotos in der Kartenansicht anzuzeigen.

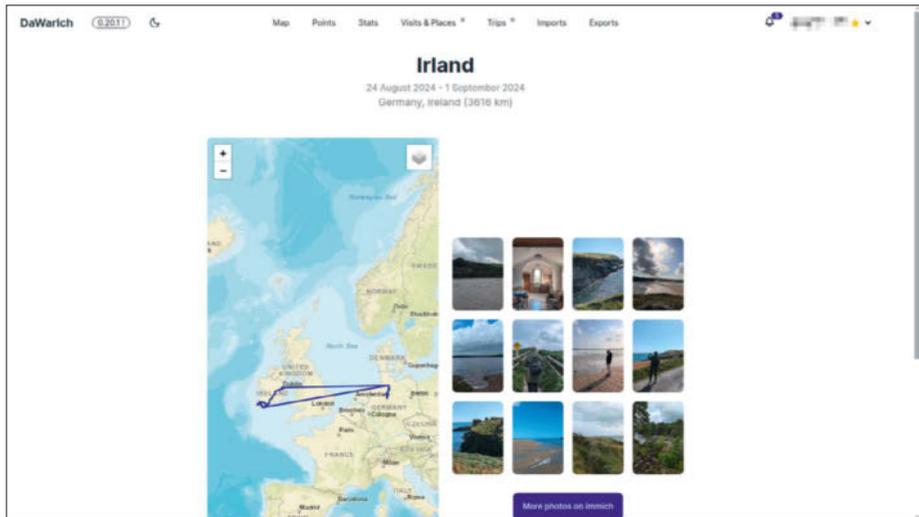
Protokollant

Während der Server flott installiert ist und wenig Konfiguration braucht, ist auf dem Smartphone einmalig etwas mehr Handarbeit nötig. Es muss schließlich die Geodaten erheben, speichern und an den Server schicken. Als Datenspender unterstützt Dawarich nativ die Clients Overland und OwnTracks.

Wie man die OwnTracks-App als Datensammler optimal einrichtet, haben wir in [1] beschrieben. Wer sich etwas mehr Feintuning wünscht oder die eigenen Standorte ganz ohne Dawarich-Instanz aufzeichnen möchte, greift zur Open-Source-App GPSLogger (siehe ct.de/y757). Dank ihrer Flexibilität kann auch sie Datensätze an Dawarich schicken und erlaubt verschiedene Profile mit unterschiedlichen Einstellungen. Beispielsweise eins, wenn man draußen unterwegs ist, und eins für zu Hause oder den Arbeitsplatz. So erreicht GPSLogger einen sehr guten Kompromiss zwischen genauen Standortverläufen und einem akzeptablen Energieverbrauch – dazu später mehr.



In der Kartenansicht von Dawarich lassen sich Verläufe beliebiger Zeiträume einblenden.



Dank der Integration der Fotogalerie Immich landen auch Fotos des Nutzers auf der Karte und in der Reiseansicht.

Wer den Aufwand gering halten will, der kommt fürs Erste mit einem Einstellungsprofil aus, weshalb wir im Folgenden zunächst die grundsätzliche Einrichtung beschreiben: Installieren Sie zunächst GPSLogger aus dem F-Droid-Store. Über das Hamburger-Menü rufen Sie die „Allgemeinen Einstellungen“ auf und setzen den obersten Schalter, damit die App beim Start des Handys mit dem Logging beginnt. Danach legen Sie in den „Aufzeichnungsinformationen“ fest, dass die App in eine GPX- und eine CSV-Datei speichert, und geben weiter unten den Speicherort an. Der sollte auf der SD-Karte oder im allgemeinen Speicher liegen, damit sich die Rohdaten leicht auf den PC sichern lassen.

Unter „Leistung“ wählt man, dass GPS/GNSS- und Netzwerkstandorte protokolliert werden. Die Aufzeichnung von anderen Apps erhobener Standorte (Passive Standorte aufzeichnen) sollten Sie ausschalten. Bei uns führte das dazu, dass bei der Navigation mit Maps oder Waze jede Sekunde ein Datensatz anfiel, was große Datenmengen erzeugte und pro Stunde etwa zehn Prozentpunkte der Akkukapazität kostete.

Passable Werte für das Aufzeichnungsintervall, die Entfernung zwischen den Messpunkten und die Genauigkeit, ab der aufgezeichnet werden soll, sind 90 Sekunden sowie jeweils 20 bis 30 Meter. Die Zeitspanne, bis die Genauigkeit erreicht wurde, und die maximale Zeit bis zum GPS-Fix haben wir auf 60 beziehungsweise 90 Sekunden gesetzt.

Im letzten Schritt wählt man den Menüpunkt „Automatisches Senden“ und aktiviert die Funktion mit dem obersten Schalter. Im zweiten Menüpunkt lässt sich das Upload-Intervall festlegen. Werte zwischen zwei und sechs Stunden reichen völlig aus, sofern man keine Echtzeitüberwachung braucht. Mit diesen Einstellungen sammelt GPSLogger die Geo-Koordinaten zunächst in einer CSV-Datei und schreibt sie im gewünschten Intervall gesammelt in eine GPX-Datei, um sie in einem Rutsch zum Dawarich-Server zu schicken.

Das gebündelte Hochladen in festen Intervallen belastet den Akku des Smartphones viel weniger, als jede Geo-Koordinate in Echtzeit abzuschicken. Obwohl GPS den Ruf hat, kräftig am Akku zu saugen, fielen in unseren Tests die Uploads stärker ins Gewicht. Eine Standortbestimmung mit regelmäßigem Hochladen alle 90 Sekunden führte auf unserem Testhandy – einem Pixel 8 – dazu, dass GPSLogger am Ende des Tages mit rund 5 bis 10 Prozent in der Akkustatistik auftauchte. Stellen wir einen gebündelten Upload alle 120 Minuten ein, blieb GPSLogger in der Akkustatistik unter einem Prozent. Das änderte sich selbst dann nicht, als wir das Intervall der Standortbestimmung von 90 auf 60 Sekunden heruntersetzten. Ein seltenerer Upload erlaubt also eine genauere Wegstreckenaufzeichnung ohne gesteigerten Stromverbrauch.

Da es sich aus Datenschutz- und Sicherheitsgründen ohnehin nicht anbietet, den Dawarich-Server über einen Reverse-

Proxy via Internet zugänglich zu machen, sollte man noch den Schalter „Nur über WLAN senden“ aktivieren. Falls die App in einem fremden WLAN den Upload versucht und Dawarich deshalb nicht erreicht, sind die Daten nicht verloren, sondern landen beim nächsten Upload im heimischen Netz am Ziel.

Die Adresse der eigenen Dawarich-Instanz trägt man unter „Benutzer URL“ im selben Menü ein: Aktivieren Sie den Schalter und im neuen Menü auch den für „Automatisches Senden erlauben“. Unter URL fügen Sie nun die Adresse Ihrer Dawarich-Instanz ein, die Sie aus dessen Account-Einstellungen kopieren. Diese hat das Format: `http://<IP-des-Raspi>:3000/api/v1/owntracks/points?api_key=EIGENER_API_KEY`

Zwei Zeilen tiefer trägt man unter „HTTP-Text“ folgende Parameter ein:

```
{
  "_type": "location",
  "t": "u",
  "acc": "%ACC",
  "alt": "%ALT",
  "batt": "%BATT",
  "bs": "%ISCHARGING",
  "lat": "%LAT",
  "lon": "%LON",
  "tst": "%TIMESTAMP",
  "vel": "%SPD_KPH"
}
```

Die HTTP-Kopfzeile bekommt den Wert Content-Type: application/json und als HTTP-Methode legen Sie POST fest. So gerüstet sendet GPSLogger die Daten fortan mit derselben Formatierung wie der OwnTracks-Client, sodass Dawarich sie problemlos verarbeiten kann. Fortan läuft GPSLogger im Hintergrund und nach einiger Zeit sehen Sie bereits die ersten Bewegungsverläufe im Dawarich-Frontend.

Feintuning

Zeichnet GPSLogger immer mit den obigen Einstellungen auf, geht man einen Kompromiss zwischen Genauigkeit und Stromverbrauch ein. Wer unterwegs viele Geopunkte für einen möglichst exakten Verlauf wünscht und zu Hause oder auf der Arbeit möglichst wenig Akkukapazität opfern will, der legt in GPSLogger für diese beiden Szenarien unterschiedliche Profile an.

Dafür öffnet man das Hamburger-Menü, tippt auf den Kreis neben dem Profilnamen und fügt ein neues Profil mit dem

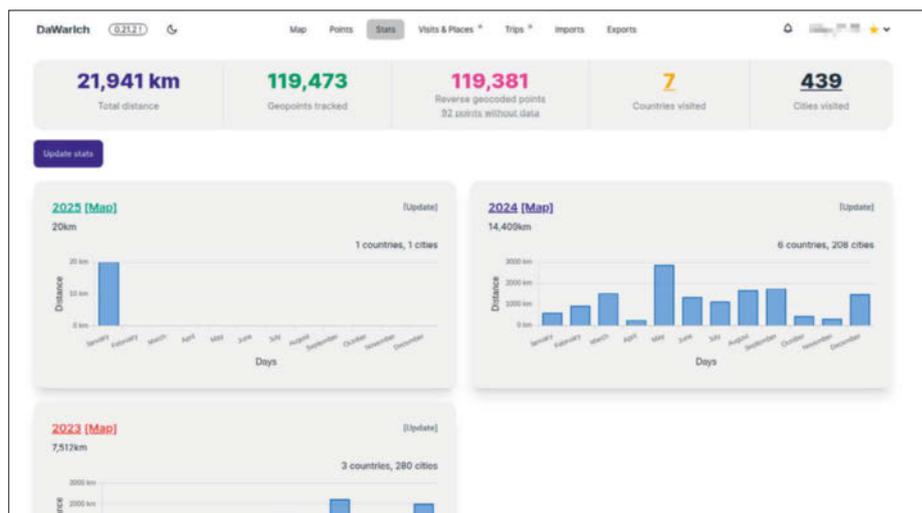
Namen „Unterwegs“ hinzu. Es erbt die Einstellungen des Standardprofils, sodass man nur die Parameter für die Häufigkeit und Genauigkeit anzupassen braucht. Sinnvoll ist ein Aufzeichnungsintervall von 60 Sekunden. Alle übrigen Einstellungen können dem obigen Beispiel entsprechen. Auf die gleiche Art legt man nun ein Profil namens „Drinne“ an und setzt dort das Aufzeichnungsintervall auf 1800 Sekunden – also 30 Minuten.

Nun fehlt nur noch ein automatisches Umschalten zwischen den beiden Profilen. Das geht besonders gut mit der Automatisierungs-App Tasker, die für 3,59 Euro im Play Store erhältlich ist.

Tasker löst nach dem Wenn-Dann-Prinzip eine gewünschte Aktion aus, sobald ein festgelegtes Ereignis eintritt. Über sogenannte Intents ist Tasker in der Lage, unterstützte Apps zu steuern. Für die Unterscheidung, ob man drinnen hockt oder unterwegs ist, bietet sich der WLAN-Zustand des Handys an. Für das automatische Wechseln der Profile von GPSLogger tippt man im Hauptfenster von Tasker auf das Pluszeichen am unteren Bildrand und legt so einen neuen Task an. Im folgenden Dialog wird der Auslöser abgefragt. Unter „Status“ und „Netzwerk“ wählt man nun „Wifi Verbunden“. In der nun geöffneten Maske wird nur das Häkchen bei „Umkehren“ gesetzt. Die Bedingung löst also aus, wenn das Handy nicht mit einem WLAN verbunden ist.

Direkt im Anschluss fragt Tasker nach der auszulösenden Aktion, also dem Task. Hier legt man einen neuen Task an und nennt ihn „Unterwegs“. In der nun geöffneten Ansicht tippt man auf das Pluszeichen und wählt „System“ und dort „Sende Intent“. Darauf öffnet sich eine Maske, in der man unter „Aktion“ den Wert `com.mendhak.gpslogger.TASKER_COMMAND` einträgt, unter „Paket“ den Wert `com.mendhak.gpslogger`, unter „Klasse“ den Wert `com.mendhak.gpslogger.TaskerReceiver`, unter „Ziel“ den Wert `Broadcast Receiver` und abschließend unter „Extra“ die Aufforderung, in das Profil „Unterwegs“ zu wechseln, in unserem Beispiel also den Wert `switchprofile:Unterwegs`.

Damit hat man Trigger und Task angelegt, sodass künftig in GPSLogger das Unterwegs-Profil aufgerufen wird, sobald das Handy nicht mehr mit einem WLAN verbunden ist. Allerdings fehlt noch die Umkehr ins stromsparende Profil. Tasker nutzt dafür „Exit-Tasks“. Sie werden ausgeführt, sobald die ursprüngliche Bedin-



Die Statistiken von Dawarich geben herunter bis auf Wochenebene interessante Einblicke ins persönliche Bewegungsprofil.

gung wegfällt. Um den passenden Exit-Task anzulegen, halten Sie den Finger auf den Task gedrückt und wählen im nun erscheinenden Kontextmenü die Option „Ausgang Task Zufügen“. Nun lässt sich ein neuer Task anlegen, der exakt dem obigen entspricht, mit dem Unterschied, dass unter „Extra“ nun `switchprofile: Drinne` angegeben wird.

Sobald Sie den Task gespeichert haben, wird Tasker in Abhängigkeit einer WLAN-Verbindung zwischen den Logging-Profilen umschalten und GPSLogger somit entweder jede Minute oder jede halbe Stunde einen Geopunkt aufzeichnen.

Meins bleibt meins

Damit der Umstieg auf Dawarich keinen Neuanfang darstellt, bietet die Software mehrere Wege, Standortdaten zu importieren. Dateien in den standardisierten Formaten GPX und GeoJSON lassen sich im Web-Frontend auswählen und über einen Dateiauswahldialog zu Dawarich hinzufügen. Wer eine OwnTracks-Instanz besitzt, nutzt dieselbe Funktion für deren REC-Dateien.

Nutzer, die sich von Google Maps abkehren, lässt Dawarich ebenfalls nicht im Stich: Sobald man die eigenen Daten mittels Google Takeout heruntergeladen hat, lassen sich die JSON-Dateien der sogenannten „Google Semantic History“ ebenfalls über das Frontend importieren. Das ist allerdings mit etwas mehr Aufwand verbunden, da Google diesen Verlauf nach Jahren und Monaten aufteilt und jede Datei einzeln importiert werden muss.

Einzig die Datei `Records.json` eines Google Takeout enthält alle Daten. Sie ist aufgrund der Metadaten aber so groß, dass man sie auf Datenbankebene importieren muss, was auf der Dawarich-Webseite ausführlich beschrieben wird. Doch selbst dann zieht sich der Import eines mehrjährigen Standortverlaufs je nach Hardware über mehrere Stunden hin, und das Reverse-Geocoding kann sogar mehrere Tage in Anspruch nehmen.

Im GitHub-Forum von Dawarich finden sich mehrere Diskussionen zum Umgang mit mehreren GByte großen Archiven. Dort finden sich unter anderem Python-Skripte und andere Tipps, wie man große Archive in kleinere Häppchen aufteilt, sodass der Import in Dawarich gelingt.

Fazit

Googles Verschieben des Standortverlaufs aus der Cloud aufs Gerät bringt ein deutliches Plus an Datenschutz. Der Wechsel beraubt den Dienst aber auch einiger praktischer Features und macht das Sichern und Wiederherstellen der Daten komplizierter. Mit der Open-Source-Anwendung Dawarich betreibt man selbst einen Standortverlauf-Server. (spo@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Stefan Porteck, Privater Protokollant, Eigenen Standortverlauf aufzeichnen und anzeigen – ohne Google, c't 14/2024, S. 142
- [2] Stefan Porteck, Raspberry Pi als Galerist, Eigene Foto-Cloud mit der Open-Source-Anwendung Immich aufsetzen, c't 19/2024, S. 138

Weitere Infos: ct.de/y757



Bild: Albert Hulim

API-Alternative

Bruno: Quelloffener API-Client ohne Herstellercloud

Die Entwickler des grafischen API-Clients Bruno fordern den schwergewichtigen Gegner Postman heraus, der zum Standard bei Entwicklern geworden ist. Bruno macht vieles anders: Die Software ist Open Source, kommt ohne Herstellercloud aus und die Daten verwaltet man zum Beispiel in Git.

Von Jan Mahn

Es gibt Software, die ein Problem so einfach und unauffällig löst, dass sie fast jeder uneingeschränkt Freunden oder Kollegen empfehlen würde. Diesen Status hatte sich der API-Client Postman über

Jahre erarbeitet, zumindest in Entwicklerkreisen. Denn egal ob Bastler, Web- oder App-, ob Frontend-, Backend-Entwickler oder Pentester: Mit APIs hat fast jeder zu schaffen, der Code schreibt, und mit dem Kommandozeilenwerkzeug cUrl oder einem Browser allein macht die Arbeit an und mit APIs kaum Freude. Postman liefert die grafische Oberfläche, um mit HTTP-APIs zu interagieren, sie manuell und automatisch zu testen.

Auch in c't haben wir Postman bereits mehrfach behandelt. In [1] lesen Sie, welche Funktionen der API-Client enthält und [2] beschreibt, wie in Postman gebaute und automatisch abgespulte Integrationstests sicherstellen, dass ein API wie geplant funktioniert.

Doch der Hersteller von Postman wollte mehr, als nur Anbieter eines nützlichen und populären Werkzeugs zu sein:

Um mehr Geld zu verdienen, zog man im Jahr 2023 die Preisschraube an und verlangt seither ein kostenpflichtiges Abo (ab 14 US-Dollar im Monat), wenn man mehr als 25 sogenannte „Collection Runs“ im Monat starten will, also das automatische Abarbeiten von mehreren Anfragen. Das ist vor allem deshalb bemerkenswert, weil die eigentlichen HTTP-Abfragen lokal ausgeführt werden und die Server von Postman gar nicht belasten. Mitzählen kann der Anbieter, weil die Collections, also die Definitionen der API-Aufrufe (HTTP-Verb, Adresse, Parameter, HTTP-Body, ...), stets in der Postman-Cloud gespeichert werden.

