



**Kommunikation
im Blackout**

Android ohne US-Cloud

Souveränität auch ohne Custom-ROM: Einstellungen, Tools, Apps
LineageOS, GrapheneOS, /e/OS: Was sie taugen und wo sie laufen

TEST

Europäisches Cloud-Office von Ionos
Apps zur Schwangerschaftsbegleitung
140-Watt-Powerbanks: Notebook unterwegs laden
Smart-Home-Zentrale Homey Pro Mini
Gigaset GS6 Pro: Smartphone aus Deutschland

Myonendetektor im Eigenbau

Teilchenschauer aus dem All aufspüren

FOKUS

Windows: Sysinternals-Werkzeuge flexibel starten
Linux-Dienste mit Systemd verwalten
YouTube: Nervige KI-Übersetzungen abdrehen
Käuferschutzverfahren: Bei Ärger Geld zurück
KI-Firmen: Europäische Hoffnungsträger



Hochauflösende Monitore bis 6K

Groß, farbstark & scharf: Monitore von 680 bis 2000 Euro im Test
Kaufberatung: Worauf Sie bei der Auswahl achten müssen

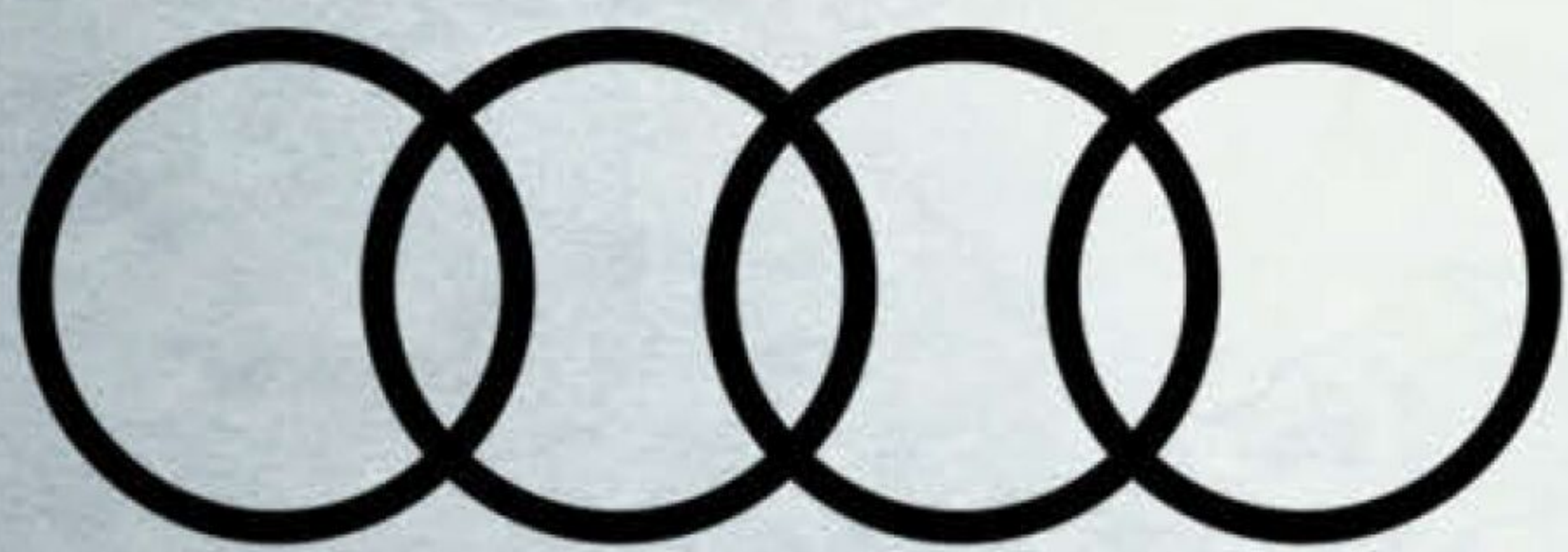
€ 6,50

AT € 7,20 | LUX, BEL € 7,70

NL € 7,90 | IT € 8,20

CHF 10.80





Neues beginnt hier.

Jetzt Angebot bis 31.03.2026 sichern.



ab **509 €**
pro Monat inkl. MwSt.

Der Audi A5 Avant TFSI 150 kW*.

*Kraftstoffverbrauch (kombiniert): 6,8 l/100 km;
CO₂-Emissionen (kombiniert): 155 g/km; CO₂-Klasse: E

Ausstattung: 5-Doppelspeichen Leichtmetallfelge 18", Sonnenschutzverglasung abgedunkelt, Gepäckraumklappe elektrisch öffnend und schließend, Rückfahrkamera, Einparkhilfe plus mit Distanzanzeige, Außenfarbe Horizontblau Metallic, u.v.m.

Leistung:	150 kW (204 PS)
Vertragslaufzeit:	48 Monate
Jährliche Fahrleistung:	10.000 km
Sonderzahlung:	0 €



Angebot sichern unter
www.audi.de/jetzt-leasen

Ein Angebot der Audi Leasing, Zweigniederlassung der Volkswagen Leasing GmbH, Gifhorner Straße 57, 38112 Braunschweig. Für Privatkunden. Zzgl. Auslieferungskosten. Bonität vorausgesetzt. Gültig bis zum 31.03.2026. Aktion nur gültig bei Zulassung bis 31.12.2026. Nur bei teilnehmenden Audi Partnern. Etwaige Rabatte bzw. Prämien sind im Angebot bereits berücksichtigt.

Fahrzeugabbildung zeigt ggf. vom Angebot abweichende Sonderausstattung.
Alle Angaben basieren auf den Merkmalen des deutschen Marktes.

Hinweis: Die gezeigte Umgebung ist KI-generiert.



Hat das denn niemand ausprobiert?!

Es gibt Produkte, die unfassbar gut bis ins Detail entworfen sind. Sie liegen angenehm in der Hand, lassen sich perfekt einstellen und an die eigenen Bedürfnisse anpassen oder bieten Features, die man bislang vermisst hat. Kurzum: Man merkt, dass der Ingenieur das Produkt selbst nutzt.

Und dann gibt es viele Geräte, bei denen man sich fragt, ob sie überhaupt mal jemand vor der Markteinführung ausprobiert hat. Sie strotzen vor Features, die auf dem Papier viel Sinn ergeben, in der Praxis aber schlecht oder gar nicht nutzbar sind.

Ein paar solcher Exemplare finden Sie im Monitor-test in diesem Heft. Selten sind mir so viele vermurkste Details in einem Testfeld begegnet. Ein Hersteller gibt seinem Gerät eine tolle Ausstattung mit, doch kann man seine Anschlüsse nur dann problemlos erreichen, wenn das Display ins Hochformat gedreht ist. Beim nächsten Kandidaten ist es genau umgekehrt und man läuft zudem Gefahr, die Stecker abzuknicken. Und bringt man das Display zurück ins Querformat, fehlt ein klarer Rastpunkt, um es gerade auszurichten – obwohl man es nur in eine Richtung drehen kann.

Ein Hersteller bewirbt seinen Monitor als Profi-Modell, setzt aber in den beiden gebräuchlichsten Presets die Voreinstellungen derart schlecht, dass man ihn für die Bildbearbeitung nicht einsetzen will. Und ein Modell flog aus dem Test, weil es aus übertriebener Rücksicht auf EU-Energierichtlinien die Helligkeit in der Region Europa viel zu niedrig abregelte. In anderen Regionseinstellungen zeigte sich, dass es auch mehr als doppelt so hell strahlen kann. Dass wir bei einem Monitor einen Pixelfehler entdeckten und ein anderer Geister-

bilder zeigte, ist heutzutage selten und immerhin verzeihlich: In beiden Fällen greift die Garantie.

Monitore sind beileibe nicht die einzige Kategorie, die Produkte mit mangelnder Alltagstauglichkeit hervorbringt. Unvergessen etwa Apples Magic Mouse, die man beim Laden nicht benutzen kann, weil sie dazu auf dem Rücken liegen muss. Asus, auf dem Feld kein Neuling, hat einen Outdoor-Access-Point für Wi-Fi 7 herausgebracht, der draußen ab Werk auf 5-GHz-Kanälen funkt, die nur in Gebäuden erlaubt sind.

Der unglücksselige 12VHPWR-Stecker für stromdurstige Grafikkarten ist aus Ingenieursperspektive ebenfalls eine gute Idee, aber nicht nutzersicher gestaltet. Rastet der Stecker nicht sicher ein oder wird das Kabel zu stark geknickt, überhitzt er. Im Hardware-Ressort hat er daher den Spitznamen Schmelzstecker weg. Und dann gibt es noch Aktenzeichen X3D ungeklärt: Auch nach etlichen BIOS-Updates ist unklar, warum AMDs Gaming-CPUs mit Stapel-Cache in manchen Mainboards plötzlich versterben.

Falls auch Sie bereits solche Erfahrungen mit fast guten Produkten machen mussten, tröstet es Sie ja vielleicht, zu wissen, dass Sie nicht alleine sind.



Benjamin Kraft

Benjamin Kraft

Titelthemen

Android ohne US-Cloud

- 14 Datensouveränität** mit und ohne Custom-ROMs
- 18 Android und Apps** datensparsam einrichten
- 22 GrapheneOS** Pixel-Handys privat & sicher nutzen
- 24 /e/OS** Custom-ROM mit eigener Cloud
- 26 LineageOS & iodéOS** Universelle Custom-ROMs
- 28 Bezahlen und Banking** mit Custom-ROMs

Hochauflösende Monitore bis 6K

- 50 Kaufberatung** Was beim Monitorkauf zählt
- 54 Test** Sechs hochauflösende Monitore ab 27 Zoll
- 60 USB-C und Thunderbolt** Eine Buchse, viel dahinter

Myonendetektor im Eigenbau

- 128 Kosmische Teilchen** selbst messen

Aktuell

- 12 KI-Agenten im Team** Claude Opus 4.6
- 32 Künstliche Intelligenz** „Wertebasierte“ Allianzen
- 33 Soziale Medien** Diskussion um Verbot für Kinder
- 34 Bit-Rauschen** Sorgen um zu teure Chips
- 36 Windows 11 26H1** nur für ARM-Prozessoren
- 38 Hardware** AMD gewinnt Marktanteile
- 39 Onlinehandel** Zollpflicht für Billigpakete aus China
- 40 Interview** Google-Workspace-Variante von Stackit
- 42 Smart Glasses** von Kreuzfahrtschiffen verbannt
- 43 Server & Storage** Erste SSD mit PCIe 6.0
- 44 Depressionen** Headset statt Medikamente
- 45 Open Source** KDE-Desktop Plasma 6.6
- 46 Forschung** Glas-Datenspeicher, nachhaltige Tinte
- 47 Verschlüsselung** Neue PQC-Empfehlungen des BSI

Test & Beratung

- 64 140-Watt-Powerbanks:** Notebook unterwegs laden
- 66 Gigaset GS6 Pro:** Smartphone aus Deutschland
- 69 Kartenleser** für microSD Express
- 70 Überwachungskamera** mit Flutlicht
- 72 Smart-Home-Zentrale Homey Pro Mini**
- 76 Streaming-DAW** für Live-Auftritte
- 77 4K-Webcam mit Gimbal** und KI-Tracking
- 78 Wetter-App** Mehrere Wetterdienste auf einen Blick
- 80 Europäisches Cloud-Office von Ionos**
- 84 Apps zur Schwangerschaftsbegleitung**
- 166 Bücher** Programmieren lernen, GIMP 3 meistern

Wissen

- 92 KI-Agent** OpenClaw ausprobiert
- 96 Warn-Apps** Katastrophenalarm auf dem Handy
- 100 Quantencomputer** Was die Hardware bereits kann
- 104 KI-Firmen: Europäische Hoffnungsträger**

14 Android ohne US-Cloud



Auf Android-Smartphones geht von Haus aus fast nichts ohne Google. Wir zeigen, wie Sie Ihr Handy von Google und US-Clouds befreien, stellen empfehlenswerte Custom-ROMs vor und erklären, wie es ohne sie geht.

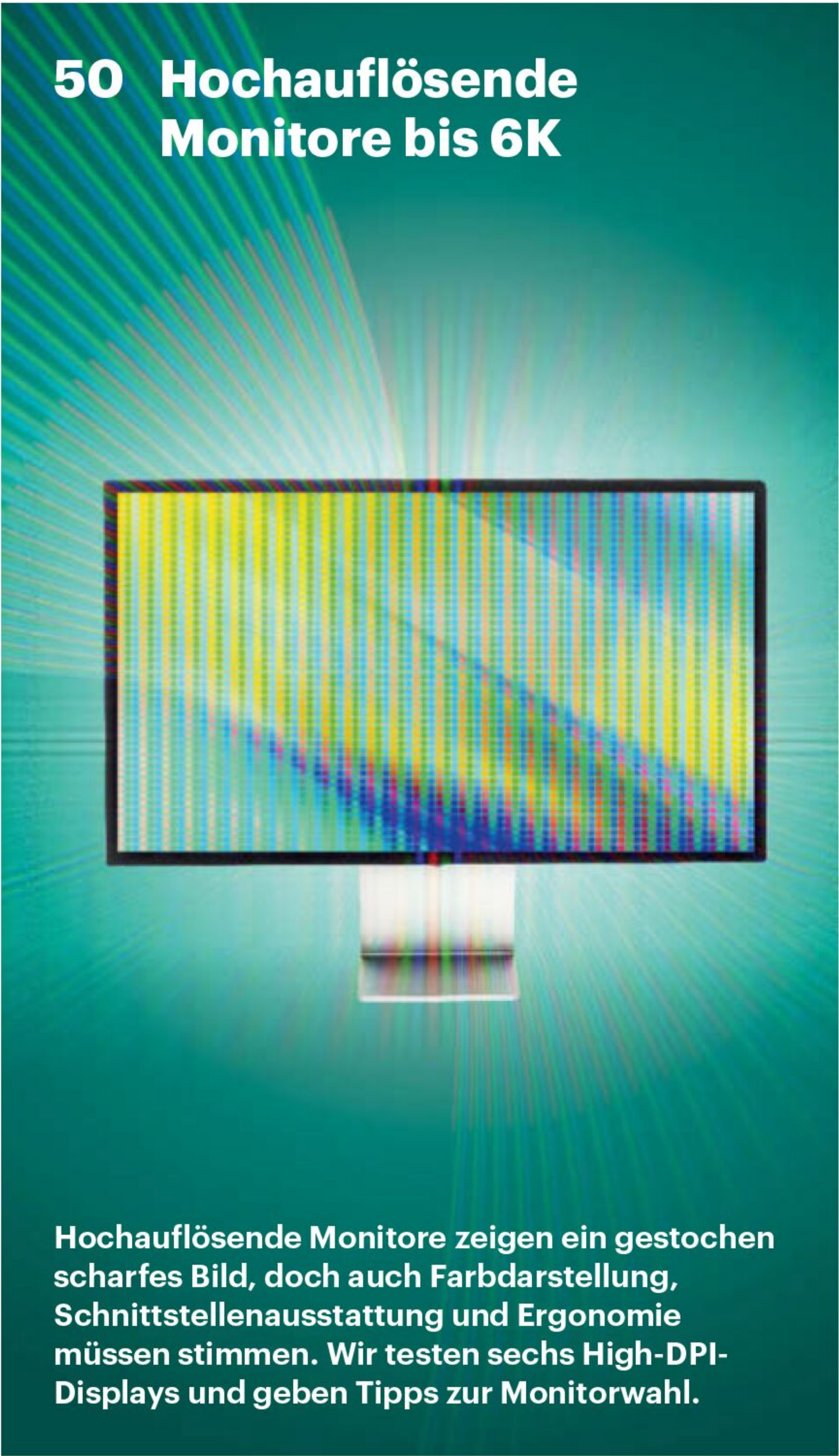
- 108 Käuferschutzverfahren: Bei Ärger Geld zurück**
- 112 Digitale Forensik** 3D-Skelettanalyse entlarvt Täter
- 116 Kommunikation im Blackout**
- 122 Sicherheit** Cloudangriff mittels Spectre
- 126 Super Mario** Level-Editoren für Windows
- 158 Recht** Umzugskosten von der Steuer absetzen

Praxis

- 134 Notizverwaltung Obsidian** Besser suchen & finden
- 138 LibreOffice** LanguageTool prüft Rechtschreibung
- 144 YouTube: Nervige KI-Übersetzungen abdrehen**
- 148 Windows: Sysinternals-Werkzeuge flexibel starten**
- 154 Linux-Dienste mit Systemd verwalten**

Immer in c't

- 3 Standpunkt** Hat das denn niemand ausprobiert?!
- 6 Leserforum**
- 11 Schlagseite**
- 48 Vorsicht, Kunde** Lichtblick versemmt Lieferung
- 162 Tipps & Tricks**
- 164 FAQ** c't-Notfall-Windows 2026
- 168 Story** Goldener Oktober
- 176 Inserentenverzeichnis**
- 177 Impressum**
- 178 Vorschau c't** 7/2026



Frisch aus
c't Nerdistan

- 126 Retrogaming** Level-Editoren für Super Mario
- 128 Myonendetektor** Teilchenschauer aufspüren

c't Hardcore

- 122 Spectre** Seitenkanalangriffe auf Cloudsysteme
- 148 Sysinternals-Werkzeuge** bequemer starten



Bild: Rudolf A. Blaha

Etliche Leser sehen die KI-Müllflut im Internet entweder als unausweichliches Übel oder als Anlass, das eigene Leben in bessere Bahnen zu lenken.