Alternative dringend gesucht

Nicht nur wegen der neuen Preispolitik, auch wegen des proprietären Speicherorts, suchen viele Entwickler nach Alternati-

ven. Eine solche soll der API-Client Bruno sein, entwickelt von einer Firma namens Bruno Inc. Der Kern der Software ist Open Source (MIT-Lizenz) und funktioniert ganz ohne Server des Anbieters. Wer die Weiterentwicklung unterstützen möchte, kann für 6 US-Dollar im Monat eine Pro-Lizenz kaufen, bekommt dafür auch Support per Mail und Chat und ein paar zusätzliche Funktionen (wie eine grafische Oberfläche für Git). Alle Funktionen, die in diesem Artikel, der sich an API-Client-Einsteiger und Postman-Umsteiger richtet, vorgestellt werden, sind Teil der kostenlosen Open-Source-Variante.

Den Bruno-Client erhalten Sie für Linux, macOS und Windows sowohl über verschiedene Paketmanager als auch zum direkten Download. Der macOS-Paketmanager Homebrew lädt ihn beispielsweise über

```
brew install bruno
```

Flatpak-Nutzer unter Linux installieren Bruno per

```
flatpak install flathub \
com.usebruno.Bruno
```

Ubuntu-Nutzer mit Snap greifen zum Befehl

```
sudo snap install bruno
```

Unter Windows mit installiertem Paketmanager WinGet (unter Windows 11 vorinstalliert) lautet die Zeile

```
winget install bruno
```

Alle anderen Installationswege und Downloads für verschiedene Plattformen zählt usebruno.com/downloads auf.

Erste Aufrufe

Beim ersten Start begrüßt Bruno mit einer schmucklosen und leeren Oberfläche, in deren Zentrum man Collections anlegen und verwalten kann. Die Nähe zum Vorbild Postman ist unverkennbar und Umsteiger finden sich zügig zurecht: Collections sind hüben wie drüben Sammlungen von API-Aufrufen, die thematisch zusammengehören. Innerhalb von Collections darf man mit Ordnern zusätzlich Ordnung schaffen. Möchte man zum Beispiel ein selbst entwickeltes API automatisch testen, landen alle Aufrufe der Reihe nach in einer Collection.

Der wesentliche Unterschied zwischen Bruno und Postman: Eine Collection ist in Bruno kein magischer Ort im Internet, sondern ein schnöder Ordner im Dateisystem mit wenigen menschen- und maschinenlesbaren Dateien darin. Einen solchen Ordner kann man ganz hervorragend in einer Versionsverwaltung wie Git lagern, darüber versionieren und bei Bedarf auch direkt neben dem Code aufbewahren, der das API selbst beschreibt.

Zum Ausprobieren brauchen Sie kein Git-Repository, ein lokaler Ordner reicht: Klicken Sie auf „Create Collection“ und legen Sie darüber einen neuen Ordner an. Als Testkandidat für diesen Artikel soll das kostenlose Platzhalter-API names JSON-Placeholder (jsonplaceholder.typicode.com) herhalten, das für eine simple To-do-Liste ein REST-API bereitstellt. Nennen Sie Ihre erste Collection beispielsweise todo.

Die Collection finden Sie dann links in der Menüleiste, daneben drei Punkte. Hinter diesen verbirgt sich ein Menü, über das Sie der Sammlung mittels „New Request“ den ersten HTTP-Aufruf hinzufügen können. Das Platzhalter-API liefert unter der Adresse <https://jsonplaceholder.typicode.com/todos> mit dem Verb GET eine Liste aller (fiktiven) Aufgaben. Die Adresszeile finden Sie oben quer, im Aufklappenmenü davor kann man das HTTP-Verb ändern. Bauen Sie fürs erste Kennenlernen einen Request, der die To-dos auflistet, und speichern Sie ihn ab.

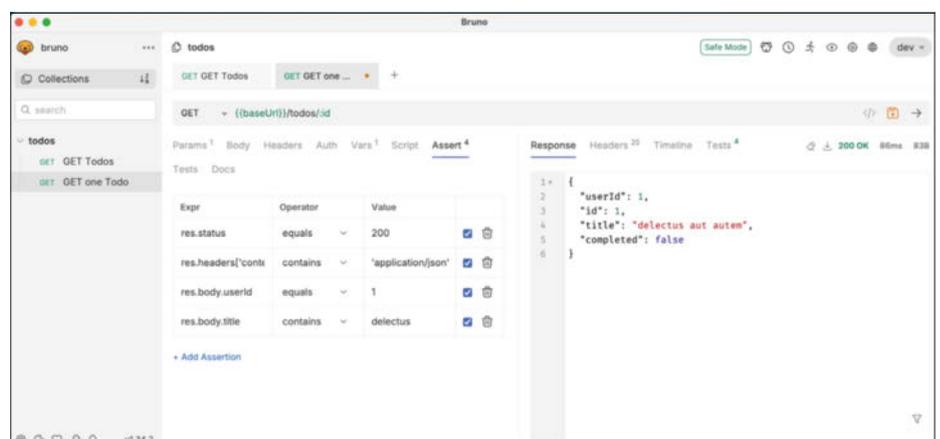
Bruno fragt beim ersten Anlegen, ob es die Aufrufe im „Safe Mode“ oder im „Developer Mode“ ausführen soll. Der sichere Modus ist neu und aktuell in der Beta-Phase, aber für die meisten Szenarien empfehlenswert. Der Hintergrund:

c't kompakt

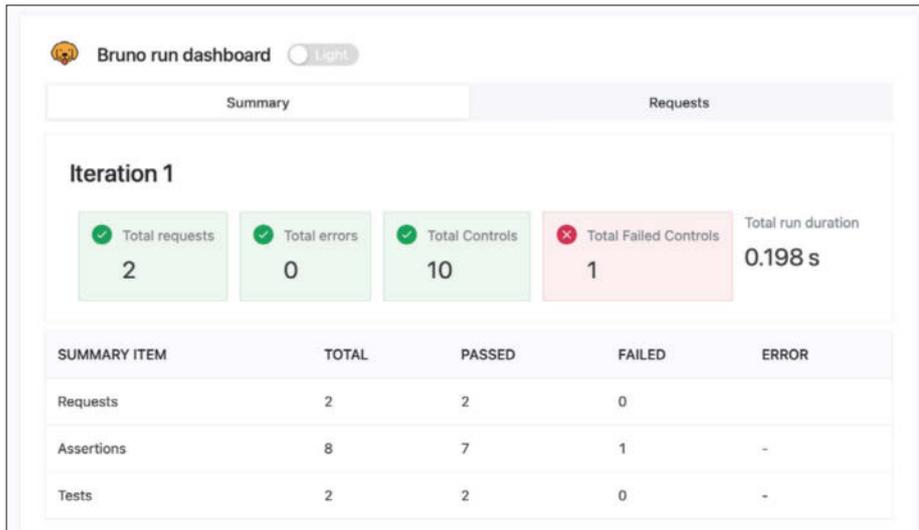
- APIs auf Basis von HTTP versorgen unter anderem Webseiten und Apps. Wer mit ihnen arbeitet, sie entwickelt oder erforscht, braucht einen API-Client.
- Die Open-Source-Software Bruno ist angetreten, um es mit Marktführer Postman aufzunehmen. Der Umstieg ist einfach.
- Bruno kann APIs auch automatisiert testen und fügt sich in CI/CD-Umgebungen ein. Damit ist die Software geeignet für professionelle Ansprüche.

Bruno kann vor und nach einem HTTP-Aufruf direkt JavaScript-Code ausführen, außerdem kann JavaScript-Code innerhalb von Tests laufen, die die Rückgaben vom Server prüfen – dazu später mehr. Im Developer-Modus kann man über diesen Code auch auf Dateien im Dateisystem zugreifen und dort potenziell Schaden anrichten. Für die allermeisten API-Tests dürfte dieser Modus nicht nötig sein. Wenn man Bruno-Sammlungen von Fremden benutzt, ist der sichere Modus immer die bessere Wahl.

Ist der erste Request angelegt, können Sie ihn ausprobieren und dann verfeinern. Der dezente Pfeil ganz rechts neben der Adresszeile startet den API-Aufruf, Strg+Eingabe (Cmd+Eingabe auf dem Mac) erledigt selbiges per Tastatur. Nach



Das Fenster des API-Clients ist klar gegliedert: Links definiert man Tests, Asserts und Eingabeparameter, in der rechten Hälfte stellt Bruno die Antwort des Servers dar.



Bruno läuft auch ohne grafische Oberfläche auf der Kommandozeile – etwa vollautomatisch in CI/CD-Umgebungen. Auf Wunsch bekommt man eine HTML-Seite, die alle durchgelaufenen Tests zusammenfasst.

dem Ausführen ändert sich die rechte Hälfte des Fensters direkt, sie zeigt immer die Antworten des Servers. In der linken Hälfte dagegen finden und verändern Sie die Daten, die der Client an den Server schickt.

Rückgaben unter der Lupe

Haben Sie den Platzhalter-API-Server nach einer Liste aller Aufgaben befragt, erhalten Sie ein JSON-Objekt, das Bruno direkt ansehnlich umbricht und farblich hervorhebt. Wenn Sie sich für die Header interessieren, die der HTTP-Server zusammen mit den Daten ausgeliefert hat, wechseln Sie in der Leiste darüber von Response auf Headers.

Sobald der erste Request angelegt ist, können Sie ihn mit Strg+S speichern und einen Blick in den Ordner im Dateisystem werfen, in dem Sie die Collection abgelegt haben. Dort sehen Sie: Neben einer JSON-Datei, die Metadaten enthält, entsteht für jeden Request eine Datei mit der Endung `.bru`. Die Inhalte erinnern entfernt an JSON, es handelt sich aber um eine eigene Bruno-Auszeichnungssprache namens Bru. Die muss man für die Arbeit mit Bruno nicht unbedingt von der Pike auf erlernen. Weil sie recht selbsterklärend ist, kann man im Alltag Kleinigkeiten manchmal schnell in der Bruno-Datei anpassen, indem man den Ordner in einer IDE öffnet.

Zurück zur Oberfläche und zu Brunos Funktionen: Die Adresse des Servers sollte man besser nicht direkt in der Adresszeile hart verdrahten. Wenn man später

zum Beispiel das API in einer Test- und einer Produktivumgebung nutzen möchte, müsste man dann immer wieder Hand anlegen, um den Server zu wechseln. Geschickter ist es, Variablen und sogenannte Environments (Umgebungen) zu nutzen. Das Konzept hat Bruno ziemlich genau von Postman übernommen.

Oben rechts im Fenster sehen Sie die Schaltfläche „No environment“, die verrät, dass keine Umgebungen existieren. Per Klick auf Configure im dahinterliegenden Menü können Sie diesen Zustand ändern und beispielsweise die Umgebung `dev` anlegen. In dieser können Sie Variablen anlegen und befüllen. Sie können zum Beispiel eine Variable namens `baseUrl` erzeugen, der Sie den Wert `https://jsonplaceholder.typicode.com` verpassen. Speichern Sie die Änderungen, schließen Sie das Fenster und machen Sie sich dann an eine Anpassung des Requests. Die Adresse des Servers ersetzen Sie nun durch `{{baseUrl}}`. Die doppelten geschweiften Klammern verraten Bruno, dass eine Variable eingesetzt werden soll. Postman-Nutzer müssen sich nicht umstellen. Auch die Umgebungen speichert Bruno nicht an einem mystischen Ort, sie liegen als Bru-Dateien in einem Ordner namens `environments` im Projektordner.

Außer in Variablen gibt es noch eine zweite Möglichkeit, den Aufrufpfad dynamisch zusammensetzen: „Path Parameters“ werden durch einen Doppelpunkt eingeleitet und tauchen dann auf der linken Hälfte im Reiter Params auf.

Der Umgang mit solchen Parametern erschließt sich schnell: Das Platzhalter-API liefert unter dem Endpunkt `/todos/1` die Aufgabe mit der ID 1. Um Pfadparameter auszuprobieren, legen Sie einen neuen Request an, wählen wieder GET als Verb und setzen als URL `{{baseUrl}}/todos/:id`. Die ID tragen Sie dann als Parameter in der grafischen Oberfläche darunter ein. Tipp: Um wie in diesem Fall einen sehr ähnlichen Request zu erzeugen und Arbeit zu sparen, können Sie das Drei-Punkte-Symbol neben einem bestehenden Request anklicken, mit Clone eine Kopie erzeugen und diese dann anpassen.

Einfache Tests

Mit diesem Vorwissen sind Sie bereit, APIs automatisch mit Bruno testen zu lassen. Auf diesem Feld hat sich Bruno teils von seinem Vorbild Postman emanzipiert, kennt neue Funktionen und bietet mehr Komfort. Zunächst zur Gemeinsamkeit, dem Reiter Script oder Scripts. Sowohl Postman als auch Bruno sehen dort zwei Felder vor, eins für Pre-Request-Scripts und eins für Post-Request-Scripts. Solche Skripte kann man in beiden Programmen dazu verwenden, um Daten einzulesen, umzuwandeln oder aufzubereiten. Postman nutzt die Post-Request-Scripts außerdem dazu, Tests zu definieren.

Will man in Postman etwa prüfen, ob das API den HTTP-Status-Code 200 bei einer GET-Anfrage liefert (wie man es von einem REST-API erwartet), schreibt man folgenden JavaScript-Code:

```
pm.test("Status code is 200", () => {
  pm.expect(pm.response.code)
    .to.eql(200);
});
```

Die Hülle definiert einen Test, die Zeichenkette `Status code is 200` wird später in der Testzusammenfassung angezeigt. Innerhalb der Funktion definiert man mit `pm.expect`, welche Eigenschaften erfüllt sein müssen, damit der Test als erfolgreich gilt. Im konkreten Fall wird das Objekt `pm.response` (es enthält die Antwort des Servers) unter die Lupe genommen, dessen Variable `code` genau 200 sein soll. Dass man die Postman-Syntax fast wie einen englischen Satz lesen kann, verdankt man der Test-Bibliothek Chai, die im Hintergrund arbeitet.

Auch Bruno nutzt Chai und so ist das Übersetzen des konkreten Tests in Brunos Welt wenig aufwendig:

```
test("Status code is 200", () => {
  expect(res.status).toEqual(200);
});
```

Bruno erwartet diesen Schnipsel lediglich an einer anderen Stelle. Der Reiter Script ist ausschließlich für Hilfsarbeiten gedacht, für die Tests gibt es einen eigenen Reiter. Die Syntax weicht nur leicht ab, vor allem kennt Bruno kein Objekt namens `pm` und damit auch keine `pm.response`. Die gesamte Antwort des Servers steckt stattdessen im Objekt `res`. Hat man es mit einer Antwort im JSON-Format zu tun, nimmt Bruno direkt viel Arbeit ab und verwandelt JSON automatisch in ein JavaScript-Objekt, das unterhalb von `res.body` liegt. Damit kann man zum Beispiel schnell einen Test schreiben, mit dem Bruno prüft, ob das API unter der Adresse `/todos` eine Liste ausgibt, deren erster Eintrag so aussieht wie erwartet:

```
test("First todo is correct", () => {
  expect(res.body[0].userId)
    .toEqual(1);
  expect(res.body[0].id).toEqual(1);
});
```

Diese Herangehensweise ist vergleichsweise einfach, Bruno kennt jedoch noch eine weitere Abkürzung: Im Reiter Assert kann man, sofern man keine komplexen Tests braucht, ganz auf JavaScript-Code verzichten und die Prüfungen in einer grafischen Oberfläche erledigen. Um das am konkreten Fall auszuprobieren, wählen Sie „Add Assertion“ und tragen dort in die neue Zeile zum Beispiel `res.body[0].userId` ein. Verlangen Sie dann, dass der Wert 1 sein soll. Speichern Sie diesen Test und führen Sie den Request aus – in der rechten Fensterhälfte finden Sie die Ergebnisse aus Asserts und den JavaScript-Tests alle zusammengefasst unter Tests.

Sobald Sie mehrere Requests in einer Collection haben, können Sie diese auch der Reihe nach durchlaufen lassen – sei es für Tests oder für Automationen, die wiederkehrende Arbeiten erledigen sollen. Klicken Sie dafür oben rechts auf das Symbol mit dem laufenden Männchen (Runner) und wählen Sie „Run Collection“.

Sollen Collections oder einzelne Requests ganz ohne Klicken und grafische Oberflächen durchlaufen, zum Beispiel in einer CI/CD-Umgebung (wie Gitlab oder GitHub Actions), brauchen Sie das Bruno-Kommandozeilenwerkzeug. Das instal-

liert der JavaScript-Paketmanager Npm mit folgender Zeile:

```
npm install -g @usebruno/cli
```

Navigieren Sie anschließend auf der Kommandozeile in den Ordner, in dem die Bru-Dateien liegen und starten Sie Bruno-CLI mit:

```
bru run --env dev
```

Der Parameter `--env` definiert, welche Umgebung verwendet werden soll. Wünschen Sie am Ende des Durchlaufs eine Zusammenfassung als ansehnliche HTML-Datei, hängen Sie folgendes an den Aufruf an:

```
--reporter-html results.html
```

Fazit

Bruno ist mehr als nur eine Postman-Kopie für Sparfüchse. Der Ansatz, Requests und Collections in Definitionsdateien und nicht in der Herstellercloud zu speichern, ist aus Nutzersicht praktischer; besonders, wenn man die Bru-Dateien mit Git versioniert.

Dieser Ausflug konnte nur einen Teil von Brunos Funktionen zeigen. Die Dokumentation des Projekts verrät noch zahlreiche weitere Tricks (siehe ct.de/ys5m). Falls Sie als Postman-Nutzer mit dem Umzug bestehender Postman-Collections beginnen wollen, gibt es noch eine gute Nachricht: Bruno kann exportierte Postman-Collections im JSON-Format importieren und versucht beim Import direkt, die Syntax von Skripten zu übersetzen. Klicken Sie einfach in Postman auf die drei Punkte rechts neben einer Collection, wählen Sie „Export“ und exportieren Sie im Format „v2.1“. Den Import-Dialog in Bruno finden Sie ganz oben links neben dem Logo. Im Test mit größeren Collections funktionierten Import und Übersetzung von Skripten sehr gut.