Besser leben durch KI

Schwerpunkt „Wie KI-Müll das Internet vergiftet“, c't 5/2026, S. 52 ff.

Ich gebe zu, ich habe mich auch immer mal wieder der Berieselung hingegen – und mich oft auch über mich selbst geärgert. Das Scrolling durch Belanglosigkeit war erschreckend angenehm. In Facebook war das Scrollen durch die Timeline für mich eigentlich die Suche nach Inhalten aus meinen Gruppen oder von Freunden. Facebook hat das ja klammheimlich durch Content ersetzt, der mich eigentlich gar nicht interessiert, mich aber bei der Stange hält. Hat (leider) trotz des vielen Mülls funktioniert.

Mit dem Aufstieg von KI-Slop hat sich das geändert. Es war nicht mehr nur Zeitverschwendung und manchmal leicht ärgerlich, es war nur noch zermürend. Zu-

letzt habe ich aus Versehen mal auf Instagram scrollt – und das war noch viel schlimmer. Aus Social Media wurde mit KI endgültig Slop Media.

Und so bin ich da nun raus. Am Ende hat die KI da also indirekt mein Leben verbessert.

eto

Dann lest doch mal ein Buch

In der örtlichen Bücherei hat KI es auch schwer, sich irgendwo dazwischenzustellen. Das müssen keine Philosophen, französ. Romanciers etc. sein. Selbst Groschenromane, sofern man sie wirklich selbst liest, liegen kognitiv meilenweit über dem Kram, der gerade das Netz flutet.

Jonta 5

Finanzieller Haken

Dass KI auch außerordentlich Nützliches leistet, steht außer Frage. Auch E-Mail ist nützlich, obwohl es zu mehr als 99 Prozent aus Spam besteht (den die meisten User gar nicht mehr zu Gesicht bekommen, weil der Mailanbieter schon kräftig filtert).

So wird's mit der KI auch laufen. 99 Prozent des Internets werden im Eiltempo mit Slop zugemüllt, nützliche, authentische Trainingsdaten muss man bald mit der Lupe suchen.

Aber vielleicht ist gerade Slop der finanzielle Haken, der die ganze KI-Blase trägt? Dass Normalbürger im großen Stil für KI-Anwendungen direkt an die Anbieter bezahlen, sehe ich eher nicht. Das Geld muss „hintenrum“ wieder reinkommen. Und dieser Umweg führt eben über einen gigantischen Müllberg.

Fichtenleger

Wissen für die Klassenarbeit

Leserbrief „Keine Idioten heranzüchten“, c't 5/2026, S. 10

Das Objekt einer Hingabe steht, der Name sagt es schon, im „Gebe-Fall“, dem Dativ (von lat. dare: geben). Man gibt sich daher nicht „panem et circenses“ hin (das ist Akkusativ), sondern „pani et circensibus“. Ob ein solches Wissen noch nötig ist, weiß ich nicht; wenn man aber Brot und Spiele

auf Latein benennt, sollte man es auch richtig machen. Das dazu nötige Problembewusstsein verschafft einem nicht das Werkzeug KI, sondern eben das Grundwissen, das in Klassenarbeiten abgefragt wird.

Markus Krebs

Datenschutz delegieren

Schwerpunkt „Windows 11 produktiv einrichten“, c't 5/2026, S. 16 ff.

Die Einordnung der Datenschutztools am Artikelende sehe ich etwas anders. Klar, ich kann in Windows alle Punkte durchgehen und wäre fertig. Nur muss man damit rechnen, dass beim nächsten Update mal wieder irgendetwas verbogen wird und/oder neu hinzukommt. Dann fängt das Spiel von vorn an.

Bei den Tools hat man nach der ersten Einstellungsorgie, wobei ich den Vorbe-setzungen der Tools mehr Vertrauen schenke als den Defaults von Microsoft, eine Konfigurationsdatei, die mit ein paar Mausklicks wieder abgespult wird und mit der ich auch mehrere Windows-Installationen auf denselben Stand bringen kann. Außerdem hilft ein Tool-Update nach Verschlimmbesserungen allen Usern des Tools gleichzeitig und nicht nur den Usern, die die Fußangel mitbekommen haben.

xyzet

Lieber gleich Linux

Wenn man sich sowieso jedes Mal umstellen muss, kann man das ja auch noch genau einmal machen und wechselt gleich zu Linux, mit der Desktopumgebung seiner Wahl. Kann man ja sogar online im Browser auf verschiedenen Seiten ausprobieren.

Gleichzeitig ist man hier dann kein Betatester, kann seine alte Hardware so lange nutzen, wie man will und das alles auch noch kostenlos.

cebby

Nein, cebby war nicht der einzige Leser, der vorschlug, Probleme mit Windows 11 durch die Installation von Linux zu lösen. Ganz und gar nicht.

Fragen zu Artikeln

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

T Systems

**KI, DIE ZU IHNEN
PASST - SICHER,
SKALIERBAR,
SOUVERÄN!**

Starten Sie jetzt auch in
Ihrem Unternehmen!

Mit den AI Foundation Services von
T-Systems – Europas Plattform für
maßgeschneiderte KI- und LLM-Lösungen.

Hier scannen
um Full-Stack-KI
zu entdecken:



www.t-systems.de

Ermittlung statt Überwachung

c't deckt auf: Tarnfirmen für Bulletproof-Hosting, c't 5/2026, S. 118

Kein Wunder, dass unsere europäischen Ermittlungsbehörden da stets nur langsam hinterherkommen. Es könnte so einfach sein, wir können das Unrecht bekämpfen. Dazu benötigen wir nicht mehr Überwachung, sondern mehr Ressourcen in den Ermittlungsbehörden. Mehr qualifiziertes und spezialisiertes Personal, mehr Ausrüstung. Das wird Geld kosten. Nur so können wir mittel- bis langfristig wirklich wirksam gegen national und international agierende Verbrecher erfolgreich und vergleichsweise schnell vorgehen.

Damit hätte ich definitiv weniger ein Problem als mit stets neuen Forderungen nach Überwachung, die nicht verhindert, dass etwas geschieht, sondern das nur dokumentiert. Und das ist anlassbezogen bereits heute möglich. Ob ich diesen Wunsch irgendwann im Sinne meiner Kinder erfüllt bekomme?

Wozza

Unterschlagung

KI-Anwendungen auf dem c't-PC-Bauvorschlag 2026, c't 5/2026, S. 142

In Ihrem Artikel unterschlagen Sie „Tokens/Watt“, da ist Apple-Silicon unge-

schlagen. Man muss nur wissen, dass für das beliebte GPT-OSS 20B ein 16 GB-Mac nicht ganz reicht. Wichtig zu wissen ist auch, dass man für die Berechnung des RAM-Bedarfs zum Platzbedarf des LLMs den Platzbedarf des Kontextcaches hinzuaddieren muss. Vielleicht habe ich Ihren Artikel auch zu schnell überflogen, aber diese für mich essenziellen Erkenntnisse aus meiner Erfahrung mit Desktop-LLMs habe ich in Ihrem Artikel nicht gefunden.

Lorenz Fischer

Sie haben recht, Tokens/Watt und Apple-Silicon spielen in dem Artikel keine Rolle. Das ist Absicht, da gar keine Kosten-Nutzen-Rechnung aufgemacht wird und es konkret um den c't-Bauvorschlag 2026 geht, der nicht auf Apple-Technik basiert.

Kostenloser Ersatz

Heimdruckerauswahl mit Tinte und Toner im c't-Test, c't 4/2026, S. 52

Ich habe mich für den Canon Pixma G3590 entschieden, vor allem wegen der pigmentierten Schwarz-Tinte. Denn als Schriftführer vom Bürgerverein mache ich häufig Ausdrucke, die wochenlang im Schaukasten ausgehängt werden und die in der Sonne nicht ausbleichen sollen.

Beim Einsetzen eines Druckkopfs habe ich leider mit der Schutzfolie auch die Kontaktfolie mit abgezogen und daraufhin konnte der Druckkopf vom Drucker nicht mehr erkannt werden. Nach einem Anruf beim Hersteller und der Meldung von ein paar obligatorischen Daten per E-Mail wurden mir beide Druckköpfe kostenfrei geliefert. Die restliche Inbetriebnahme verlief problemlos.

Kurt Süpfle

Copilot-Taste stört

Störende Tastenbelegungen unter Linux ändern, c't 4/2026, S. 150

Sehr störend, nicht nur für mich, ist die Microsoft-Copilot-Taste auf den neuen Notebooks mit sogenannten KI-CPUs (AMD Ryzen AI). Die Copilot-Taste sendet laut evtest eine Dreier-Tastenkombination mit KEY_LEFTSHIFT, KEY_LEFTMETA und KEY_F23. Kann ich die Copilot-Taste auch per udev umbelegen?

Christina Sauter

Bei solchen Sondertasten sendet der Tastaturcontroller typischerweise nacheinander dieselben Scancodes, die Sie auch erhalten, wenn Sie die Tasten nacheinander drücken. Bei der Taste zum Sperren des Bildschirms zum Beispiel senden viele Tastaturcontroller die Scancodes der Tasten Alt und L.

Das Betriebssystem kann daher nicht unterscheiden, ob die Copilot- oder Screen-Lock-Taste gedrückt wurde oder ob Sie die Tastenkombination manuell drücken. Würden Sie zum Beispiel die linke Umschalttaste aus der Copilot-Tastenkombination mit-

KEYBOARD_KEY_700e1 = reserved

deaktivieren, wäre davon auch die echte Umschalttaste betroffen – Sie könnten Großbuchstaben nur noch mit der rechten Umschalttaste schreiben.

Sie können jedoch mit dem Dienst keyd oder per xmodmap definieren, was Linux bei der von der Copilot-Taste gesendeten Tastenkombination unternehmen soll.

Historische Konstellation

Stellarium: Was wo und wann am Nachthimmel zu finden ist, c't 3/2026, S. 98

Als astronomisch interessierter Laie und Sammler von Münzen und Medaillen meiner Geburtsgegend Hannover möchte ich Ihnen eine vielleicht überraschende, für mich jedenfalls sehr überzeugende Spontananwendung von Stellarium vor vier Jahren nicht vorenthalten. Ich habe mit dessen Hilfe und ohne jegliche Vorkenntnis des Programms die astronomische Darstellung auf einer Medaille von 1714 zum Regierungsantritt des hannoverschen Königs Georg Ludwig im Vereinigten Königreich als George I. entschlüsseln können.

Heinz Reutersberg

Ergänzungen & Berichtigungen

Falscher Preis

Wie Automobilhersteller die Folgekosten für digitale Dienste verschleiern, c't 4/2026, S. 18

In der Tabelle auf Seite 22 haben wir leider fälschlicherweise bei Audi den Preis für ein zweijähriges Abo angegeben. Der korrekte Preis für ein Jahr beträgt 159 Euro.

Wir freuen uns über Post

redaktion@ct.de

c't Forum

c't Magazin

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>

ROSSMANN

Mein Drogeriemarkt

Mit KÖPFCHEN WIRTSCHAFTEN

*Miteinander
jeden Tag besser machen!*

Smarte Lösungen finden in unserer IT.
Ob für die Logistik, die Filialen oder die Zentrale – in agiler Zusammenarbeit mit anderen klugen Köpfen entwickelst du innovative Lösungen, die uns alle weiterbringen.

Jetzt bewerben!
jobs.rossmann.de



Maker Faire®

Das Format für
Innovation & Macherkultur

.....
Die nächsten Events

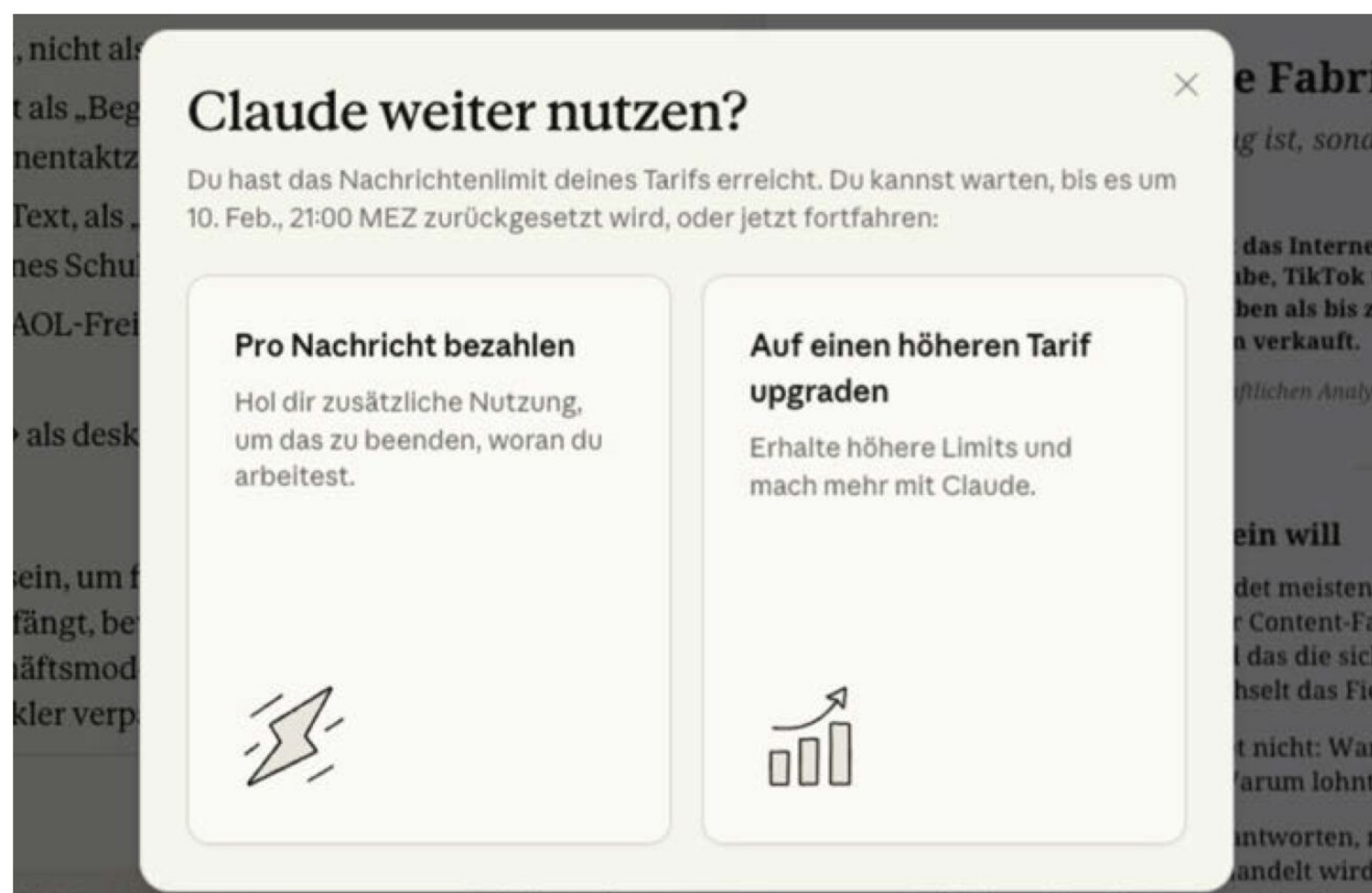


... weitere folgen!

maker-faire.de



Weitere Schlagseiten auf ct.de/schlagseite



Das kann teuer werden

Claude Opus 4.6: Mächtige KI-Agenten treiben Kosten in die Höhe

Anthropics neues Sprachmodell soll schwerere Aufgaben wuppen als ChatGPT. Wer jedoch nicht aufpasst, steht bald knietief im Dispo.