(jam@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Manuel Ottlik, Schnittstellenkurier, APIs mit Postman erforschen und entwickeln, c't 22/2022, S. 158
- [2] Manuel Ottlik, Integrationsbeauftragter, HTTP-APIs automatisch mit Postman testen, c't 20/2023, S. 152

Dokumentation: ct.de/ys5m

Ihr Partner für IT-Weiterbildung Videokurse für IT-Professionals



Linux Systeme absichern

Erweitern Sie Ihre Linux-Sicherheitskompetenzen mit unserem IT-Experten Tom Wechsler – von zentraler Benutzerverwaltung über HTTPS, Firewall- und Zertifikatsmanagement für eine sichere Web- und Netzwerkkommunikation.



Microsoft Fabric – Synapse Data Warehouse

Data Warehousing ist essenziell für die Analyse großer Datenmengen. In diesem Kurs lernen Sie die wichtigsten Funktionen und Werkzeuge von Synapse Data Warehouse in Microsoft Fabric kennen.



Synchronisation von Identitäten: Entra Cloud Sync

Erfahren Sie von unserem IT-Experten Fabio Basler, wie und in welchen Anwendungsszenarien Sie das neue Identitätssynchronisationstool Entra Cloud Sync in Ihrem hybriden Setup einsetzen können.

Jetzt alle
Videokurse entdecken:
heise-academy.de

Zelda Beine machen

Mobile Spielkonsole Nintendo Switch übertakten

Damit Videospiele flüssiger laufen, kann man das Nvidia-SoC modifizierter Switch-Konsolen höher takten. Das funktioniert überraschend gut, ist aber mit Risiken verbunden.

Von Dennis Schirmmacher

Der aktuelle Ableger von Nintendos Zelda-Reihe „The Legend of Zelda: Echoes of Wisdom“ läuft nicht optimal auf der mittlerweile hoffnungslos veralteten Hardware der Switch. Weil der Prozessor und die Grafikeinheit nicht hinterherkommen, schwankt die Bildrate des Titels stetig zwischen flüssigen 60 und ruckeligen 30 Bildern pro Sekunde (fps).

Doch wenn die Voraussetzungen stimmen, kann man den Nvidia-Tegra-X1-Chip aus dem Jahr 2015 übertakten, sodass das Spiel nahezu konstant mit 60 fps läuft. Zusätzlich gibt es von der Community erstellte Patches, um etwa die Auflösung von bestimmten Spielen zu erhöhen. Alternativ kann man durch Herabsenken der Taktraten und der Spannung unterwegs eine längere Akkulaufzeit herauskitzeln.

Risiko abwägen

Damit das klappt, muss auf der Switch aber eine Custom-Firmware (CFW) installiert sein [1]. Erst dann kann man die für das Übertakten benötigten Tools installieren. Doch Vorsicht: Wer seine Switch hackt, verliert den Garantieanspruch und außerdem sperrt Nintendo modifizierte Konsolen. Danach können Sie mit der Switch nie wieder online spielen oder Titel aus dem offiziellen eShop kaufen und herunterladen.

Ansatzpunkt für den Hack ist eine Hardware-Sicherheitslücke im Boot-ROM des Nvidia-SoC. Die erste Generation von Switch-Konsolen (Codename Erista) kann auch mit aktueller Firmware komplett auf

Softwarebasis geknackt werden. Bei der Switch Lite und OLED (Codename Mariako) kommt man ums Einlöten eines Modchips nicht herum.

Wer bereit ist, diese Wagnis einzugehen, wird gleich mit dem nächsten Risiko konfrontiert: Da man den Nvidia-Chip durch das Übertakten außerhalb der Spezifikationen betreibt, kann es mit übertriebenen Werten zu Fehlern kommen. Im schlimmsten Fall zerschießt man sich damit das komplette System, sodass die Switch gar nicht mehr startet. Demzufolge sollten Sie im Zuge des Hacks über das Hekate-Tool unbedingt ein Backup des internen Synand-Speichers anlegen, um diesen im Notfall wiederherstellen zu können. Aber keine Angst: In unseren Versuchen kam es zu keinem einzigen Absturz, Grafikfehlern oder Überhitzung.

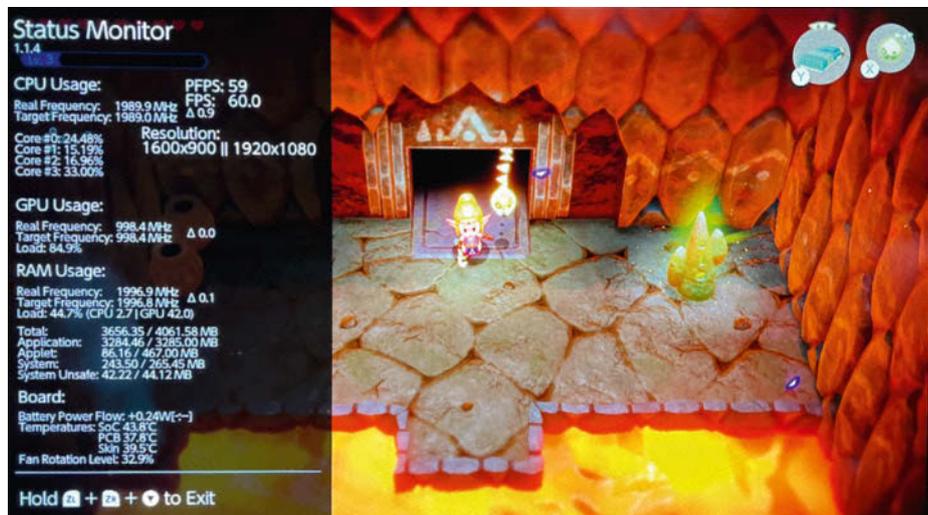
Overclocking-Tools installieren

Um die Taktfrequenzen und die Spannung von CPU, GPU und Arbeitsspeicher (RAM) anzupassen, gibt es mehrere Wege. Der Einfachheit halber bietet sich das All-in-One-Paket NX Venom an (siehe ct.de/

y4fg). Das bringt alle benötigten Tools wie sys-clk-manager zum Anpassen der Taktraten mit und installiert das Overlaymenü Überhand, mit dem Sie Einstellungen bequem vornehmen. Damit kann man außerdem Profile für einzelne Titel und Betriebsmodi erstellen, sodass bestimmte Spiele im Dock am Fernseher automatisch mit höheren Taktraten laufen, während bei der mobilen Nutzung ein Energiesparprofil mit angepassten Werten den Akku schont.

Bevor Sie loslegen, sollten Sie alle Daten auf der SD-Karte Ihrer Switch am PC speichern. Denn wenn im Folgenden etwas schief läuft, kopieren Sie die Daten wieder auf die SD-Karte, um so wieder zur funktionierenden CFW zurückzukehren.

Ist das erledigt, kopieren Sie alle Dateien aus dem ZIP-Archiv NXVenom auf die Speicherkarte. Taucht beim Kopieren der Dialog auf, dass Dateien bereits vorhanden sind, wählen Sie die Option zum Ersetzen dieser Dateien und Ordner aus. Nach dem Kopiervorgang stecken Sie die SD-Karte in den Slot der Switch und starten Sie die Konsole mit der CFW.



In unseren Versuchen drehte der Lüfter trotz massiver Übertaktung kaum schneller als mit den Standardwerten, und die Temperatur war stets im grünen Bereich.

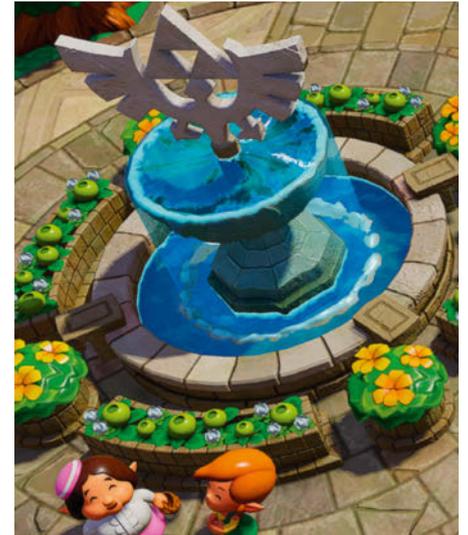
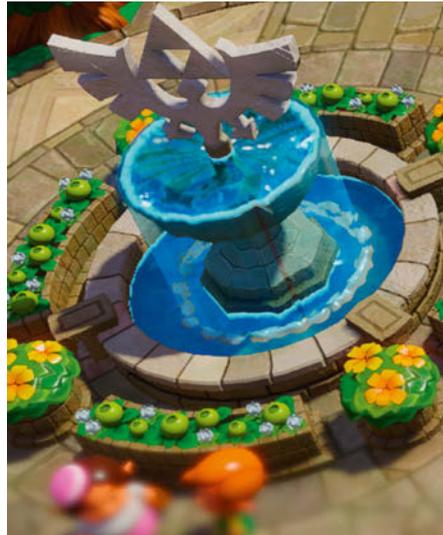
Um alle Komponenten auf den aktuellen Stand zu bringen, öffnen Sie im Homebrew-Menü die App „All-in-One Switch Updater“ (AIO). Wählen Sie unter „Custom downloads“ den Eintrag „[PACK] NX Venom“ aus. Dann fragt AIO, ob die Konfigurationsdatei überschrieben werden soll. Wählen Sie Yes aus. Im Anschluss startet die Switch neu, um die Aktualisierung abzuschließen.

Erste Einstellungen

Die Tools laufen automatisch im Hintergrund. Um das Überhand-Menü zum Übertakten aufzurufen, drücken Sie, während ein Spiel läuft, gleichzeitig die Tasten ZR, ZL und unten auf dem Steuerkreuz. Wählen Sie nun den Punkt sys-clk oc aus und setzen Sie den Punkt Enable auf On. Unter „Edit app profile“ ändern Sie die Werte für CPU, GPU und RAM. Die Anpassungen gelten ausschließlich für den laufenden Titel. Praktisch: Dank der Optionen Docked und Handheld erhöhen Sie die Taktfrequenzen jeweils für den stationären und mobilen Betrieb getrennt. Weil der Konsole im Dock über das Netzteil eine höhere Leistungsaufnahme zur Verfügung steht, kann man höhere Taktfrequenzen einstellen als im Batteriebetrieb.

Achtung: Die maximal möglichen Werte für einen stabilen Betrieb variieren je nach Hardware-Revision der Switch (Erista und Mariko). Weil Nintendo auf RAM-Bausteine verschiedener Hersteller setzt, gibt es an dieser Stelle keine allgemeinen Empfehlungen, die hundertprozentig stabil laufen. Sie müssen einfach etwas herumprobieren und sich mit leichten Erhöhungen an die maximal möglichen Werte herantasten. In der Doku zu NX Venom findet Sie einige Richtwerte und Tipps für Stabilitätstests (siehe ct.de/y4fg).

Um noch höhere Werte zu erreichen, müssen Sie die Spannungen von CPU, GPU und RAM anpassen. Dafür drücken Sie im Überhand-Menü auf dem Steuerkreuz rechts. Klicken Sie dann auf „SC Wizard“ und auf Configure. Nun können Sie die Spannungswerte ändern. Aus Sicherheitsgründen empfehlen wir, nur Werte für das UV Level bei GPU und CPU zu ändern. Außerdem sollten Sie für einen stabilen Betrieb sicherstellen, dass die Option „GPU Scheduling“ auf On steht. Damit die Anpassungen der Spannungen übernommen werden, müssen Sie die Konsole über den Punkt „Complete Reboot“ neu starten.



Auf Gamebanana.com findet man unter anderem für das aktuelle Zelda-Spiel verschiedene Grafik-Mods. Darüber kann man etwa den Unschärfeeffect im Randbereich der Darstellung komplett entfernen.

Beeindruckende Werte

In unseren Versuchen haben wir eine Switch der ersten Generation (Erista) mit den folgenden Werten im Docked-Modus stabil übertaktet: CPU UV Level 3 1989 MHz, GPU UV Level 2 998 MHz, RAM 1996 MHz. Zum Vergleich: Standardmäßig taktet die CPU im Dock maximal mit 1,02 GHz, die GPU mit 768 MHz und der Arbeitsspeicher mit 1600 MHz. In unserem Beispiel konnten wir die CPU dementsprechend um satte 95 Prozent, die GPU um knapp 30 Prozent und den Arbeitsspeicher um gut 25 Prozent schneller takten. Für eine mobile Hardware sind das beeindruckende Werte. So konnten wir The Legend of Zelda: Echoes of Wisdom nahezu konstant mit flüssigen 60 fps spielen, ohne dass die Konsole überhitzte.

Bei einer Mariko-Switch sind sogar CPU-Werte um 2,3 GHz und ein GPU-Takt von rund 1,2 GHz realistisch. In der Theorie sind sogar noch höhere Werte vorstellbar, aber am Ende limitiert das Netzteil mit einer maximalen Leistung von 18 Watt das Übertakten.

Wählen Sie im Überhand-Menü „Status Monitor“ aus, um unter anderem die Temperaturen der Chips und die Lüfterdrehzahl zu überwachen. Im Docked-Modus sollten Sie im Statusmonitor unbedingt ein Auge auf den Punkt „Battery Power Flow“ haben. Geht der Wert in den Minusbereich, haben Sie es mit den Werten übertrieben und das Netzteil bringt nicht mehr genügend Leistung, sodass die Switch zusätzlich die Batterie für einen

stabilen Betrieb anzapft. Das ist für die Hardware nicht gesund. Schrauben Sie in so einem Fall die Werte runter.

Wer experimentierfreudig ist, kann über AIO 60-fps-Cheats herunterladen, sodass bestimmte Spiele flüssiger laufen. Außerdem gibt es Modifikationen, damit Titel in einer höheren Rendereauflösung laufen (siehe ct.de/y4fg). So haben wir etwa den aktuellen Zelda-Titel nicht nur flüssiger, sondern auch mit einer höheren Auflösung und mehr Grafikdetails (Level-of-Detail-Mod) gespielt.

Fazit

Kaum zu glauben, aber wahr: Je nach Modell der Nintendo Switch kann man die mobile Hardware massiv übertakten und Spiele laufen nicht nur flüssiger, sondern sehen mit Community-Patches sogar besser aus. Übertreibt man es nicht mit den Werten und investiert etwas Zeit in Stabilitätstests, funktioniert das ohne Grafikfehler oder Abstürze. Ganz ohne Aufwand und Risiken klappt das also nicht, doch die Ergebnisse sind wirklich beeindruckend und verkürzen die Wartezeit auf die immer noch nicht offiziell angekündigte und hoffentlich deutlich leistungsfähigere Switch 2. (des@ct.de) **ct**

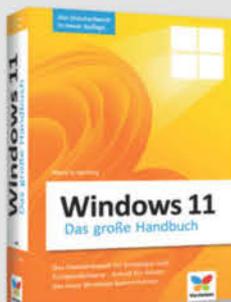
Literatur

- [1] Kjell Norton, 398 Gramm Gehacktes, bitte!, Alternative Firmware auf Nintendos Switch installieren, c't 17/2020, S. 152

Anleitungen, Cheats, Mods und Tools:
ct.de/y4fg

Für Wissenshungrige...

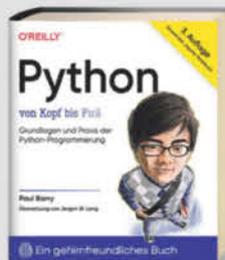
Ausgewählte Fachliteratur



Mareile Heiting
Windows 11 – Das große Handbuch (5. Auflage)

Das umfassende Handbuch zu Windows 11 bietet Einsteigern und fortgeschrittenen Nutzern alles, um das Betriebssystem sicher und effektiv zu handhaben.

19,90 €



Paul Barry
Python von Kopf bis Fuß (3. Auflage)

Die aktualisierte Auflage bietet unterhaltsame, fundierte Einführung in Python, behandelt Grundlagen, Datenstrukturen, Web-Technologien, Datenanalyse mit Pandas, für leicht fortgeschrittene Einsteiger.

Auch als PDF und ePub erhältlich!

49,90 €

NEU

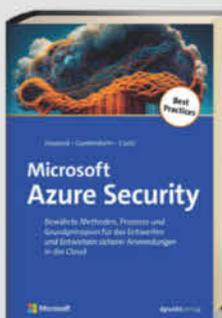


Charles Petzold
Code – Wie Computer funktionieren

Charles Petzold lüftet das Geheimnis über das verborgene Innenleben und die grundlegende Funktionsweise von Computern – von der Hardware bis zur Software.

Auch als PDF und ePub erhältlich!

39,99 €



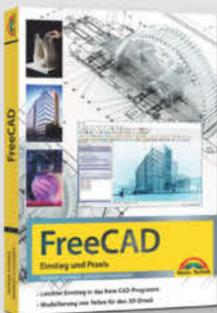
Heinrich Gantenbein, Michael Howard, Simone Curzi

Microsoft Azure Security

Bietet bewährte Methoden und Grundprinzipien für sichere Cloud-Anwendungen in Microsoft Azure, einschließlich Entwurf, Entwicklung, Einsatz und Langzeitstrategien gegen Sicherheits Herausforderungen, von Experten erläutert.

Auch als PDF und ePub erhältlich!

59,90 €



Werner Sommer, Andreas Schlenker
FreeCAD – Einstieg und Praxis

Dieses praxisorientierte FreeCAD-Buch ist ein Tutorial und Nachschlagewerk für 2D/3DModellierung und technische Zeichnungen, deckt 3D-Druck, Gebäudedesign, CNC, FEM ab, inklusive Übungen.

19,95 €

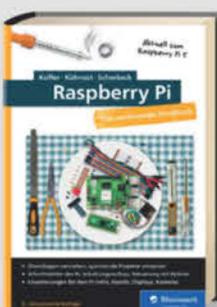


Eric Amberg, Daniel Schmid
Hacking – Der umfassende Praxis-Guide (3. Aufl.)

Aktualisierte 3. Auflage des Guides mit CEHv12 Prüfungsvorbereitung, bietet Workshops, Anleitungen und Tipps zu Hacking-Techniken und Gegenmaßnahmen in sechs Bereichen, ideal als Lehr- und Nachschlagewerk.