Von Hartmut Gieselmann

Woche für Woche buhlen KI-Entwickler mit neuen Modellen um die Gunst der Nutzer. Dabei müssen die Konkurrenten von OpenAI mit besonderen Funktionen punkten, um Kunden von ChatGPT wegzulocken. Der US-Hersteller Anthropic setzt bei seinem neuen Modell Claude Opus 4.6 auf mächtige Funktionen für aufwendige Aufgaben, die beispielsweise beim Coding ein Team aus mehreren KI-Agenten parallel löst. Das ver-

spricht, größere Probleme zu knacken, an denen einfachere Modelle scheitern, erzeugt aber auch deutlich höhere Kosten, wenn die Agenten sich untereinander austauschen.

Dass die großen KI-Entwickler in den USA mit Milliarden nur so um sich werfen, ist bekannt. Doch die Geldgeber blicken zunehmend besorgt auf die Einnahmen und darauf, ob sich ihre Investitionen künftig auszahlen. OpenAI experimentiert mit zusätzlichen Erlösmodellen, etwa Werbung in kostenlosen Varianten. Anthropic geht einen anderen Weg. Es baut seine Modelle zu schweren Geschützen aus, die deutlich mehr Rechenzeit verbrauchen und höhere Kosten verursachen, dafür aber eine höhere Leistung versprechen.

Neben vielen kleineren Verbesserungen setzt Opus 4.6 vor allem auf sogenannte Agent Teams, also ganze Gruppen aus verschiedenen KI-Agenten, die eine Auf-

gabe gemeinsam lösen. Das ist derzeit auf Programmieraufgaben beschränkt, könnte aber grundsätzlich auch für die Auswertung von Statistiken und Analysen eingesetzt werden.

Aufteilungen in spezialisierte Agenten gibt es schon länger. Meist werden sie jedoch von einem leitenden Prozess gesteuert, der Aufgaben verteilt und Ergebnisse einsammelt. In den Teams von Opus 4.6 können die Agenten sich zusätzlich untereinander austauschen. Das verbessert ihren Workflow und erlaubt parallele Arbeitsschritte. Es lässt aber auch die Zahl der zur internen Kommunikation berechneten Tokens explodieren – und damit die Kosten.

Das übliche Kleingedruckte

Wer das ausprobieren möchte, kann Opus 4.6 bei Anthropic online nutzen. Das Modell läuft ausschließlich auf den Servern des US-Anbieters. Die Daten und Eingaben werden in den USA verarbeitet und unterliegen damit auch US-Recht. Das erlaubt den dortigen Behörden beispielsweise geheime Zugriffe, ohne die Betroffenen benachrichtigen zu müssen.

Nutzer können in den Einstellungen deaktivieren, dass ihre Eingaben von Anthropic für Trainingszwecke verwendet werden, und Chats löschen. Allerdings ist auch hier keine absolute Datensouveränität gegeben, da die Chats zumindest für 30 Tage gespeichert bleiben. Geschäftsgeheimnisse und andere sensible Daten, die man nicht mit Donald Trump teilen möchte, haben deshalb in Chats mit in den USA gehosteten Sprachmodellen generell nichts verloren. Wer seine Daten schützen will, muss entweder auf europäische Anbieter ausweichen oder ein offenes Modell selbst hosten.

Bis die Kreditkarte platzt

Opus 4.6 ist so rechenhungrig, dass man mit dem kostenlosen Abo nicht weit kommt und seine Kreditkartendaten für einen Pro-Account hinterlegen muss. Der kostet brutto 21,42 Euro pro Monat.

Das Pro-Abo arbeitet mit dynamischen Nutzungslimits. In den Einstellungen unter Nutzung sieht der Anwender nur einen blauen Balken, der sich mit jeder Anfrage füllt. Es gibt ein Zeitfenster von etwa vier Stunden, in dem ein bestimmtes Kontingent zur Verfügung steht, sowie zusätzliche wöchentliche Begrenzungen. Wie viele Tokens konkret enthalten sind, bleibt jedoch intransparent.

Wie schnell der Balken wächst, hängt von der Länge des Chats, der Komplexität der Aufgabe und der Modellvariante ab. Anthropic rät dazu, Chats möglichst kurz zu halten, da bei jeder weiteren Frage der gesamte bisherige Verlauf erneut als Input verarbeitet wird – wie bei allen Transformer-Modellen.

Ist das Limit erreicht, muss man entweder mehrere Stunden warten, sein Abo auf die Stufe „Max“ für 90 Euro im Monat erweitern oder weitere Tokens kaufen, die Anthropic nach API-Preisen abrechnet. Als Sicherheitsnetz lassen sich immerhin Tageslimits setzen.

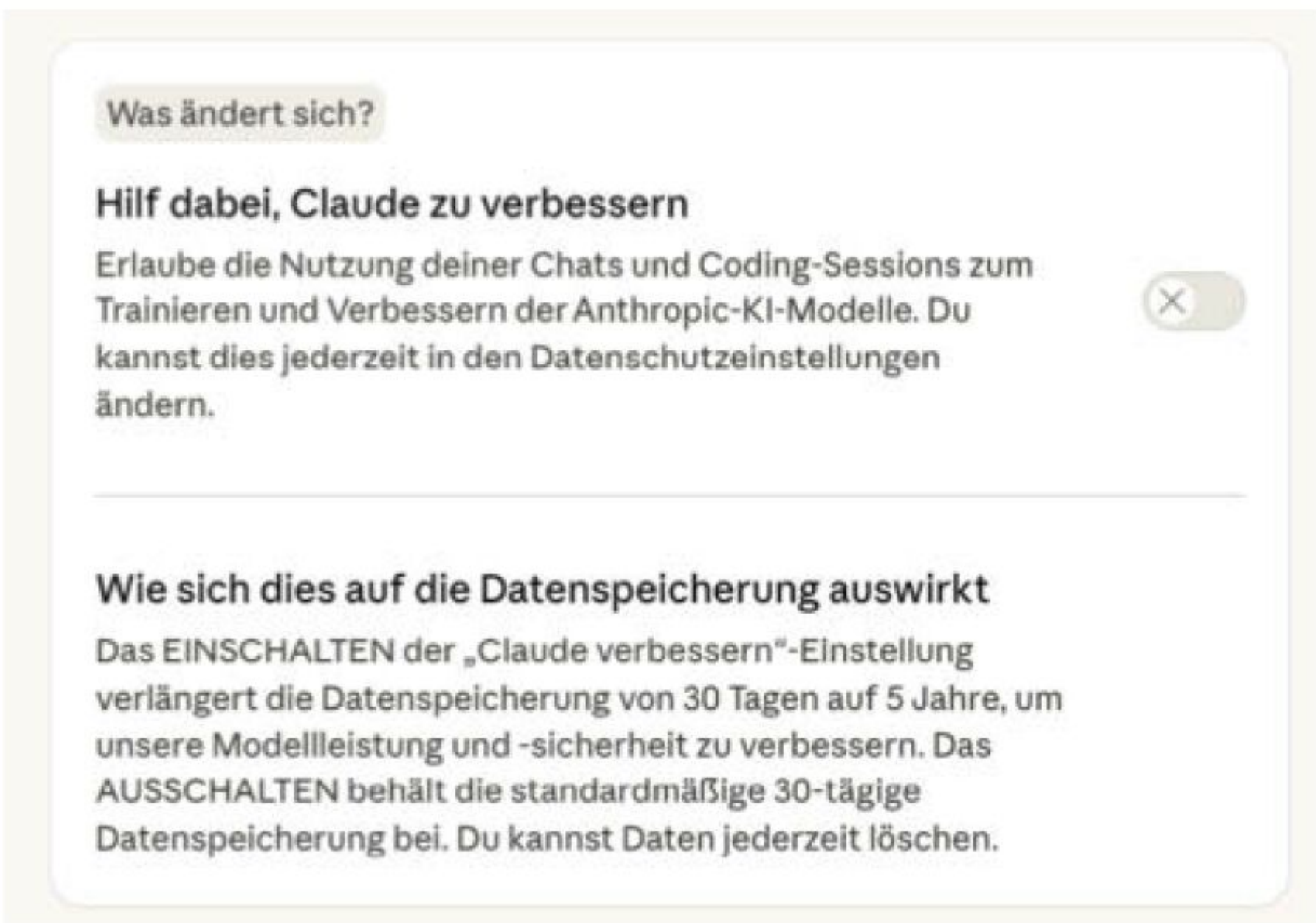
Gegenüber früheren Opus-Versionen hat Anthropic die API-Preise deutlich gesenkt. Für API-Nutzer kosten eine Million Input-Tokens rund 5 US-Dollar, eine Million Output-Tokens rund 25 US-Dollar. Wer Agententeams einsetzt, erzeugt durch interne Kommunikation und umfangreiche Antworten schnell hohe Token-Mengen. Wie groß diese ausfallen, lässt sich im Voraus kaum abschätzen. Eine detaillierte Token-Statistik bietet die Weboberfläche derzeit nicht.