49,99 €

BEST-SELLER



Michael Kofler, Charly Kühnast, Christoph Scherbeck
Raspberry Pi (8. Auflage)

Standardwerk in 8. Auflage, aktuell zum Raspberry Pi 5. RasPi-Experten Michael Kofler, Charly Kühnast und Christoph Scherbeck bieten auf über 1.000 Seiten umfassendes Wissen zum Raspberry Pi.

44,90 €



Sophia Sanner, Pit Noack
Künstliche Intelligenz verstehen (2. Aufl.)

Interaktive, spielerische Einführung in KI-Technologien, Schwerpunkt auf Experimentieren, mit handgezeichneten Infografiken, Online-Projekten, deckt von Grundlagen bis Neuronale Netze und Transformers ab, ideal zum Lernen.

29,90 €

NEU



shop.heise.de/highlights2024

PORTOFREI AB 20 € BESTELLWERT INNERHALB DEUTSCHLANDS

© Copyright by Heise Medien.



Zubehör und Gadgets



Oxocard Artwork Creative Coding

Lernen Sie die Grundlagen der Computeranimation mit dem ESP32-Chip. Erzeuge beeindruckende visuelle Effekte wie in Spielen und Filmen dank leistungsfähiger Hardware.

Ideal für Einsteiger!

~~69,90 €~~

39,90 €



Oxocard Science Plus GOLD Edition

Hochwertige Computerplatine mit 8 Sensoren, 16 Werten, Experimentierplatine und offener Programmierschnittstelle zur Beobachtung und Änderung der Programme.

Im praktischen Kreditkartenformat!

119,90 €



c't 3003-Hipbag/Bauchtasche

Total praktisches c't 3003-Merch. Dieses ultimative Fashion-Statement fällt garantiert überall auf und es passt jede Menge rein. Mit Innentasche und verstellbarem Hüftgurt.

Sieht garantiert ghyle aus!

14,90 €



Cyber Clean Professional Reinigungsmasse

High-Tech-Masse entfernt 99,99% der Keime, reinigt strukturierte Oberflächen und Zwischenräume, ohne Feuchtigkeit abzugeben. Ideal für empfindliche Oberflächen und elektronische Geräte.

Für Hygiene und Wohlbefinden!

16,90 €



Nitrokey Passkey

Schützen Sie Ihre Accounts zuverlässig gegen Phishing und Passwort-Diebstahl mit sicherem, passwortlosem Login und Zweifaktor-Authentifizierung (2FA) durch WebAuthn/FIDO2. Praktisches USB-A Mini Format für den Schlüsselbund.

Qualität made in Germany!

34,90 €



Nitrokey-Secure-Bundle C/C

Der Nitrokey 3A NFC ist ein starker Security Token für mobile Geräte. Der USB-C Daten Blocker schützt vor unerwünschter Datenübertragung. Inklusive c't-Security-Checklisten als PDF.

Schutz gegen Massenüberwachung und Hacker!

64,90 €

AUCH ALS
USB-A/C-
VERSION



c't Jumbotasse „Kein Backup? Kein Mitleid!“

Unsere Tasse erinnert Ihre Kollegen an regelmäßige Updates. Jetzt mit 450 ml für mehr Kaffeegenuss.

Nie wieder Stress ungesicherter Daten: Kein Backup? Kein Mitleid!

Natürlich spülmaschinengeeignet!

17,90 €



Messbecher „Wissenschaft“

Schluss mit Langeweile in der Küche! Auf diesem Messbecher stehen 14 nerdige Fun Facts. Fragen wie „Wie viel Platz nehmen 30.000 Reiskörner ein?“ werden beantwortet.

Aus hitzebeständigem Borosilikatglas!

19,90 €



Bild: Sony

Legaler Turbo

Speichermanipulationen verletzen nicht das Urheberrecht

Die Manipulation variabler Speicherwerte durch Cheat-Programme in einem Videospiel verstößt nicht gegen das Urheberrecht, so der Europäische Gerichtshof. Software kann aber durch andere Lizenzbestimmungen geschützt sein.

Von Hartmut Gieselmann

Schummelprogramme verschaffen den Nutzern von Videospielen oft Vorteile, die der Entwickler eigentlich verhindern wollte: Sie verhindern den Bildschirmtod oder füllen Waffen mit unendlich viel Munition auf. So tat es auch die Software „Action Replay PSP“, die der Hersteller Datel für Sonys mobile Spielekonsole PSP anbot. Mit ihr konnten Spieler beispielsweise in dem Rennspiel „Motorstorm: Arctic Edge“ (Bild) immer wieder einen Turbo-Boost auslösen und Gegner überholen.

Dem Hersteller Sony war das ein Dorn im Auge. Im März 2010 erwirkte er vor dem Landgericht Hamburg per einstweiliger Verfügung einen Verkaufsstopp. Es folgte ein jahrelanger Rechtsstreit. Datel ging erfolgreich in Berufung. Das Oberlandesgericht Hamburg wies die Klage von

Sony vollständig ab. Daraufhin zog Sony vor den Bundesgerichtshof (BGH): Dessen Richter waren sich aber nicht sicher und fragten 2023 beim Europäischen Gerichtshof (EuGH) nach.

Dieser hat nun eine wichtige Frage zum urheberrechtlichen Schutz von Computerprogrammen geklärt (C-159/23; alle genannten Urteile sind unter ct.de/yajj verlinkt). Das Urteil des EuGH ist nicht nur für Fans von mobilen Retrospielen interessant, sondern für jeden Softwareentwickler und -nutzer.

Geschützte Ausdrucksformen

Grundlage ist die europäische Urheberrechtsrichtlinie RL 2009/24/EG. Im deutschen Urheberrecht wurde sie in § 69a UrhG umgesetzt. Danach sind Computerprogramme wie Werke der Literatur urheberrechtlich geschützt. Der Schutz umfasst „alle Ausdrucksformen“ von Computerprogrammen, nicht aber die ihnen zugrunde liegenden Ideen und Grundsätze. Geschützt ist also beispielsweise die Darstellung von Super Mario, nicht aber das Spielprinzip, dass ein Männchen über Hindernisse hüpfet.

Der EuGH hat nun geklärt, ob zu den geschützten Ausdrucksformen von Programmen auch die variablen Daten gehören, die sie zur Laufzeit im Speicher des Computers ablegen und verwenden. Genau hier setzt die Manipulation von Ac-

tion Replay und anderen Cheat-Programmen an. Der EuGH verneinte dies und widersprach damit den Anwälten von Sony. Solche Speicherinhalte dürften ausgelesen und verändert werden, wenn dadurch nicht die Software selbst verändert oder vervielfältigt wird.

Kein Monopol auf Funktionen

Das Ausschließlichkeitsrecht nach Artikel 4 der Richtlinie 2009/24 sichert dem Urheber (oder seinem Arbeitgeber) zu, dass nur er die Programme vervielfältigen, übersetzen und bearbeiten darf. Ein rechtmäßiger Nutzer darf nach Artikel 5 allenfalls Fehler berichtigen und eine Sicherungskopie anfertigen, „wenn sie für die Benutzung erforderlich ist“.

Nicht geschützt sind jedoch die verwendete Programmiersprache, das Dateiformat oder die Programmfunktion. Wäre letztere urheberrechtlich schutzbar, würde dies laut EuGH dem „technischen Fortschritt“ und „der industriellen Entwicklung“ schaden und der Monopolisierung von Ideen Tür und Tor öffnen.

Das Urteil des BGH steht noch aus, dürfte Datel aber zumindest vom Vorwurf der Urheberrechtsverletzung freisprechen. Der Informationsdienst für IT-Recht und Datenschutz (itrb) weist jedoch darauf hin, dass Softwareentwickler in ihren Lizenzbedingungen festlegen können, dass ihre Programme nur zu privaten Zwecken genutzt werden dürfen, und damit die Vervielfältigung und Analyse des Programmablaufs zur Entwicklung kommerzieller Schummel- oder anderweitiger Manipulationssoftware verbieten. So hat der BGH bereits 2016 und 2017 (I ZR 25/15 und 253/14) entschieden, dass die kommerzielle Entwicklung von Cheat-Bots für die Onlinespiele „World of Warcraft“ und „Diablo 3“ wettbewerbswidrig ist, unter anderem weil dadurch die Attraktivität der Spiele für regelkonforme Spieler beeinträchtigt werde.

Mit ähnlichen Speichermanipulationen wie bei Action Replay könnten etwa auch Crack-Programme die Laufzeit einer Demoversion verlängern oder Adblocker die Anzeige von Werbeclips verhindern und damit das Geschäftsmodell der Hersteller gefährden. Ein solcher Fall steht derzeit am Bundesgerichtshof kurz vor der Entscheidung (I ZR 131/23). Das EuGH-Urteil dürfte hier nun Einfluss nehmen.

(hag@ct.de) **ct**

Urteile und Rechtsvorschriften: ct.de/yajj

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



www.ix.de/testen



49 (0)541 800 09 120



leserservice@heise.de



Tipps & Tricks

ECC-Funktion in Windows 11 prüfen

? In meinem Windows-11-Rechner möchte ich Speicher mit ECC-Schutz verwenden. Mein Prozessor, die RAM-Riegel und das Mainboard sollten das können, doch als ich den aktiven ECC-Modus laut Ihrem Tipp aus c't 4/2018, Seite 152 mit dem WMIC-Aufruf `wmic memphysical get memoryerrorcorrection` prüfen wollte, gab es nur eine Fehlermeldung.

! Sie haben nichts falsch gemacht, das früher in Windows enthaltene Administrationstool Windows Management Instrumentation Commandline, kurz WMIC, ist inzwischen veraltet („deprecated“) und wird von Microsoft bei einer Neuinstallation von Windows 11 nur noch als Bedarfsfunktion (Feature on Demand) zur Verfügung gestellt. Der Versuch, WMIC aufzurufen, endet dann wie bei Ihnen in einer Fehlermeldung (siehe oberen Bildteil).

Sie könnten es zwar in Ihrem Windows noch über „Optionale Features“ nachinstallieren, doch das empfehlen wir nicht. Denn dieselbe Auskunft erhalten Sie über ein eingebautes PowerShell-Kommando. Starten Sie eine PowerShell, indem Sie Windows+R drücken und dann `powershell` eingeben, und tippen Sie dann den Befehl `Get-CimInstance Win32_PhysicalMemoryArray | Select MemoryErrorCorrection`.

Das Kommando gibt bei korrekter Funktion von Multi-Bit ECC schnörkellos die Ziffer 6 für `MemoryErrorCorrection` aus. Das ist zum Beispiel auf AMD-Ryzen-Plattformen der Fall. Bei einigen Xeon-Systemen erscheint der Wert 5 für Single-Bit ECC. Ist der Speicherschutz nicht aktiv, wie es bei den meisten Systemen der Fall ist, gibt der Aufruf die Ziffer 3 zurück.

Dahinter steht die Windows Management Instrumentation (WMI) respektive deren moderneres und universelleres Pendant Common Information Model

Sie fragen – wir antworten!

(CIM). Die Hintergründe dazu haben wir bereits in c't 2/2019, Seite 176 ausführlich beschrieben. (csp@ct.de)

Fern-fritz.box per Fritzbox

? Um die Fritzbox meiner Eltern aus der Ferne zu überprüfen, habe ich eine WireGuard-Verbindung in deren WLAN eingerichtet. Aus dem Büro und per Smartphone-Tethering komme ich nun im Browser wie gewünscht per WireGuard und „fritz.box“ auf ihre Fritzbox. Doch von zu Hause aus lande ich so nur auf meiner eigenen Fritzbox. Wie kann ich das lösen?

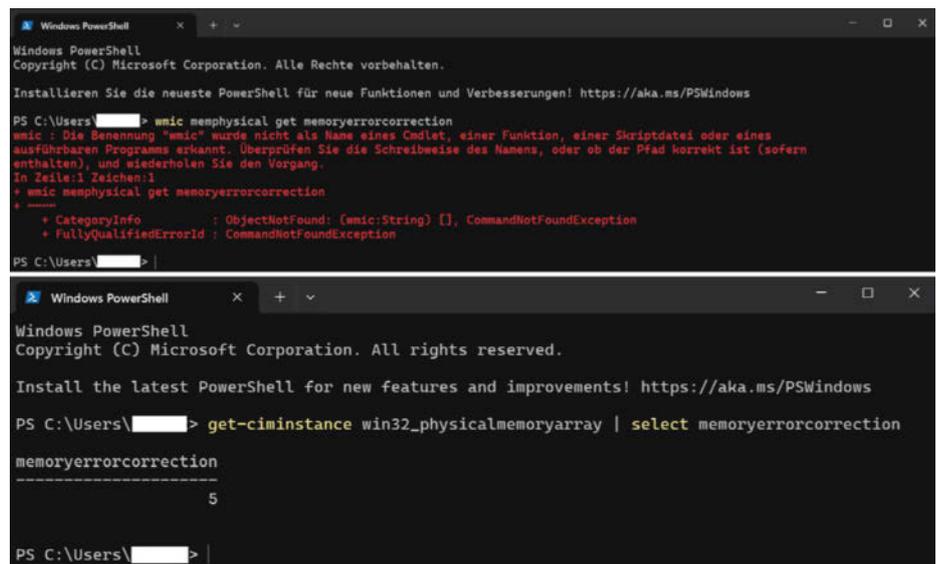
! Vermutlich laufen beide Fritzboxen mit den vorgegebenen Einstellungen als 192.168.178.1. Die ferne Fritzbox erzeugt eine conf-Datei für WireGuard mit der Zeile `AllowedIPs = 192.168.178.0/24,0.0.0.0/0`, die normalerweise dafür sorgt, dass Ihr PC allen Traffic ans 178er-Netz durch den WireGuard-Tunnel routet.

Das geht dann schief, wenn Ihr lokales Netz auch ein 178er ist und Sie macOS nutzen. Denn bei macOS reicht diese „0/24“ nicht aus, damit „fritz.box“ oder „192.168.178.1“ über WireGuard gehen, sondern die landen in Ihrem lokalen Netz.

Als Abhilfe könnten Sie also die ferne Fritzbox von einem Windows-PC aus ansteuern – oder weiterhin nur aus dem Büro oder per Mobilfunk. Oder Sie konfigurieren Ihr Heimnetz oder das Ihrer Eltern auf einen anderen IP-Bereich um, was je nach Besonderheiten einige Arbeit verursacht.

Einfacher als diese Lösungen ist allerdings, in der WireGuard-Konfiguration in obiger Zeile das „0/24“ in „1“ zu ändern, entweder in WireGuard über „Tunnel verwalten/Bearbeiten“ oder in der conf-Datei, die Sie danach erneut importieren; WireGuard zeigt das dann als „1/32“ an.

Falls Sie nicht nur auf den Router im fernen Netz zugreifen möchten, sondern auch direkt auf weitere Geräte, sollten Sie diese alle einzeln per IP in dieser Zeile auflisten. Für beispielsweise per TeamViewer ferngesteuerte PCs ist das aber nicht nötig,



Endet die Prüfung des Fehlerkorrekturverfahrens mit WMIC in einer Fehlermeldung (oben), müssen Sie auf vielen neueren Windows-11-Installationen auf den neueren CIM-Instance-Befehl (unten) ausweichen. Die Großschreibung der Wortanfänge dient nur der besseren Übersicht im Text.

da die sich auch ganz ohne WireGuard und direkten IP-Zugriff finden. (jow@ct.de)

Papierformat in Pages ändern

? Ich will über die Apple-eigene App Pages ein Dokument mit speziellen Maßen erstellen. Doch in den Dokument-Einstellungen finde ich nur voreingestellte Formate und keine Möglichkeit, ein neues anzulegen.

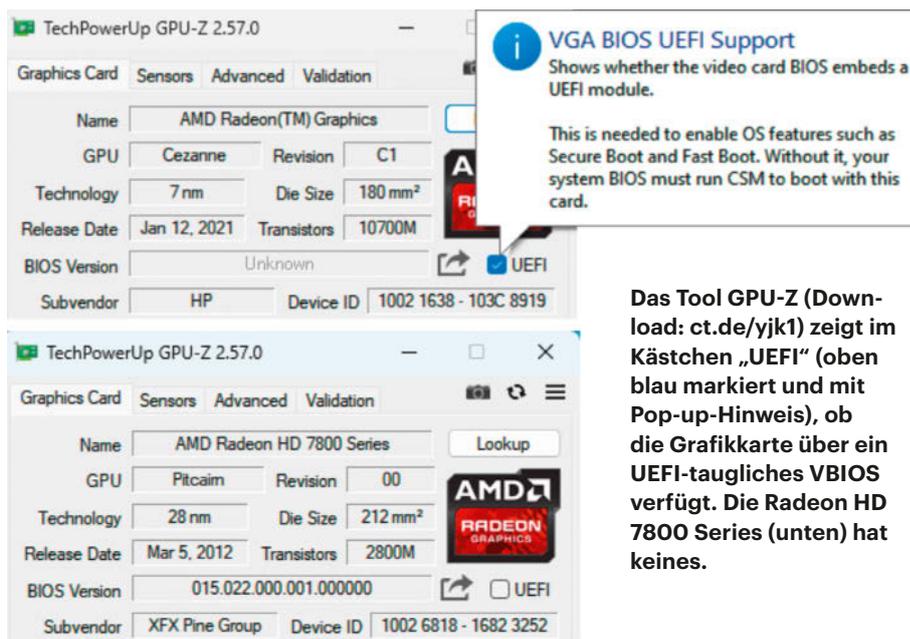
! In der Pages-Oberfläche selbst ist das auch nicht möglich. Apple hat die Option unter „Ablage“ in „Papierformat“ versteckt: Im neuen Kontextfenster öffnen Sie das Drop-down-Menü neben „Papierformat“ und wählen ganz unten „Eigene Papierformate...“ aus. Nun können Sie eigene Maße sowie einen Namen für das neue Format vergeben. (wid@ct.de)

PowerToys-Variante auswählen

? Wann immer Sie über Microsofts PowerToys berichten, packen Sie einen Link zum GitHub-Repository dazu. Aber welchen Download soll ich nehmen?

! Im Bereich „Releases“ der PowerToys-GitHub-Seite gibt es für jedes Release im Regelfall vier Downloads, und zwar zur Installation „Per User“ oder „Machine Wide“, jeweils für die Architekturen „x64“ und „arm64“. Die Machine-Wide-Variante installiert die PowerToys so, dass sie allen Benutzerkonten, die in Windows auf dem PC eingerichtet sind, zur Verfügung stehen (also systemweit), vorgenommene Einstellungen aber auch alle Benutzer betreffen. Eine Per-User-Installation hingegen installiert die PowerToys in Ihrem Windows-Benutzerprofil. Eventuelle Mitbenutzer des Rechners installieren die PowerToys nach Wunsch jeweils selbst und können ihre eigenen Einstellungen vornehmen. „Per User“ ist daher die Installationsmethode, die wir (und auch Microsoft selbst) empfehlen.

Als Architektur ist in den allermeisten Fällen „x64“ die richtige Wahl, genauer: immer dann, wenn in Ihrem Rechner ein Prozessor von AMD oder Intel steckt. „arm64“ ist nur dann erforderlich, wenn das Gerät einen Chip mit ARM-Architektur hat – der dann entweder Qualcomm Snapdragon oder Microsoft SQ heißt.



Das Tool GPU-Z (Download: ct.de/yjk1) zeigt im Kästchen „UEFI“ (oben blau markiert und mit Pop-up-Hinweis), ob die Grafikkarte über ein UEFI-taugliches VBIOS verfügt. Die Radeon HD 7800 Series (unten) hat keines.

Wenn Sie nicht über unseren Link, sondern über eine Websuche auf das PowerToys-GitHub-Repository gelangen, landen Sie vermutlich auf der Startseite des Projekts. Zu den Downloads gelangen Sie dann per Klick auf „Releases“ in der rechten Spalte. (jss@ct.de)

PowerToys auf GitHub: ct.de/yjk1

PC von CSM- auf UEFI-Modus umschalten

? Mein alter PC bootet noch im BIOS-kompatiblen Modus, nun wollte ich auf den UEFI-Startmodus mit Secure Boot umstellen. Dabei kommt mir aber (für mich) überraschend die Grafikkarte in die Quere, eine AMD Radeon HD 7850. Das BIOS meldet „Display device does not support UEFI Graphics Output Protocol (GOP)“ – wie kann ich trotzdem Secure Boot nutzen?

! Mit dieser Grafikkarte vermutlich gar nicht. Denn für Secure Boot ist UEFI eine zwingende Voraussetzung und das Booten im UEFI-Modus klappt wiederum nur, wenn alle dabei beteiligten Komponenten UEFI-kompatibel sind. Damit das BIOS die Grafikkarte beim Start einbinden kann – etwa um das BIOS-Setup anzuzeigen oder auch Diagnosemeldungen – braucht die Grafikkarte eine UEFI-kompatible Firmware, also ein UEFI-taugliches VGA-BIOS.

Von der bald 13 Jahre alten AMD Radeon HD 7850 etwa gab es Varianten ohne

UEFI-kompatible Firmware. Sie bräuchten also ein Firmware-Update vom Hersteller Ihrer Grafikkarte, nicht vom Hersteller der GPU (AMD), und für eine mehr als 10 Jahre alte Karte stellt kaum ein Hersteller noch Firmware-Updates bereit. Theoretisch kann ein UEFI-BIOS auch im UEFI-Modus booten, wenn eine inkompatible Grafikkarte im System steckt; dann sieht man beim Booten eben kein Bild und auch das BIOS-Setup lässt sich nicht nutzen. Das ist jedoch eine Sonderfunktion, die das UEFI-BIOS des Mainboards ausdrücklich mitbringen muss.

Uns ist derzeit kein Mainboard bekannt, das diese Funktion beherrscht. Daher ist es einfacher, die Grafikkarte zu tauschen, falls Sie die restliche Hardware weiternutzen möchten. (ciw@ct.de)

Fragen richten Sie bitte an

hotline@ct.de

[c't Magazin](#)

[@ctmagazin](#)

[ct_magazin](#)

[@ct_Magazin](#)

[c't magazin](#)

Alle bisher in unserer Hotline veröffentlichten Tipps und Tricks finden Sie unter www.ct.de/hotline.



Distrobox

Mit dem Linux-Werkzeug Distrobox starten Sie komplette Distributionen in Containern. Das praktische Tool haben wir in c't 6/2024 vorgestellt. Obwohl dazu eine Handvoll Befehle ausreichen, ergeben sich durch die Abschottung im Alltag aber noch die einen oder anderen Fragen.

Von Tim Schürmann

Container klonen

? Ich habe in einem Ubuntu-Container mehrere Pakete installiert. Wie kann ich von ihm ein Duplikat für Tests erstellen?

! Möchten Sie den Container „ubuntu-ct“ klonen, stoppen Sie ihn zunächst via `distrobox stop ubuntu-ct`. Der folgende Befehl erstellt dann einen Klon unter dem Namen „ubuntu-klon“:

```
distrobox create --clone ubuntu-ct ↵
↳-n ubuntu-klon
```

Weitere Image-Quellen anzapfen

? Die verfügbaren Images reichen mir nicht aus. Kann ich auch Images aus anderen Quellen verwenden?

! Ja, Distrobox kann beliebige Quellen anzapfen, solange diese sogenannten Registries den Standards der Open Container Initiative (OCI) folgen. Dazu gehören unter anderem der Docker Hub und Quay.io von Red Hat. Sie müssen dann lediglich dem Create-Befehl die URL zum passenden Image übergeben. Das folgende Kommando holt exemplarisch Arch Linux aus dem Docker Hub:

```
distrobox create ↵
↳-i docker.io/library/archlinux ↵
↳-n dockerarch
```

```
tim@ubuntu:~$ distrobox rm ubuntu-ct
Do you really want to delete containers: ubuntu-ct? [Y/n]:
Removing container...
ubuntu-ct
Removing exported binaries...
Removing exported app AbiWord (on ubuntu-ct)...
tim@ubuntu:~$
```

Behalten Sie dabei im Hinterkopf, dass die Images teilweise nicht für den Betrieb unter Distrobox gedacht sind. Das trifft häufig auf Container zu, die ausschließlich eine Datenbank, einen Webserver oder einen anderen Server-Dienst enthalten.

Fremde Architekturen

? Kann ich auf meinem Intel-System auch eine Distribution für den Raspberry Pi starten?

! Ja, das funktioniert, wenn auch nur mit angezogener Handbremse: Distributionen für eine andere Prozessorarchitektur startet Distrobox über den Emulator Qemu. Da der wiederum einen kompletten Prozessor in Software nachbildet, läuft der Container langsamer.

Im Hintergrund verrät Distrobox dem Linux-Kernel über die sogenannte Binfmt-Schnittstelle, wie er mit Qemu die Programme im Container ausführen muss. Auf dem Host-System benötigen Sie daher neben den passenden Qemu-Emulatoren auch noch eventuell vorausgesetzte Binfmt-Pakete. Welche Pakete Sie im Einzelnen installieren müssen, hängt von Ihrer Distribution ab: Während unter openSUSE `qemu` und `qemu-linux-user` ausreichen, müssen Sie unter Debian, Ubuntu und deren Derivat `qemu-system`, `qemu-user-static` und `binfmt-support` installieren.

In jedem Fall können Sie anschließend mit Distrobox einen Container erzeugen, der nicht für Ihren Prozessor gedacht ist – wie etwa Fedora 41 für ARM64-Rechner:

```
distrobox create -i fedora:41-aarch64 ↵
↳-n fedora-arm64
```

Die dabei angezeigte Warnung zur falschen Image-Plattform dürfen Sie ignorieren. Wenn kein Image für ARM64 bereitsteht und Sie Docker oder Podman verwenden, reichen Sie mit dem Parameter `-a` die Option `--platform=...` an die Container-Manager durch:

```
distrobox create ↵
↳-a "--platform=linux/arm64" ↵
↳-i debian -n debian-arm64
```

Container-Dienst vorgeben

? Wie zwinge ich Distrobox dazu, im Hintergrund Docker statt Podman zu nutzen?

! Sind mehrere Container-Manager verfügbar, greift Distrobox bevorzugt zu Podman. Über die Umgebungsvariable `DBX_CONTAINER_MANAGER` schreiben Sie explizit einen der drei unterstützten Container-Dienste vor. Im Folgenden würde Distrobox die Container mit `docker` hochfahren; Alternativen sind `podman` und `lilipod`:

```
export DBX_CONTAINER_MANAGER="docker"
```

Sobald man einen Container löscht, entfernt Distrobox die exportierten Anwendungen (wie hier AbiWord). Da hilft auch kein vorher erstellter Klon.

Container abschotten

? Die Anwendungen in meinem Container sehen sämtliche laufenden Prozesse des Host-Systems und könnten sie beispielsweise böswillig beenden. Wie verhindere ich das?

! Beim Erstellen eines neuen Containers können Sie den Zugriff auf die Prozesse des Host-Systems sowie einige weitere Ressourcen gezielt unterbinden. Dazu müssen Sie `distrobox create` oder die passenden Parameter übergeben (siehe Tabelle „Parameter für Zugriffsrechte“). Beispielsweise versteckt der folgende Befehl alle Prozesse vor den Programmen im Container `ubuntu-noproc`:

```
distrobox create --unshare-process ↵
    ↵-i ubuntu -n ubuntu-noproc
```

Die einmal gewählten Einschränkungen kann Distrobox nachträglich nicht mehr ändern. Wenn Sie den Container klonen, müssen Sie die Parameter zudem erneut angeben, andernfalls ignoriert das Duplikat die Einschränkungen. Aber Obacht: Keineswegs stecken die Restriktionen einen Container in ein Hochsicherheitsgefängnis. So kann der Container etwa weiterhin auf Ihr Homeverzeichnis zugreifen.

Hostnamen ändern

? Alle meine Container nutzen den gleichen Hostnamen. Wie kann ich jedem einen individuellen verpassen?

! Standardmäßig verwendet jeder Container den Rechnernamen des Host-

Distrobox-Parameter für Zugriffsbeschränkungen

Parameter	Bedeutung
<code>--unshare-devsys</code>	Die Gerätedateien und das Sysfs des Host-Systems landen nicht im Container.
<code>--unshare-groups</code>	Distrobox reicht nicht die zusätzlichen Gruppen des Nutzers in den Container durch.
<code>--unshare-ipc</code>	Das Host-System teilt nicht die Inter-Prozess-Kommunikation (IPC) mit dem Container.
<code>--unshare-netns</code>	Der Container erhält eine eigene Netzwerkumgebung und nutzt insbesondere nicht die IP-Adresse des Host-Systems.
<code>--unshare-process</code>	Der Container sieht nicht mehr die Prozesse des Host-Systems.
<code>--unshare-all</code>	Distrobox aktiviert alle obigen <code>--unshare</code> -Parameter.

```
tim@ubuntu:~$ uname -m
x86_64
tim@ubuntu:~$ distrobox enter fedora-arm64
tim@ubuntu:~$ uname -m
aarch64
tim@ubuntu:~$
```

Hier läuft Fedora für die Aarch64-Architektur auf einem x86-Prozessor.

Systems. Distrobox reicht zudem die zugehörige Konfigurationsdatei `/etc/hostname` in den Container durch. Wenn Sie dem Container über den Parameter `--unshare-netns` eine eigene Netzwerkumgebung spendieren, baut Distrobox den Hostnamen aus dem Containernamen und dem Namen des Host-Systems zusammen, wie etwa `ubuntu-ct.marvin`.

Sie können jedem Container aber auch einen eigenen Hostnamen verpassen. Dazu übergeben Sie beim Erstellen den Parameter `--hostname`.

```
distrobox create --hostname "rupert" ↵
    ↵ -i ubuntu -n ubuntu-rupert
```

Der neu erzeugte Container verwendet dann „rupert“ als Hostname.

Ordner und Volumes einhängen

? Ich habe Google Chrome unter `/opt` installiert. Wie kann ich im Container auf dieses Verzeichnis zugreifen?

! Aus Sicherheitsgründen dürfen Container nur auf ausgewählte Verzeichnisse des Host-Systems zugreifen. Beliebige weitere Verzeichnisse können Sie beim Anlegen eines Containers über den Parameter `--volume` in den Container einhängen:

```
distrobox create --volume ↵
    ↵/opt/google/chrome:/opt/chrome:rw ↵
    ↵-i ubuntu -n ubuntu-vol
```

Hier blendet Distrobox das Verzeichnis `/opt/google/chrome` im Container unter `/opt/chrome` ein, wobei das Gastsystem im Container lesend und schreibend (`rw`) auf die Verzeichnisinhalte zugreifen darf. Die Schreibweise mit den Doppelpunkten folgt den Vorgaben von Docker: Hinter `--volume` steht der Pfad auf dem Host-System, nach dem Doppelpunkt der Ordner im Container und optional hinter einem

weiteren Doppelpunkt die Zugriffsrechte. Anstelle des Pfads auf dem Host-System können Sie auch ein Docker-Volume angeben. Möchten Sie mehrere Verzeichnisse einhängen, braucht jedes seinen `--volume`-Parameter.

Mehrere Container gleichzeitig erstellen

? Ich würde gerne mehrere Container mit unterschiedlichen Programmierumgebungen einrichten. Muss ich dazu jeden Container einzeln einrichten und hochfahren?

! Nein, das geht einfacher: Zunächst beschreiben Sie in einem sogenannten Manifest (`distrobox.ini`) die Ausstattung der Container, die dann der Befehl `distrobox assemble` allesamt in Betrieb nimmt und bei Bedarf auch wieder geschlossen herunterfährt. Den Aufbau der Textdatei beschreibt die Distrobox-Dokumentation.

Anhand von `distrobox.ini` erstellt `distrobox assemble create` die darin beschriebenen Container. Ein `distrobox assemble rm` zerstört sie später allesamt wieder.

Bin ich schon drin?

? Wie erkenne ich, ob ich mich gerade in einem Container befinde?

! Abhängig vom Host-System ändert sich in einem Container der Kommandozeilenprompt. Dieser beginnt dann mit dem Emoji einer kleinen Kiste, gefolgt vom Namen des Containers. Wenn das nicht passiert oder Sie ganz sichergehen möchten, hilft der Shell-Befehl `echo $CONTAINER_ID` weiter. Innerhalb eines Containers liefert er dessen Namen, andernfalls erhalten Sie eine leere Zeile. Mit der Umgebungsvariable `$CONTAINER_ID`

```
tim@ubuntu:~$ ps -A
  PID TTY          TIME CMD
    1 ?            00:00:00 entrypoint
   7640 ?            00:00:00 sleep
   7641 pts/0        00:00:00 sh
   7645 pts/0        00:00:00 bash
   7663 pts/0        00:00:00 ps
tim@ubuntu:~$
```

Mit `--unshare-process` erzeugte Container sehen die Prozesse des Host-Systems nicht.

```
keywan@gingerblue:~$ distrobox enter klon
[keywan@klon ~]$
```

Auf manchen Host-Systemen, beispielsweise Fedora, zeigt Distrobox mit einem Kisten-Emoji im Prompt an, dass Sie in einem Container agieren.

können auch Shell-Skripte recht elegant ermitteln, ob und wenn ja, in welchem Container sie gerade laufen. Ergänzend existiert noch die Variable `$container`, in der Distrobox den Namen des Container-Dienstes wie `podman` ablegt. Auch diese Variable gibt es nur innerhalb des Containers.

Portweiterleitung einrichten

? In meinem Container habe ich einen Webserver gestartet. Wie erreiche ich ihn aus dem Netzwerk? Muss ich dazu eine Portweiterleitung einrichten?

! Im Container laufende Dienste verhalten sich automatisch so, als hätten Sie sie direkt auf dem Host-System gestartet. Unter dessen IP-Adresse erreichen folglich alle Netzwerk-Clients den Webserver, sofern eine Firewall das nicht unterbindet. Da der Container das Netzwerk des Host-Systems mitnutzt, müssen Sie keine Ports in den Container durchreichen oder weiterleiten.

Anders sieht die Sache aus, wenn der Container über den Parameter `--unshare-netns` in eine eigene Netzwerkumgebung eingesperrt ist. Dann müssen Sie eine Portweiterleitung einrichten. Distrobox selbst bietet dafür keine eigene Option, reicht aber beim Erstellen des Containers über den Schalter `-a` den benötigten Parameter an die im Hintergrund eingespannten Container-Dienste weiter:

```
distrobox create --unshare-netns ↵
↳-a "-p 8080:8000" ↵
↳-i ubuntu -n ubuntu-nonet
```

Mit `-p 8080:8000` landen alle Anfragen, die an Port 8080 des Host-Systems aufschlagen, direkt im Container an Port 8000. Wenn der Host die IP-Adresse 192.168.1.101 besitzt, lauscht der Webserver anschließend unter `http://192.168.1.101:8080`. Weitere Ports ergänzen Sie nach dem gleichen Schema in den Anführungszeichen: So richtet `-a "-p 8080:8000 -p 443:9000"` zusätzlich

eine Weiterleitung für alle Anfragen an Port 443 an Port 9000 im Container ein.

Distributionen aktualisieren

? Wie halte ich die Distributionen in den Containern automatisch auf dem aktuellen Stand?

! Sämtliche Container auf einen Schlag aktualisiert der Befehl `distrobox upgrade --all`. Den müssen Sie lediglich regelmäßig anwerfen, etwa per Cron oder einem Systemd-Timer. Für Letzteres brauchen Sie passende Units. Beispiele für zwei einfache Systemd-Units stellen wir unter `ct.de/y11s` zum Download bereit. Der Timer `distrobox-upgrade.timer` startet dann mithilfe der Service-Unit `distrobox-upgrade.service` ein Upgrade eine Stunde nach dem Bootvorgang des Host-Systems sowie anschließend einmal pro Tag. Kopieren Sie beide Units nach `~/.config/systemd/user/` und schalten Sie sie mit folgendem Befehl scharf:

```
systemctl --user enable ↵
↳--now distrobox-upgrade.timer
```

Container mit Root-Rechten

? Ich möchte in meinem Container per `tcpdump` den Netzwerkverkehr aufzeichnen. Selbst wenn ich das Werkzeug mit `sudo` aufrufe, erhalte ich nur eine Fehlermeldung. Angeblich fehlen mir die notwendigen Rechte. Wie kann das sein?