In unseren Stichproben war bei normalen Chatanfragen mit Opus 4.6 bereits nach rund 20 Nachfragen das Vier-Stunden-Limit erreicht. Bei komplexeren Aufgaben, etwa der statistischen Analyse einer großen Tabelle mit verlinkten Dokumenten, lief der Nutzungsbalken des Pro-Accounts bereits nach fünf bis sechs Anfragen voll.

Langwierige Antworten

Im gewöhnlichen Chat ist Opus 4.6 spürbar träger als das aktuelle GPT-5.2-Modell von OpenAI. Während dieses schnell reagiert und sich für schnelle Iterationen eignet, nimmt sich Claude deutlich mehr Zeit und schreibt Antworten Wort für Wort aus. Wenn mehrere Agenten beteiligt sind, zeigt die Oberfläche immerhin, welche Teilaufgaben gerade bearbeitet werden.

Opus 4.6 ist daher nicht das richtige Modell für schnelle Zwischenfragen oder spontane Geistesblitze – dafür hält Claude andere Modelle wie Sonnet 4.5 oder Haiku 4.5 bereit. Stattdessen behandelt es jede Anfrage wie eine größere Aufgabe und versucht, möglichst vollständig und konsistent zu antworten. Das bremst einen iterativen Austausch aus, wie er mit ChatGPT gut funktioniert und wo der Anwender während des Chats immer wieder gegensteuern kann, wenn das Modell zu stark abdriftet. Opus 4.6 verlangt eine



Anthropic informiert Nutzer, dass die Daten gemäß US-Recht mindestens 30 Tage gespeichert bleiben, selbst wenn man seine Daten nicht zum Modelltraining freigibt.

sorgfältige Vorbereitung. Wer ihm unklare oder halbfertige Prompts gibt, verbrennt schnell Zeit und Geld.

Wer effizient arbeiten will, diskutiert ein Problem zunächst mit einem flinkeren reaktiven Modell und schärft seinen Prompt iterativ. Erst wenn die Anforderungen klar formuliert sind, lohnt es sich, Opus 4.6 an die Arbeit zu schicken. Sinnvoll ist es zudem, das Modell vorab zu fragen, welche zusätzlichen Informationen es benötigt, bevor die Agenten im Team loslegen.

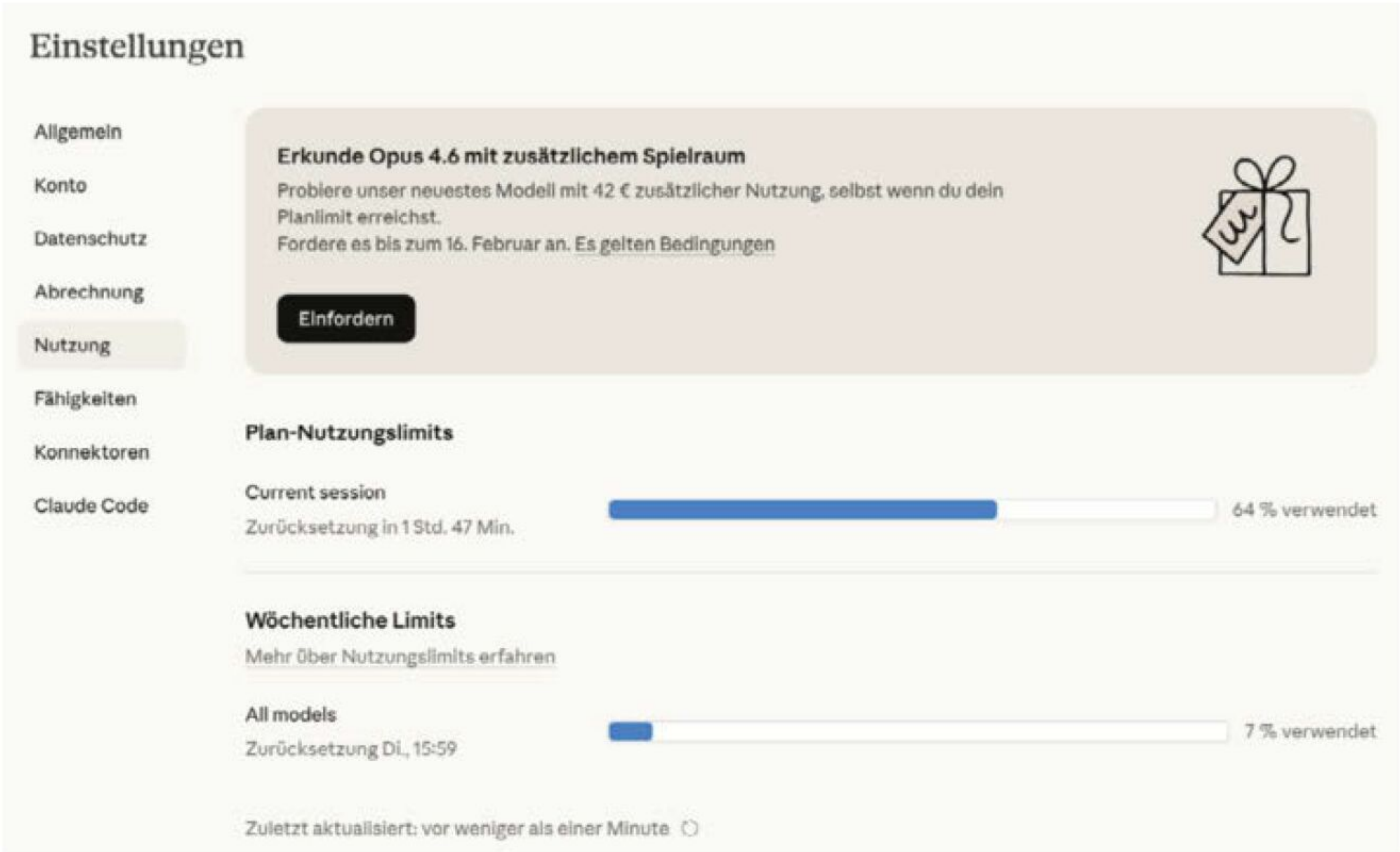
Fazit

Wer Opus 4.6 produktiv einsetzen will, sollte das Modell mehrere Wochen evaluieren, um Stärken und Schwächen realistisch einzuschätzen. Eingehende Tests können aber schnell richtig ins Geld gehen: In seinem Blog schreibt ein Entwickler von Anthropic, wie er mithilfe von Opus 4.6 einen C-Compiler entwickelt

hat. Die Token-Kosten beliefen sich dabei auf rund 20.000 US-Dollar. Die Kostenfalle sollte also niemand auf die leichte Schulter nehmen.

Gewiss taugt solche von der KI programmierte Software erstmal nur als Prototyp. Für ein fertiges Produkt wären umfangreiche Qualitätsprüfungen echter Entwickler nötig, die KI-generierter Vibe-Code jedoch vor besondere Herausforderungen stellt. Mit dem Aufkommen immer mächtigerer Modelle wie Opus 4.6 wird die Zahl solcher per Vibe-Coding erzeugten Programme wahrscheinlich steigen – und damit die Risiken, weil Menschen den Code kaum noch Zeile für Zeile prüfen können.

Opus 4.6 taugt zwar nicht für den schnellen Wissensaustausch im Dialog, kann mit detaillierten Anweisungen aber komplexere Aufgaben bewältigen und Analysen anstellen als die Modelle von ChatGPT. (hag@ct.de) ct



In den Einstellungen sieht der Nutzer blaue Balken zu den Limits, die bei längeren Chats immer schneller wachsen.

Raus aus der US-Handycloud

Wie Sie sich mit und ohne Custom-ROM aus US-Clouds befreien



Raus aus der US-Handycloud	Seite 14
Android datensparsam einrichten	Seite 18
Security-Custom-ROM: GrapheneOS	Seite 22
Custom-ROM mit Cloud: /e/OS	Seite 24
Custom-ROMs für viele Geräte: LineageOS & iodéOS	Seite 26
Bezahlen und Banking mit Custom-ROMs	Seite 28

Für die Kommunikation, das Banking oder zum Shoppen: Das Smartphone ist integraler Bestandteil unseres Alltags. Doch immer schwingt das Wissen mit, dass Big Tech mithört. Wir zeigen, wie Sie Google & Co. aussperren.

Von Robin Brand und Stefan Porteck

Ob E-Mail, Cloudspeicher oder Office-Programm: Europäische Alternativen zu US-Angeboten sind gefragt. Nur beim Smartphone, unserem geschwätzigsten Begleiter im Alltag, scheint es keinen Ersatz für Big Tech zu geben, sondern Googles Android und Apples iOS teilen den Markt der Betriebssysteme unter sich auf. Was mit den Daten passiert, die Smartphones an die Gerätehersteller, die App-Entwickler, die Werbenetzwerke und Google ausposaunen, bleibt im Dunkeln.

Und so schwingen sich Totgeglaubte zum Hoffnungsträger auf: Custom-ROMs. Sie machen Android-Smartphones mundtot und versprühen längst nicht mehr den Charme unfertiger Bastlerprojekte. Projekte wie /e/OS oder GrapheneOS bauen Googles Komfortfunktionen entweder auf eigenen Servern in Europa nach oder sperren die mitteilungsbedürftigen Play-Services in sichere Sandboxes. Empfehlenswerte Custom-ROMs stellen wir ab Seite 22 in diesem Heft vor. Wie Sie auch ohne Custom-ROM die Abhängigkeit von Google reduzieren, etwa durch alternative App-Stores, datensparsame Konfigurationen, den Einsatz von Open-Source-Software oder alternative Cloud-Dienste, lesen Sie im Artikel auf Seite 18. In diesem Artikel beleuchten wir, warum Custom-ROMs mehr denn je zum Werkzeug für mehr digitale Souveränität taugen, aber ihrerseits schwierige Zeiten durchmachen.

Ein Quell der Glückseligkeit

Noch vor einigen Jahren war die Custom-ROM-Szene ein Quell der Glückseligkeit:

Dank des offenen Quellcodes von Android – dem sogenannten Android Open Source Project, kurz AOSP – konnte praktisch jeder Hobbyentwickler sein eigenes Custom-ROM zusammenstricken. Davon wurde auch reger Gebrauch gemacht, denn das damals noch junge Betriebssystem bot an vielen Stellen Raum für Verbesserungen.

Extrem populär waren seinerzeit die ROMs des CyanogenMod. Das nach seiner Farbgebung benannte ROM rüstete mit jeder neuen Version praktische Funktionen nach, die dem Google-Vorbild fehlten und entwickelte sich schnell vom Geheimtipp zum Innovationstreiber. Nicht wenige Funktionen, die man heute in Android findet, hat Google in den folgenden Jahren von Cyanogen übernommen.

Dazu gehörten reine Komfortfunktionen, aber auch mehr Kontrolle über die Privatsphäreneinstellungen und das User-Interface. Dass sich heute dem Schnelleinstellungsmenü Kacheln hinzufügen und diese frei anordnen lassen oder dass die Restkapazität des Akkus in Prozent erscheint: Das gab es in Custom-ROMs früher als in Googles Android.

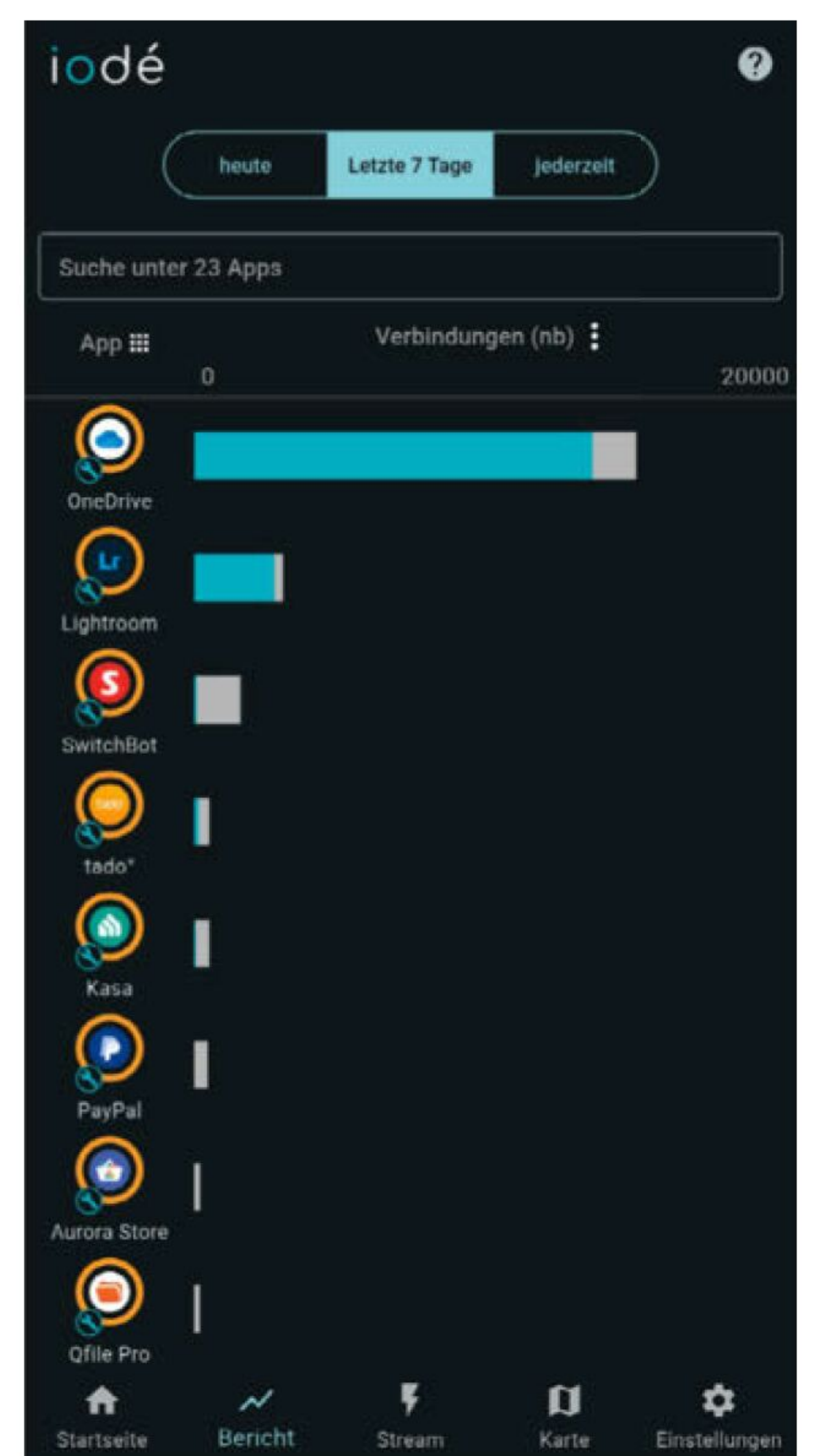
Sie machen auf Ihrem Android-Smartphone regen Gebrauch davon, Apps einzelne Berechtigungen zu entziehen oder ihre Hintergrundaktivität einzuschränken? Beides Ideen der Custom-ROM-Community. Auch den kleinen Indikator, der anzeigt, dass eine App auf Kamera und/oder Mikrofon zugreift, kennen Custom-ROM-Nutzer schon länger. Komplette UI-Themes oder neue Icon-Packs zu installieren oder Akzentfarben frei zu wählen und einen Dark Mode einzustellen, setzte ebenfalls lange Zeit ein Custom-ROM voraus. Selbst wie man heute mit Android-Smartphones interagiert, ist maßgeblich von der Custom-ROM-Community beeinflusst, Stichwort

Gestensteuerung und „Zum Aktivieren zweimal tippen“.