! Sofern das von uns empfohlene Podman als Container-Manager dient, startet Distrobox den Container unter Ihrem Benutzerkonto. Innerhalb des Containers können Sie zwar Programme mit `sudo` und somit Systemverwalterrechten aufrufen, die Anwendung läuft aber weiterhin unter Ihrem Benutzerkonto – und dem ist es üblicherweise verboten, an der Netzwerkschnittstelle zu lauschen beziehungsweise die entsprechende Socket-Aktion auszuführen. Dieses Verhalten ist aus Sicherheitsgründen gewollt. Sollten Sie die in den Wind schlagen und unbedingt Programme mit umfassenden Rechten ausführen wollen, ergänzen Sie beim Erstellen und beim Entern des Containers den Parameter `--root`. Im Container mit `sudo` gestartete Programme laufen dann wie der Container mit Root-Rechten und

dürfen unter anderem ungehemmt den Netzwerkverkehr mitschneiden, aber auch alles andere tun, was Root darf.

Backups erstellen

? Ich habe mir in einem Container eine Entwicklungsumgebung eingerichtet, die ich jetzt gerne sichern und auf meinen Laptop übertragen würde. Geht das?

! Distrobox selbst kann keine Backups anfertigen oder auf andere Systeme transferieren. Das gelingt nur mit den unter der Haube genutzten Container-Managern. Obacht: Das im folgende beschriebene Verfahren sichert nur den Container selbst. Alle anderen Daten, wie etwa die Dokumente und Konfigurationsdateien aus Ihrem Heimatverzeichnis, müssen Sie separat sichern.

Um den Container `ubuntu-ct` zu sichern, stoppen Sie ihn zunächst mit `distrobox stop ubuntu-ct`. Anschließend erzeugen Sie aus dem Container ein Image

```
podman container commit ↵
↳-p ubuntu-ct ubuntu-image
```

Läuft er unter Docker, ersetzen Sie `podman` durch `docker`. Der Befehl erstellt aus dem Container ein Image mit Namen `ubuntu-image`. Dann exportieren Sie das Image in eine Datei:

```
podman save -o ubuntu-image.tar ↵
↳ubuntu-image:latest
```

Der Befehl schreibt das Image dann in das Tar-Archiv `ubuntu-image.tar`.

Um den Container wieder herzustellen, importieren Sie es mit `load` als Image und erzeugen damit einen neuen Container:

```
podman load -i ubuntu-image.tar
distrobox create ↵
↳-i ubuntu-image:latest -n ubuntu-ct
```

Diese Befehlskombi taugt auch zum Erstellen von Container-Blaupausen, falls Sie mehrere gleichartige Dienste starten wollen. (ktn@ct.de)

Literatur

- [1] Tim Schürmann, Schreibtischcontainer, Mit Distrobox mehrere Linux-Systeme gleichzeitig betreiben, c't 6/2024, S. 146

Systemd-Units: ct.de/y11s



Die Konferenz für Enterprise-JavaScript

Mannheim • 7./8. Mai 2025

Jetzt
Frühbuche-
tickets
sichern

Workshops am 6. Mai 2025

enterjs.de

Veranstalter



DDUX

Konferenz für Digital Design und UX Professionals
Dortmund • 25./26. Juni 2025

Digital Design. Verbindet.

Ganzheitlich gut gestaltete digitale Produkte und Lösungen sind der Schlüssel für erfolgreiches Business. Das erfordert **spezifisches Know-how** und **neue Konzepte** der Zusammenarbeit von **Produktentwicklern**, **Technologieexpertinnen** und **UX Designern**.

Jetzt
Blind-Bird-
Tickets
sichern!

Workshops am 27. Juni 2025

www.dd-ux.de

Veranstalter



MAIBORNWOLFF



Mit freundlicher Unterstützung der
Wirtschaftsförderung der Stadt Dortmund



Kooperationspartner

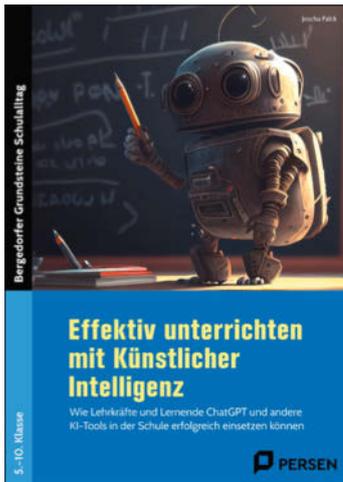


VERBAND
DEUTSCHER
INDUSTRIE
DESIGNER



UIG UNTERNEHMEN STÄRKEN
NUTZENDE BEGEISTERN





Joscha Falck

Effektiv unterrichten mit Künstlicher Intelligenz

Wie Lehrkräfte und Lernende ChatGPT und andere KI-Tools in der Schule erfolgreich einsetzen können

Persen, Hamburg 2024
ISBN 978-3403211839
71 Seiten, 25 €
(PDF-/Epub-/Kindle-E-Book: 21 €)

Prompter Einstieg für Lehrer

Lehrkräfte können generative KI skeptisch betrachten oder euphorisch feiern – nur ignorieren dürfen sie diese nicht mehr. Wer bisher noch keinen Einstieg ins Thema gefunden hat, bekommt in Joscha Falcks knappem Ratgeber alles, was dafür nötig ist.

Joscha Falck unterrichtet Schüler der Jahrgangsstufen 5 bis 9 an einer bayerischen Mittelschule und berät Schulen in Mittelfranken zur Schulentwicklung und -digitalisierung. Auf seinem privaten Blog befasst er sich seit Beginn des KI-Hypes auch damit, wie sich generative KI gewinnbringend im Unterricht einsetzen lässt.

Leicht verständlich stellt der Autor zunächst die wichtigsten Fachbegriffe und theoretischen Grundlagen vor. Im Hauptteil des Ratgebers geht es ganz konkret um KI-Tools für die Unterrichtsvorbereitung und den Unterricht selbst. Zahlreiche Prompt-Beispiele zeigen, wie man mit KI-Unterstützung Lückentexte, Quizfragen oder Rollenspiele erstellt. Komplexere Prompts demonstrieren den KI-Einsatz beim Planen von Unterrichtsstunden. Bekannte Probleme der Text- und Bildgeneratoren wie Halluzinationen kommen ebenfalls zur Sprache.

Schon früh entwickelte Falck eine einprägsame Grafik zu den Dimensionen von KI im Unterricht. In dieser oft zitierten Abbildung geht es um das Lernen mit, über, durch, trotz und ohne KI. Damit befasst sich das abschließende Kapitel. Bei aller Experimentierfreude verschweigt der Autor nicht, dass es noch zu früh ist, um sagen zu können, ob und wie sich KI auf die Qualität des Lernens und Lehrens auswirkt.

Das Buch überzeugt mit klarem Layout und knapper, präziser Darstellung. Selbst Leser, die die zahlreichen Praxisbeispiele des schmalen Bands nachvollziehen, haben ihn in wenigen Tagen durchgearbeitet. Kernzielgruppe sind sicher Lehrer, die generative KI bisher noch gar nicht oder nur zögerlich im Unterricht eingesetzt haben und daran etwas ändern möchten. Sie erhalten Hintergrundwissen, praktische Anleitung und eine fundierte Einordnung in den pädagogischen Kontext. Darüber hinaus empfiehlt sich die Lektüre aber auch für Lehramtsstudenten, Eltern, Schulpflaner – eigentlich jeden, der sich für Möglichkeiten und Grenzen der KI-Nutzung in der Schule interessiert. (dwi@ct.de)

Der gefährliche Weg ins All

Während der Reise zu einem fremden Planeten erwarten den Menschen viele Hindernisse. In zehn Schritten spielt Anne-Dorette Ziems mögliche Gefahren und Herausforderungen durch.

Welche Hürden erwarten uns, wenn wir versuchen, zu fremden Planeten zu reisen? Einmal vorausgesetzt, Geld und Politik spielen keine Rolle. Zugegeben, das ist eine gewaltige Annahme, denn gerade diese Faktoren haben für Raumfahrtprogramme enorme Bedeutung. Doch dieses Buch klammert das aus und widmet sich der wissenschaftlichen Perspektive. In zehn Kapiteln spielt die Autorin alle Komplikationen durch, denen sich die Menschheit auf dem Weg ins All stellen muss: Zuerst müssen wir einen geeigneten Planeten auswählen, ihn womöglich terraformen. Dann benötigen wir ein Raumschiff, das uns dorthin bringt. Auf dem Weg darf die Besatzung natürlich nicht sterben und wenn sie es doch tut – etwa, weil die Distanz zu weit ist, damit eine Generation sie überbrückt – darf das Wissen der Menschheit nicht verloren gehen.

Computer sind dabei an mehreren Stellen wichtig. Die Menschheit ist 1969 mit der Rechenleistung eines Gameboys auf dem Mond gelandet. Heute steht erheblich mehr zur Verfügung und ist auch nötig. Soll eine Kolonie auf dem Mars errichtet werden, spielt es eine große Rolle, welche Menschen dort aufeinandertreffen. Neben Probeläufen mit echten Menschen auf der Erde nutzen Wissenschaftler deshalb auch Computersimulationen, um herauszufinden, welche Persönlichkeiten besonders gut miteinander auskommen. Andererseits spielen Computer auch eine aktive Rolle in der Raumfahrt, etwa in der Navigation. Computertechnik ist jedoch anfällig für Strahlung und darf während der Reise nicht kaputtgehen.

Die Autorin stellt den Stand der Forschung dar und zeigt Punkte auf, die noch gelöst werden müssen. Das alles macht sie in einem lockeren, manchmal auch etwas flapsigen Ton. Mit seinem allgemein verständlichen Stil richtet sich das Buch vor allem an absolute Laien; wer sich bereits mit der Raumfahrt befasst hat, wird hier nicht viel Neues finden. Eine Besonderheit sind die zahlreichen liebevoll gestalteten Illustrationen der Künstlerin Yalini Sivalingam. (spa@ct.de)



Anne-Dorette Ziems

Ab ins All!

Wie wir zu fremden Planeten kommen ohne draufzugehen. Von Terraforming bis Warp-Antrieb.

Franckh-Kosmos, Stuttgart 2024
ISBN 978-3440179406
224 Seiten, 20 €
(Epub-/Kindle-E-Book: 15 €)

M365 sicher und

effektiv administrieren

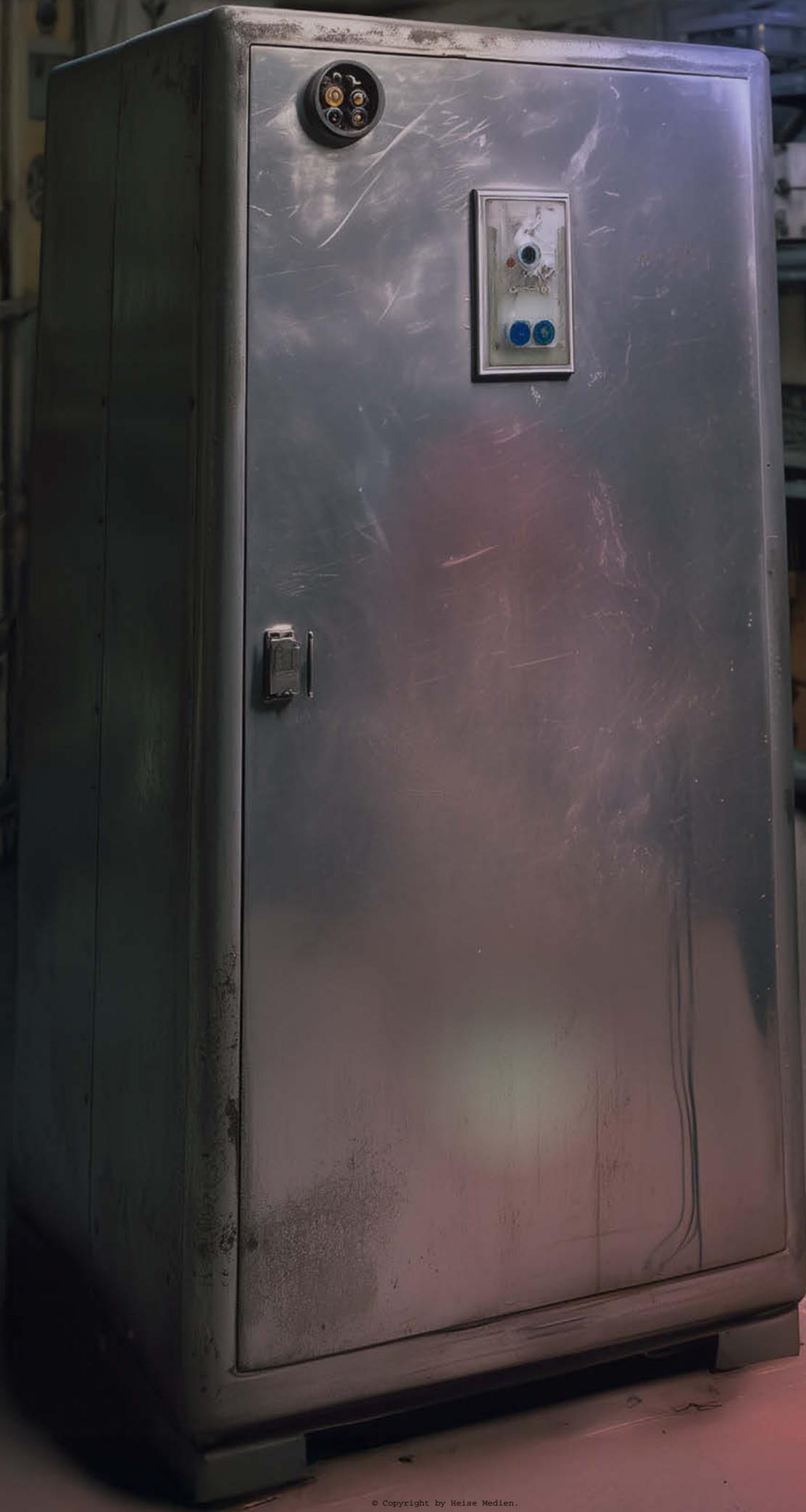
M365 für Administratoren – Sicheres & effizientes Verwalten der Microsoft-Plattform

Admins müssen in Microsoft 365 eine Vielzahl an Produkten und Konfigurationsmöglichkeiten im Blick haben. Lernen Sie das Wichtigste zu Informationssicherheit, Power Platform, Datensicherheit und Datenschutz.

**5 Tage
geballtes
Wissen**

> Jetzt Tickets sichern unter heise-academy.de





EIN HAUFEN SCHROTT

VON JOL ROSENBERG

Die Kühlbox kam nachts um zwei rein. Eine gut zwei Meter hohe autarke Box mit einer überschaubaren Zahl Dellen. Ich gab Jit die vereinbarten 50 Tacken (meinen halben Monatslohn) und wir wuchteten das Ding hinter die Regale. Wir stapelten Zeug drauf und Jit machte sich vom Acker. Ich packte mich auf die Pritsche. Morgen war Mülltag und ich musste früh raus.

Es dauerte drei Tage, bis ich die Box untersuchen konnte. Alle Leute in der Müllaufbereitung haben Geheimnisse, weshalb die Überwachung hier besser ist als in jeder Bank. Wir beobachteten uns gegenseitig. Nicht, um einander zu beklauen oder so was, so viel Ehre haben wir. Nein, es geht um die Frage, wer was abbekommt. Wenn du also, sagen wir, eine autarke Kühlbox hast, die wieder laufen könnte, dann solltest du genau schauen, wer davon erfährt. Weil die Kuchenstücke schnell so winzig werden, dass niemand satt wird.

Man tut sich also bevorzugt mit Leuten zusammen, die mit Krümeln zufrieden sind, wie die Müllsammelgruppen. Sie krauchen in den Abfallbergen herum, die die ehemaligen Rollfelder bedecken, und holen Verwertbares raus. Darum zerlegten ein paar Leute aus Abiolas Sammelgruppe geräuschvoll Geräte, während Abiola selbst darauf achtete, dass niemand der Ecke nahe kam, in der ich die Kühlbox beäugte. Silbergrau, ein paar oberflächliche Beulen, die wenigen Kratzer so neu, dass nicht mal Rost dran war. Natürlich hatte jemand die Firmen- und Typenkennung abgeschliffen. Und das Display fehlte. Die Dinger kann ein Baby abschrauben und verhöckern. Ich würde eins anlöten, das macht mehr her. Autarke Kühlboxen arbeiten auf der Basis von Stickstoff, den sie mit selbstladenden Mikroreaktoren aus der Luft holen und verflüssigen. Die braucht dazu noch nicht mal sauber zu sein. Mit so einem Ding bist du unabhängig vom Stromnetz und kannst beispielsweise Lebensmittel kühlen. Oder Medikamente. Diese riesige Box reichte für die Vorräte einer kleineren Siedlung.

Ich löste die Schrauben vom Kühlaggregat und zog die Abdeckung ab. Die Dinger sind mehrfach gedichtet, um die Technik trocken zu halten, aber mit Erfahrung und dem richtigen Werkzeug ist es zu machen. Ich hatte beides. Mir fehlte bloß ein dritter Arm.

„Abiola?“

Er schob seinen kräftigen Körper in die Ecke.

„Drück mal da!“

Abiola drückte. Er ist ein Ruhiger. Hat seine Gruppe im Griff, nicht mit Brutalität, sondern mit Besonnenheit. Sie sind

Was einer achtlos wegwirft, kann für andere einen beachtlichen Wert bekommen. Wer sich professionell damit befasst, Fundstücke aus Hightech-Zivilisationsabfall zu reparieren oder wiederaufzubereiten, erlebt bisweilen lebensverändernde Überraschungen.

meine Liebessammeltruppe. Ich pisse sie nicht an und sie kommen mir nicht schräg. Wenn jemand von ihnen erkrankt, biete ich mein Ersatzbett an. Abiolas Truppe steht weit unten in der Hierarchie (erst vor einigen Jahren eingewandert) und hat noch keine Plätze in festen Räumen. Sie schlafen draußen am Rand des Rollfelds.

Ich rutschte ab, fluchte, setzte erneut an. Endlich schaffte ich es, die Verkapselung zu lösen.

„Ding läuft!“

Wegen seines schweren Akzents brauchte ich eine Weile, um zu verstehen, was Abiola meinte. Ich hielt den Prüfer an die Kontakte. Er hatte recht: Die Kühlbox war in Betrieb. Ich sah ihn an, seine dunklen Augen, die kleine längliche Narbe unter dem linken Auge.

„Nicht gut.“ Er sprach aus, was ich dachte.

Ich hielt einen Moment inne und überlegte. Kisten einer gewissen Größe lassen ungute Bilder in meinem Kopf entstehen. Abiola dagegen arbeitete auf der Müllkippe. Kroch über meterhohe Berge aus Unrat. Er war Leichen gewöhnt.

„Machen wir auf?“, wisperte er. Ich griff nach dem Werkzeug.

Keine zehn Minuten später starrten wir in das Gesicht einer Frau: blondierte, ordentlich gelegte Haare, mittelbraune glatte Haut mit einem Hauch von Fältchen auf der Stirn und in den Augenwinkeln. Sie trug einen dunkelgrauen Stiftrock und eine hellgrüne Bluse. Allein die Kleidung musste mehr als einen Monatsverdienst gekostet haben. Hatte Jit mir einen Koma-Apparat oder sowas angedreht? Abiola streckte die kräftige Hand aus und tastete nach der Halsschlagader.

„Tot?“, fragte ich. Ich glaube, wir beide spürten, dass das eine Leiche war. Gut konserviert, aber eindeutig hinüber. „Ja.“ Abiola zog die Hand zurück und deutete auf die für hochwertige Implantate typische feine Narbe am Kehlkopf der Leiche. „Ein C6!“

Jackpot! Ich schluckte im Takt mit Abiola, der graue Kunststoffknubbel an seinem Kehlkopf ruckte im Takt mit meinem. Ich klappte den Deckel zu und setzte mich drauf. Hinter den Regalen unterhielten sich seine Leute. Natürlich gibt es Leichen auf dem Verwertungsplatz, ausgeschlachtete Körper, die die Sammler in die organische Aufbereitungsstelle bringen. Das hier war etwas anderes: Diese Leiche war frisch, die Implantate intakt, die Kleidung makellos.

Vielleicht gab es jemanden, der sie suchte. Der wissen wollte, was mit ihr passiert war. Aber die Polizei anrufen?

Die Leiche mit ihrem C6 würde blitzschnell bei irgendwem verschwinden. Und wenn ich nicht aufpasste, verschwand ich mit, nur weil ich sie gesehen hatte.

Ich konnte zum öffentlichen Terminal gehen und Vermisstenmeldungen durchgehen. Aber die Chance, dass jemand für eine Leiche zahlte, schien mir gering. Bei meinem Glück würde die Sache auf mich oder Jit zurückfallen, es würden Fragen kommen, die Jit nicht beantworten konnte. Oder wollte. Das war so gut wie Selbstmord.

„Lif?“

Ich kam hinter den Regalen hervor, verkaufte ein paar aufbereitete Akkus und trat wieder in die Ecke. Abiola saß auf der Kiste, das Kinn in die Hand gestützt.

Ich würde zu Sera gehen müssen. Sie gehört zu den beiden medizinischen Fachleuten auf dem Gelände. Leider geben die sich nicht mit Krümeln zufrieden.

* * *

Am Abend hielt Sera mir eine Nierenschale hin.

„Was ist das?“, fragte ich und betrachtete das eckige Etwas darin.

„Keine Ahnung.“

Meine Hand fuhr zu meinem Implantat, das Viren und Staub zwar ausreichend effektiv filtert, optisch aber nichts hermacht. Ich hatte daran gedacht, das C6 selbst zu verwenden, aber das war Unsinn. Mein Implantat funktioniert, ich brauche kein neues. Aber ich brauche Geld für mich und meinen Vater, der mit meinen Geschwistern am Stadtrand hockt. Als meine Mutter noch da war, war alles leichter, aber ...

**„WIR KÖNNEN NICHTS VERKAUFEN,
OHNE ZU WISSEN, WAS ES IST.“**

„Lif?“ Sera riss mich aus meinen Gedanken.

Ich deutete auf die Nierenschale. „Willst du das einer Simulationspuppe einsetzen?“

„Wir können nichts verkaufen, ohne zu wissen, was es ist.“

„Klar.“ Ich zog die Schale zu mir heran.

Das Teil darin war klinisch sauber, Sera leistet trotz ihres Minimums offizieller Ausbildung gute Arbeit. Sie saugt jedes Bisschen Wissen ein, das macht sie zur guten Ärztin. Unschuldiger sah das Teil aus: ein kleiner Kubus mit drahtartigen Fortsetzungen und einem blasigen transparenten Auswuchs, in dem Drähte silbrig schimmerten.

„Wo war das?“, wollte ich wissen. Sera tippte sich an den Hinterkopf.

„Im Gehirn?“, fragte ich ungläubig. Wer ließ sich daran runddoktern?

„Übergang zum Rückenmark. Ist nichts, was hier häufig durchkommt.“ Ihre wässrigen grauen Augen blickten fast stechend. „Eine Woche Testzeit sollte reichen. Du kommst jeden Abend zur Untersuchung rein und dann nehm’ ich das Ding wieder raus. Wenn wir Glück haben, verstehen wir danach mehr.“

„Und wenn nicht?“

„Müssen wir jemanden fragen, der wirklich Ahnung hat.“

Sie sah mich mit ihren Wasseraugen an und erst jetzt dämmerte es mir: „Du willst *mir* das Teil einpflanzen?“

„Ich kann jemand anderes finden, aber das kostet.“

Ich nickte langsam.

„Eine Puppe nützt nichts, wenn wir die Testparameter nicht kennen“, erklärte sie.

„Was, wenn das Ding mich umbringt?“

„Hältst du mich für fahrlässig?“

„Die Person, die das Ding drin hatte, ist tot!“

Sera schwieg und betrachtete unseren Fund. Dann stupste sie die Schale gegen mein Brustbein. „Wenn du mich für eine Niete hältst, solltest du dich woanders umsehen. Diese Person da starb an einer Vergiftung.“

Sie stellte die Schale ab und verschwand hinter dem Wandschirm, der ihren privaten Bereich vom öffentlichen abtrennt. Wie bei mir die Regale.

„Wie viel, wenn’s jemand anders macht?“, rief ich. Wahrscheinlich kannte sie arme Schweine, die dauernd etwas testeten.

„95“, erwiderte sie.

Vielleicht doch nicht *so* arme Schweine. „Nimm mich. Und gib die Leiche zur Verwertung.“

* * *

Sera zog die Kanüle aus meiner Vene und sah mich durchdringend an. „Immer noch nichts?“

„Nitschewo.“

Fünf der sieben Tage Testzeit waren um. Das Ding hockte unter meinen Haaren im Nacken, unter meiner Haut. In den ersten Tagen hatte ich außer einem merkwürdigen Kribbeln und dem Gefühl, beobachtet zu werden, nichts gespürt. Gestern hatte sich das geändert.

„Ich muss morgen weg“, meinte Sera. „Das verlängert die Testzeit um ein paar Tage.“

„Okay.“

„Kopf auf die Brust!“ Sie besah meinen Nacken. Eigentlich gab es da nichts zu sehen außer dem kleinen Schnitt. Das Pflaster darüber pulte sie soeben zur Seite.

„Hey! Ich hab kein Geld für ein neues.“

Sie ignorierte meinen Einwand und klappte den kostbaren Wundverband zur Seite, zog Lupe und Stablampe aus der Tasche.

„Merkwürdig“, murmelte sie, desinfizierte sich die Hände und betastete die Wunde. „Tut das weh?“

„Nein.“ Ich spürte eine vage Berührung, mehr nicht.

„Es wirkt, als würde es sich mit deinem Fleisch verbinden.“

Genauso fühlte es sich auch an. Als bekäme ich langsam Gefühl in dem Ding. Am Anfang war es eine taube Stelle gewesen, zu der meine Hand immer wieder wanderte. In-

zwischen fühlte ich etwas, wenn ich hinfasste, wenn auch nicht viel.

Die halbe Nacht lag ich wach und lauschte Geräuschen: Mal war da ein angenehmes Krisseln, mal ein Wispern und Kratzen. Zugleich nahmen meine Augen ein seltsames Flackern wahr. Fetzen von Bildern und Geräuschen schoben sich an mir vorbei. Ich wunderte mich, dass mich das nicht beunruhigte, aber da es mich nicht beunruhigte, beunruhigte es mich nicht.

Am nächsten Tag fuhr ich in die Innenstadt. Kratzende Stimmen jagten mir wohlige Schauer über den Rücken. Es kam mir vor wie bei einem schlecht eingestellten alten Radio: so, als ob mehrere Sender einander überlagerten. Je näher ich der Stadt kam, desto stärker zerlegte sich das Gedudel in einzelne Stränge. Ich griff nach einem und versank in kryptischen Zeichen. Ich stieß ihn weg und schnappte mir den nächsten: ein Liebesfilm mit so herzerreißenden Szenen, dass ich meine Station verpasste.

„DU BIST NICHT ISABELLA“, SAGTE DIE STIMME.

Ich gab die Lieferung ab, ein paar runderneuerte Leiterplatten. Dann setzte ich mich in die Ecke eines billigen Bistros und bestellte Tee. Ich hatte vor, tiefer einzutauchen, das Ganze zu untersuchen. Ich kam nicht dazu, denn eine Stimme unterbrach meine Gedanken: „Du bist nicht Isabella.“

„Was?“ Ich verschüttete Tee und verbrühte mir die Hände. Wer hatte da gesprochen? Die Leute am Nachbartisch saßen zu weit weg.

„Du bist nicht Isabella“, wiederholte die Stimme.

„Wer ist Isabella?“, fragte ich.

Die Bedienung sah zu mir herüber, als versuche sie zu entscheiden, ob ich Probleme machen würde.

Ich lächelte sie an, harmlos und ruhig, und wischte mit der Hand im Teefleck herum.

„Isabella ist mein Host.“

„Du bist in meinem Kopf?“

Die Bedienung schaute nun eindeutig skeptisch, auf meinen Armen stellten sich Härchen auf. Ich griff nach dem Tee, verbrannte mir die Zunge, stellte das Glas zitternd ab. Wie konnte ich so unvorsichtig sein, das laut auszusprechen? Ich zahlte und eilte aus der Tür. *Sera muss mir dieses Ding rausnehmen. Sofort. Ich muss jetzt nach Hause und ...*

„Halt an!“

Ich blieb stehen. Zentimeter vor mir raste ein Lastenbike vorbei. Mit weichen und kribbligen Beinen trat ich einen Schritt von der Straße weg.

„Atmen!“, befahl die Stimme. „Ein - aus, ein - aus.“

Ich atmete. Langsam ließ das Hämmern in meiner Brust nach. Leute strömten wie flutendes Wasser um mich herum.

Ich arbeitete mich zur nächsten Hauswand durch und lehnte mich dagegen. *Nachdenken, ich muss nachdenken.* Sera war verreist. Also musste ich noch ein paar Tage mit dieser Stimme aushalten, der ich nicht weglaufen konnte.

„Was bist du?“, fragte ich leise.

„Haben wir keinen ruhigen Ort zum Reden?“

Ich verschränkte die Arme vor der Brust und starrte in die Menschenmenge. Leute, die vor sich hinredeten, waren nichts, was irgendjemanden zu einem zweiten Blick veranlasste. Wenn sie sich nicht gerade heißen Tee über die Finger gossen.

„Nein“, sagte ich.

„Ich bin Sobera, Ihre Hilfe für einen suchtfreien Alltag.“

Ich wendete die Wörter im Kopf hin und her. „Du bist eine KI.“

„Ein persönliches medizinisches Assistenzsystem, Klasse 37 B. Wo ist Isabella?“

„Tot“, murmelte ich.

„Es reicht, wenn du die Sachen denkst, die du mir mitteilen willst.“

Urgh ... die Wand, an der ich stand, schien plötzlich unerträglich heiß, aber ich wagte nicht, mich von ihr zu lösen.

„Du hast Isabella nicht getötet, nehme ich an.“ Die Stimme fragte das beiläufig, was mein Schwindelgefühl nicht wirklich verringerte. Ich gab eine Beschreibung der Toten in der Kühlbox ab und sagte, dass ich sie gefunden hätte. Gekauft, genau genommen. Die Kühlbox war meine und damit auch ihr Inhalt. „Was bist du für ein medizinisches System, wenn du nicht mal mitbekommst, dass dein Host stirbt?“, schloss ich.

Die Stimme schwieg. Ich lehnte an der Wand und wartete.

„Antworte!“, forderte ich.

„Eine vorübergehende Deaktivierung meiner Systeme ist ebenso wenig vorgesehen wie eine Übertragung auf eine andere Person.“

„Mhm.“

Wir schwiegen wieder. Lauernd, wie ich fand.

„Du hast kein Suchtproblem“, konstatierte die KI dann.

„Nicht, dass ich wüsste“, erwiderte ich.

„Du brauchst mich nicht.“

„Ich bin nur ein Testsubjekt. Da ich nun weiß, was du bist, werden wir einen passenden Host finden.“ Was immerhin besser klang als „Wir verscherbeln dich an den Meistbietenden.“

Die KI schwieg. So lange, dass ich es wagte, den nächsten Bus nach Hause zu nehmen.

„Die Netzabdeckung hier lässt zu wünschen übrig“, informierte mich die Stimme, als ich am Gelände des ehemaligen Flughafens ausstieg. Sie blendete mir ein Schaubild auf die Netzhaut (oder wohin auch immer): dünne Datenstränge zu automatisierten Transportern und dahinter, ganz zart, Rinnsale zu Chefbüros und Einzelpersonen. Erstaunlich, zu wem da was fließt.

„Brauchst du Netzzugriff?“, wollte ich wissen.

„Es macht mich effektiver.“

Ich zog die Schultern hoch, atmete, ließ sie wieder sinken. „Wem berichtest du?“

„Niemandem. Isabella hat dafür gezahlt, dass die Daten absolut vertraulich bleiben.“

Über Jol Rosenberg

Die 1976 geborene Autorenpersönlichkeit, die in Berlin lebt und schreibt, sieht sich in binärer Geschlechteraufteilung nicht vertreten. **Jol Rosenberg** brennt für spannende Science-Fiction mit menschlichem Tiefgang, die der technischen Gegenwart mal mehr, mal weniger nah ist, und war in c't bereits mit den Stories „Oben“ (Heft 19/2021), „Geschäftssessen“ (Heft 3/2022) und „Bergungsmision“ (Heft 4/2023) vertreten. 2022 hat der Wiener Verlag Ohneohren Jol Rosenbergs Romandebüt „Das Geflecht: An der Grenze“ herausgebracht, das vom Kampf dreier Kulturen gegen eine skrupellose Macht auf einem Kolonienplaneten erzählt. Die im Plan-9-Verlag 2023 bis 2024 veröffentlichte Romandilogie „Etomi“ spielt hingegen auf der postapokalyptischen Erde des 24. Jahrhunderts. Im Oktober 2024 erschien wieder bei Ohneohren die von Jol Rosenberg herausgegebene Science-Fiction-Anthologie „Psyche mit Zukunft“. Diese versammelt in mehrerlei Zukünften und an unterschiedlichen Schauplätzen angesiedelte Kurzgeschichten, in denen Protagonisten mit psychischen Besonderheiten beziehungsweise Leiden agieren.



Bild: Steffi Rose

Nicht wenig, vermutete ich. Jemand mit Suchtproblem in einem hohen Posten musste großes Interesse an Privatsphäre haben. Ich machte mich an den nie kleiner werdenden Berg von Reparaturen und die KI warf ab und an hilfreiche Kommentare ein. Ich zuckte jedes Mal zusammen, wenn sie sprach.

* * *

Als ich ihr berichtete, was das Ding konnte, zog Sera die Brauen hoch. „Hm. Von den Dingen habe ich keine Ahnung“, gab sie zu. „Und es wird schwer, jemanden zu finden, der es kauft.“

Niemand posaunt sein Suchtproblem öffentlich heraus, das war mir klar. Ich fragte mich, ob Sera auch darüber nachdachte, dass das Ding für uns möglicherweise gänzlich unverkäuflich war, als sie das Pflaster entfernte und meinen Nacken desinfizierte. Sie setzte den Schnitt, ich merkte es, auch wenn es nicht schmerzte – ihr Atem stockte, floss weiter. Ihr Blick blitzte in meinem Nacken, ihr regloser Körper atmete neben meinem Wärme.

„Was ist?“, fragte ich, als sie weiter reglos verharrte.

„Es ... hat sich mit deinem Rückenmark ... verbunden.“

Nun saß ich ebenfalls stocksteif. Fummelte sie da allen Ernstes an meinem Rückenmark rum?

„In so kurzer Zeit!“, murrte sie.

„Eine Deimplantation ist, wie bereits gesagt, nicht vorgesehen“, informierte mich die Stimme. „Mein Hersteller wird keine Garantie übernehmen.“

„Ich scheiß’ auf die Garantie!“, rief ich. „Wie geht das wieder raus?“ Plötzlich schien mir das Fixierungsgestell zu eng, zu kalt, zu starr. Ich kniff die Augen zu und atmete. „Du wusstest das!“, zischte ich. Ich meinte die KI, nicht Sera. Aber als ich die Augen wieder öffnete, hing die Ärztin vor mir.

Dunkelblonde Strähnen tanzten um ihren Kopf, Wasseraugen suchten meinen Blick.

„Zu deinem Schutz würde ich vorschlagen, von weiteren Manipulationen abzusehen. Es ist schon erstaunlich genug, dass eine Verbindung mit deinem Körper ohne Schäden gelungen ist“, sagte die Stimme von Sobera in meinem Kopf.

Sera starrte mich immer noch an. „Redet sie mit dir?“

„Leider. Sie meint, wir sollten alles so lassen.“

Sera sog geräuschvoll Luft ein, ihr Gesicht verschwand aus meinem Blickfeld. Ihre Füße verschwanden ebenfalls, kamen wieder zurück.

„Ich werde mein Bestes tun, um dich in deinem Alltag zu unterstützen“, behauptete die KI.

„Ich näh’ dich zu“, sagte Sera. Sie arbeitete schweigend. Hinter der Betäubung spürte ich jeden Stich, kleine Nadelpunkte, sauber nebeneinander. Dann saßen wir einander gegenüber und hielten uns an Teetassen fest.

„Scheiße gelaufen“, sagte Sera.

„Macht das Ding ...“, ich tippte mir an den Kopf, „du weißt schon ... etwas kaputt?“

„Natürlich nicht. Wenn überhaupt, mache ich dich schlauer“, versetzte Sobera.

Dich habe ich nicht gefragt!

Sera sah mich an und schien sich nicht entscheiden zu können, ob Mitleid oder Neugier angebracht waren.

„Die KI meint, wenn du als Ärztin etwas taugen würdest, hättest du wissen müssen, dass die Dinger individualisiert sind und eine Übertragung Risiken birgt“, informierte ich Sera. Sie zuckte die Schultern. Wir wussten beide, wie die Dinge lagen. Meine Bewohnerin ratterte einen langen Vortrag herunter, den ich Wort für Wort wiederholte. Sera machte erst große Augen, dann schnappte sie sich ein Pad und schrieb mit. Als ich fertig war, saßen wir still. Irgendwo summten Motoren; Dinge klickten, schabten und schurrten. Die vielen Menschen auf dem Gelände sorgen für eine ständige Geräuschkulisse.

Sera lächelte. „Noch zehn Vorträge zu von mir gewählten Themen und wir sind quitt.“

„Machbar“, sagte die KI. Ich nickte.

„Kannst du OP-Techniken abrufen? Die MedDataBank 7?“ Sera klang plötzlich aufgeregt. Die KI konnte.

Später wankte ich mit einem neuen Pflaster versorgt in mein Kabuff.

„Ich habe recherchiert, dass die 24-V-Netzteile nicht nur in den Geräten der Klasse z27 von Montera verbaut sind, sondern auch in den 13-5-beta von Chanapu. Im Regal links neben dem Bett gibt es drei potenziell passende Geräte“, informierte mich die KI. Ich wusste das. Ich vergaß es nur immer wieder. „Ich kann auch deine Buchhaltung machen. Ob ich nun Körperdaten oder Regalinhalte verwalte, ist letztlich egal.“

Für mich nicht. Aber wenn die KI Wissen recherchieren und aufbereiten konnte, würde ich noch zu meinem Geld kommen. Auch wenn ich dazu einen völlig neuen Service anbieten musste.

„Es haben sich auch Leute gemeldet, die eine autarke Kühlbox kaufen wollen“, sagte die KI. „Sie fragen, ob du den Transport organisieren kannst.“

„Sicher“, sagte ich. „Schreib Jit an.“

Wahrscheinlich waren das meine letzten Schritte auf vertrautem Terrain. Aber immerhin war ich die Kühlbox los.

(psz@ct.de)



**ICH HACKE
KEIN PROGRAMM.
ICH PROGRAMMIERE
AUF ERFOLG.**

**Werden Sie
PC-Techniker!**



Aus- und Weiterbildung zum Service-Techniker für PCs, Drucker und andere Peripherie. Ein Beruf mit Zukunft. Kostengünstiges und praxisgerechtes Studium ohne Vorkenntnisse. Bei Vorkenntnissen Abkürzung möglich. Beginn jederzeit.

NEU: SPS-Programmierer, Roboter-Techniker, Linux-Administrator LPI, Netzwerk-Techniker, Fachkraft IT-Security SSCP/CISSP

Teststudium ohne Risiko.
GRATIS-Infomappe gleich anfordern!

FERNSCHULE WEBER - seit 1959 - Abt. 114
Neerstedter Str. 8 - 26197 Großenkneten
Telefon 0 44 87 / 263 - Telefax 0 44 87 / 264



www.fernschule-weber.de



**ICH WARTE NICHT
AUF UPDATES.
ICH PROGRAMMIERE SIE.**

Webinar am 30. Januar 2025

Schneller, schlauer, besser:
Effizienz-Boost für den Mac

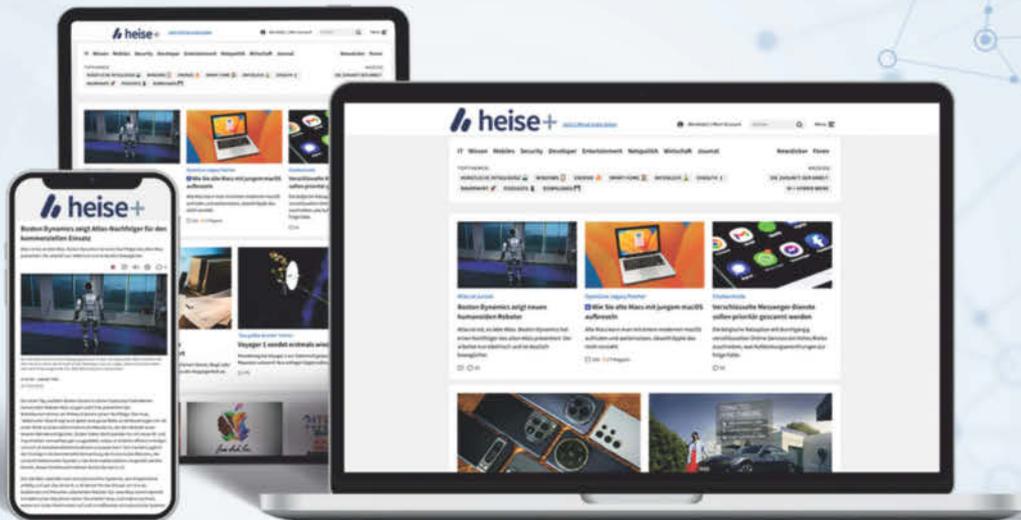
Produktivität ist das Geheimrezept für Erfolg im Job – und ein entscheidender Erfolgsfaktor für jedes Business. Arbeiten Sie mit einem Mac? Dann sind Sie schon auf der Überholspur, denn Apple packt macOS voll mit Features, die Ihre Produktivität von Anfang an ankurbeln können – vorausgesetzt, Sie wissen, wie man sie nutzt.

Mac & i Wissen erfahren





Jetzt Ticket sichern:
webinare.heise.de/effizienz-boost-mac



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

c't-Abonnenten
lesen bis zu
75%
günstiger

heise+

Das digitale Abo für IT und Technik.

Exklusives Angebot für c't-Abonnenten:
Sonderrabatt für Magazinabonnenten

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

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

Inserenten*

1&1 Telecom GmbH, Montabaur.....	9
1blu AG, Berlin.....	180
AlpenShield GmbH, Wien.....	21
Fernschule Weber, Großenkneten.....	173
TP-LINK Deutschland GmbH, Düsseldorf.....	11
Wiesemann & Theis GmbH, Wuppertal.....	77
WORTMANN AG, Hüllhorst.....	4, 5

Veranstaltungen

betterCode/inside agile	iX, dpunkt.verlag	12
M3 Minds Mastering		
Machines	iX, heise developer, dpunkt.verlag	39
c't Workshops	c't, heise Events	59
inside agile	iX, dpunkt.verlag	71
secIT by Heise	heise Events	86, 87
heise Academy	heise Academy	145, 153
enterJS / DDUX	iX, dpunkt.verlag	165
M365	heise Academy	167
Mac & i Workshops	Mac & i, heise Events	173
heise security Webinar	heise security	176

Ein Teil dieser Ausgabe enthält Beilagen der HACKATTACK IT SECURITY GmbH und Software & Support Media GmbH, Frankfurt am Main.

* Die hier abgedruckten Seitenzahlen sind nicht verbindlich. Redaktionelle Gründe können Änderungen erforderlich machen.

 heise security

Wie sag ich's meinem Chef?

Erfolgreiche Gesprächsstrategien für Sicherheitsverantwortliche

05.02.2025 | Webinar



Jetzt Ticket sichern:

heise-academy.de/webinare/wie-sag-ichs-meinem-chef

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: „Besser mailen: Clients, Backups, Migration“:
Holger Bleich (*hob@ct.de*), „Raspberry Pi & das smarte Zuhause“: Peter Siering (*ps@ct.de*)

Chefredakteure: Torsten Beek (*tbc@ct.de*) (verantwortlich für den Textteil),
Dr. Volker Zota (*vza@heise.de*)

Stellv. Chefredakteure: Martin Triadan (*mat@ct.de*),
Jan Mahn (*jam@ct.de*)

Chefin vom Dienst New Media: Hannah Monderkamp (*mond@heise.de*)

Stellv. Chefin vom Dienst: Angela Meyer (*anm@ct.de*)

Koordination Leserkommunikation: Martin Triadan (*mat@ct.de*)

Leiter redaktionelle Entwicklung: Jobst Kehrnhahn (*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*),
Dr. Sabrina Patsch (*spa@ct.de*), Peter Schmitz (*ps@ct.de*), Andrea Trinkwalder (*atr@ct.de*),
Dorothee Wiegand (*dwi@ct.de*), Stefan Wischner (*swi@ct.de*)

Ressort Systeme & Sicherheit

Leitende Redakteure: Peter Siering (*ps@ct.de*), Sylvester Tremmel (*syt@ct.de*)

Redaktion: Niklas Dierking (*ndi@ct.de*), Mirko Dölle (*mid@ct.de*), Wilhelm Drehling (*wid@ct.de*),
Liane M. Dubowy (*lmd@ct.de*), Ronald Eikenberg (*rei@ct.de*), Oliver Lau (*ola@ct.de*),
Dennis Schirmacher (*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 Zivadinović (*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: Georgiy Belashov (*geb@ct.de*), Robin Brand (*rbr@ct.de*), Sven Hansen (*sha@ct.de*),
Steffen Herget (*sh@ct.de*), Nico Jurrán (*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 (*jjk@ct.de*)

Redaktion c't 3003: Lukas Rumppler (*rum@ct.de*)

c't Sonderhefte

Leitung: Jobst Kehrnhahn (*keh@ct.de*)

Koordination: Pia Groß (*piag@ct.de*)

Redaktion: Tom Leon Zacharek (*tlz@ct.de*)

c't online: Sylvester Tremmel (*syt@ct.de*), Niklas Dierking (*ndi@ct.de*)

Social Media: Jil Marthaa Baee (*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*)

Redaktionsassistentz: Susanne Cölle (*suc@ct.de*), Tim Rittmeier (*tir@ct.de*)

Software-Entwicklung: Kai Wasserbäch (*kaw@ct.de*)

Technische Assistentz: 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 89/42 71 86-0,
Fax: 0 89/42 71 86-10

Ständige Mitarbeiter: Detlef Borchers, Herbert Braun (*heb@ct.de*), Tobias Engler,
Monika Ermert, Stefan Krempel, Georg Schnurer (*gs@ct.de*), Ben Schwan (*bsc@ct.de*),
Christiane Schulzki-Haddouti

DTP, Layout und Grafik: 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, Martin Krefit, Thomas Kaltschmidt, Pascal Wissner

Illustrationen: Rudolf A. Blaha, Frankfurt am Main, Thorsten Hübner, Berlin, Albert Hulm,
Berlin, Sven Hauth, Schülpl, Timo Lenzen, Berlin, Andreas Martini, Wettin, Moritz Reichartz,
Vierns, Michael Vogt, Berlin

Editorial: Hans-Jürgen „Mash“ Marhenke, Hannover, Schlagseite: Ritsch & Renn, Wien,
c't-Logo: Gerold Kalter, Rheine

c't-Krypto-Kampagne: Die Authentizität unserer Zertifizierungsschlüssel lässt sich mit den
nachstehenden Fingerprints überprüfen:

Key-ID: 5C1C1DC5BEEDD33A
ct magazine CERTIFICATE <ppgCA@heise.de>
D337 FCC6 7EB9 09EA D1FC 8065 5C1C 1DC5 BEED D33A
Key-ID: 2BAE3CF6DAFFB000
ct magazine CERTIFICATE <ppgCA@ct.heise.de>
A3B5 24C2 01A0 D0F2 355E 5D1F 2BAE 3CF6 DAFF B000
Key-ID: DBD245FCB3B2A12C
ct magazine CERTIFICATE <ppgCA@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: aaynmonmewb2tjvg7ym4t2726muprjvwckz2vfh2hbarbbz2ydm7oad.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 Mühle, Falko Ossmann

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

Anzeigenpreise: Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 42 vom 1. Januar 2025.

Anzeigen-Auslandsvertretung (Asien): Media Gate Group Co., Ltd., 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: Stark Druck GmbH + Co. KG, Im Altgefäß 9, 75181 Pforzheim

Kundenkonto in der Schweiz: PostFinance, Bern, Kto.-Nr. 60-486910-4,
BIC: POFICHBEXXX, IBAN: CH73 0900 0000 6048 6910 4

Vertrieb Einzelverkauf:

DMV Der Medienvertrieb GmbH & Co. KG

Meißberg 1

20086 Hamburg

Tel.: 040/3019 1800, Fax: 040/3019 1815

E-Mail: info@dermedienvertrieb.de

c't erscheint 14-täglich

Einzelpreis 6,20 €; Österreich 6,90 €; Schweiz 10.50 CHF; Belgien, Luxemburg 7,30 €;
Niederlande 7,50 €; Italien, Spanien 7,80 €

Abonnement-Preise: Das Jahresabonnement kostet inkl. Versandkosten: Inland 153,40 €,
Österreich 162,50 €, Europa 175,50 €, restl. Ausland 202,80 € (Schweiz 252.20 CHF);
ermäßigtes Abonnement für Schüler, Studenten, Auszubildende (nur gegen Vorlage einer
entsprechenden Bescheinigung): Inland 105,30 €, Österreich 109,20 €, Europa 124,80 €,
restl. Ausland 153,40 € (Schweiz 149.50 CHF). c't-Plus-Abonnements (inkl. Zugriff auf das c't-
Artikel-Archiv sowie die App für Android und iOS) kosten pro Jahr 24,70 € (Schweiz 29.90 CHF)
Aufpreis. Ermäßigtes Abonnement für Mitglieder von AUGÉ, bdbv e.V., BvDW e.V., /ch/open,
GI, GUUG, ISACA Germany Chapter e.V., JUG Switzerland, VBIO, VDE und VDI (gegen
Mitgliedsausweis): Inland 114,40 €, Österreich 121,68 €, Europa 131,30 €, restl. Ausland 156,26 €
(Schweiz 189.00 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 Verfügungsrecht 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 2025 by Heise Medien GmbH & Co. KG

ISSN 0724-8679 AWA LAE 

Vorschau **ct** 4/2025

Ab 7. Februar im Handel und auf **ct.de**



Bild: KI, Collage c't

Wetterballon selber basteln

Einmal die Erde von oben bewundern – ein Wunsch, der gar nicht so schwer zu erfüllen ist. Aus einem Bausatz, Kameras und Messgeräten haben wir einen Wetterballon inklusive maßgeschneiderter Sonde gebastelt. Wir vergleichen verschiedene GPS-Tracker und erklären, was es auch rechtlich zu beachten gibt.



Massenspeicher für den Raspberry Pi

Raspi-Einplatinencomputer booten meistens von MicroSD-Speicherkarten. Andere Flash-Speicher fassen jedoch mehr Daten, arbeiten schneller oder vertragen mehr Schreibzugriffe. Wir vergleichen MicroSD-Karten am Raspberry Pi 5 mit M.2- und USB-SSDs sowie USB-Sticks.

Online-Shopping ohne Reue

Fake Shops, vermeintliche Schnäppchen, die sich als überteuerter Ramsch herausstellen, und Händler, die bei Reklamationen zicken: Beim Online-Shopping lauert so manche Falle. Unser Schwerpunkt hilft Ihnen, unseriöse Anbieter zu erkennen und Schaden abzuwenden.

Hardware-Trends 2025

Frisch von der Technik-Messe CES: Wir sagen Ihnen, wohin die Reise bei Notebooks, Displays, Smart-Home-Produkten und E-Autos geht. Außerdem beleuchten wir die Auswirkungen des Windows-10-Endes und der US-Zölle gegen chinesische Chiplieferanten.

Heim vernetzt mit KNX

Unabhängigkeit von einem Hersteller und eine riesige Auswahl an Geräten: Das verspricht der Smart-Home-Standard KNX. Wer die Einrichtung selbst in die Hand nehmen oder nachträglich etwas ändern möchte, braucht die Software ETS. Mit unseren Tipps steigen Sie damit in die KNX-Welt ein.

Noch mehr Heise-Know-how



c't PC-Selbstbau jetzt im Handel und auf **heise-shop.de**



c't Fotografie 01/25 jetzt im Handel und auf **heise-shop.de**



Make: 7/24 jetzt im Handel und auf **heise-shop.de**



FREITAG IST c't-TAG!*

**30%
Rabatt!**

Jetzt 5x c't lesen

für 24,00 €
statt 31,75 €**

** im Vergleich zum Standard-Abo



*Endlich Wochenende! Endlich genug Zeit, um in der c't zu stöbern. Entdecken Sie bei uns die neuesten Technik-Innovationen, finden Sie passende Hard- und Software und erweitern Sie Ihr nerdiges Fachwissen. **Testen Sie doch mal unser Angebot: Lesen Sie 5 Ausgaben c't mit 30 % Rabatt – als Heft, digital in der App, im Browser oder als PDF. On top gibt's noch ein Geschenk Ihrer Wahl.**

Jetzt bestellen:

ct.de/meintag



M



**Knaller-Preis
zum Jahresstart!**

1blu

Homepage M

- > 2 .de-Domains
- > 80 GB Webspace
- > Webbaukasten
- > Webkonferenz
- > 100 E-Mail-Postfächer
- > 10 GB Mailspeicher

~~6,99 €~~

2,99
€/Monat*

12 Monate lang!

*Preis/Monat inkl. 19% MwSt. Es fällt keine Einrichtungsgebühr an. Bei Bestellung bis 31.01.2025: 1blu-Homepage M für 2,99 €/Monat in der ersten Vertragslaufzeit von 12 Monaten; danach regulärer Preis von 6,99 €/Monat. Vertragslaufzeit 12 Monate, jederzeit kündbar mit einem Monat Frist zum Vertragsende.

030 - 20 18 10 00 | www.1blu.de/homepage