Ritterschlag oder Todesstoß?

Dass das Milliardenunternehmen Google viele der Ideen der Community in sein Android integrierte, darf man als Ritterschlag für die Szene bewerten. Allerdings war es ein vergifteter Ritterschlag. Denn je mehr der früheren Alleinstellungsmerkmale der Custom-ROMs sich Google einverleibte, desto weniger Vorteile boten diese.

Andererseits handelte man sich mit der Installation eines alternativen Betriebssystems mit der Zeit handfeste Nachteile ein. Denn langsam, aber stetig begann Google, das offene Android immer weiter zu beschneiden und relevante Funktionen nicht mehr im AOSP zu veröffentlichen. Das geschah zumindest teilweise mit guten Absichten: Google wollte die Sicherheit von Android erhöhen und gleichzeitig der Fragmentierung des Systems, die ein immer größeres Problem darstellte, entgegenwirken. Viele Hersteller brachten in der Boomphase ein Smartphone nach dem anderen auf den Markt



Mit einer eingebauten Firewall verhindert iodéOS, dass Apps mit unliebsamen Trackern kommunizieren.

und scherten sich herzlich wenig um Updates, sodass es Zeiten gab, in denen gut und gerne drei Viertel aller Android-Nutzer mit hoffnungslos veralteter Software unterwegs waren.

Mit Project Treble und Project Mainline zog Google deswegen immer mehr relevante Funktionen aus dem Betriebssystemkern heraus und verfrachtete sie in die Play-Dienste. Das hat den Vorteil, dass kritische und relevante Updates direkt auf Googles Geheiß über den Play Store aktualisiert werden – auch bei Smartphones, deren Hersteller die Updates schleifen lassen.

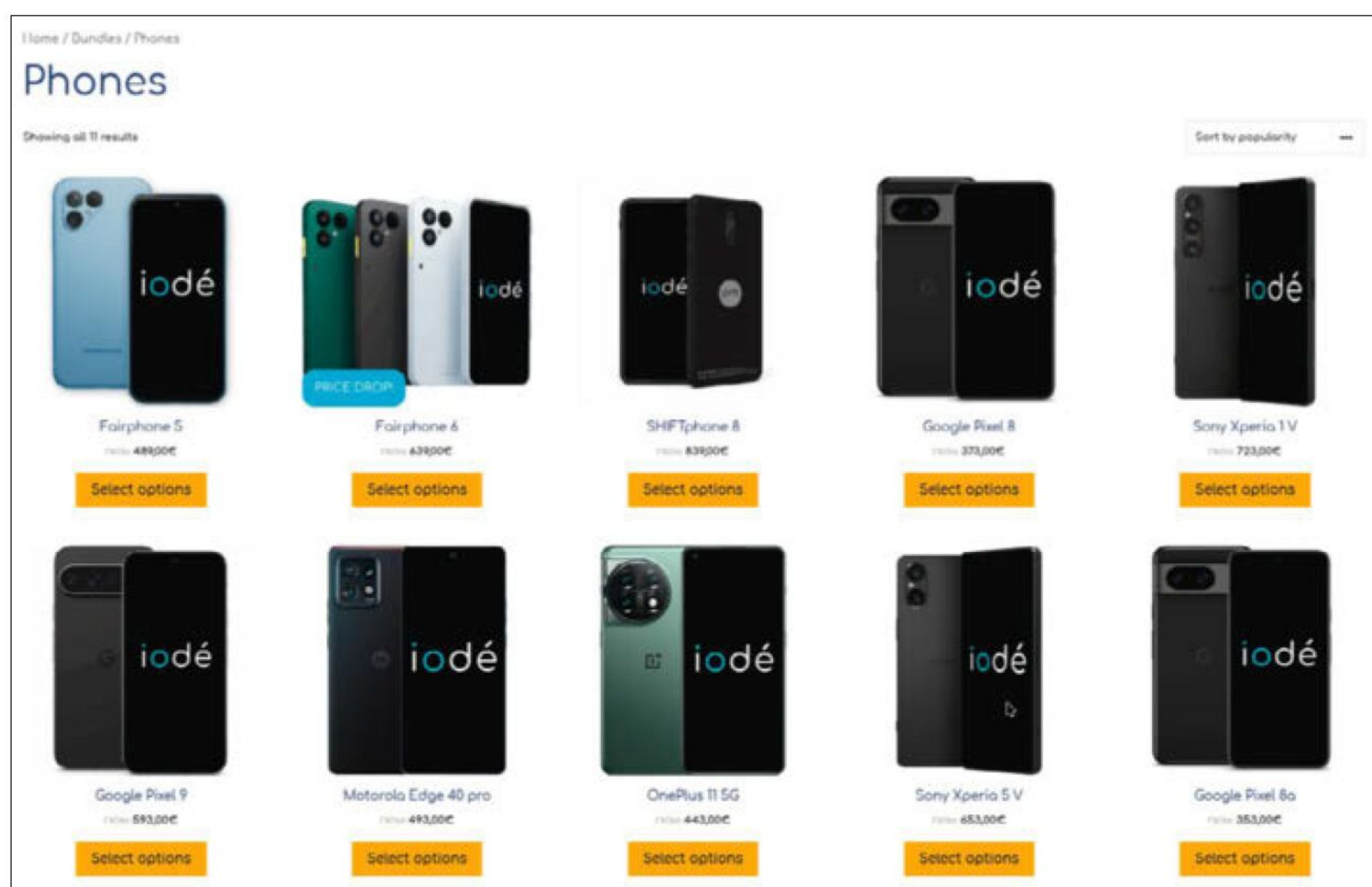
Alternative Play-Dienste

Das ist gut aus Sicht der Nutzer, aber schlecht für Entwickler von Custom-ROMs. Die Play-Dienste stehen nicht unter einer Open-Source-Lizenz, weshalb die Custom-ROM-Entwickler sie weder anpassen können noch überhaupt mitliefern dürfen. Bislang entging die Szene der Problematik dadurch, dass die Play-Dienste zusammen nach der Installation eines Custom-ROMs in Form eines Extra-Images, den sogenannten GApps, nachinstalliert wurden. Die nun von Google ausgespielten Play-System-Updates verkomplizieren das.

Andere ROMs setzen auf eine freie Alternative zu den Play-Diensten. Die MicroG-Dienste bilden quelloffen deren Funktionen nach, wofür die Entwickler mittels Reverse Engineering versuchen, die genaue Funktionsweise der originalen Dienste zu ergründen. Es besteht also die Gefahr, dass bei systemseitigen Änderungen von Google auf Smartphones mit MicroG manche Funktionen nicht mehr funktionieren, bis ein Update bereitsteht.

Dazu kommt, dass Smartphones mittlerweile der Schlüssel für die digitale Identität sind: Mit dem Smartphone wird an der Kasse bezahlt, der Bankauftrag freigegeben, kommuniziert und manchmal sogar das Auto oder die smarte Wohnungstür aufgeschlossen. Dienstanbieter legen deshalb Wert auf Sicherheit und die Integrität des Smartphones. Google brachte mit SafetyNet und später Play Protect APIs heraus, mit denen App-Anbieter die Sicherheit des Systems überprüfen und ein digitales Rechtemanagement umsetzen können.

Sie haben aber den unschönen Nebeneffekt, dass viele Custom-ROMs im Alltag nur eingeschränkt funktionieren. Sofern man den Bootloader nach deren Installati-



Einfacher Einstieg: Einige Entwicklerteams wie iodeOS verkaufen Smartphones mit vorinstalliertem Custom-ROM.

tion nicht wieder schließt oder die Play-Dienste fehlen, versagen viele Apps für Banking, Streaming oder Spiele ihren Dienst. Für Nutzer, die Wert auf Datensouveränität und Privatsphäre legen, ist das doppelt ärgerlich, denn wirkliche Unabhängigkeit und soliden Datenschutz gibt es bei den ROMs der Gerätehersteller, den sogenannten Stock-ROMs nicht. Angesichts des Umsatzes, den Google und App-Anbieter mit den Nutzerdaten machen, dürfte es für die Verantwortlichen ein willkommener Nebeneffekt sein, dass Nutzer sich von datenschutzfreundlichen Custom-ROMs wieder abwenden, weil ihnen die Nachteile zu gravierend erscheinen.

Schwierige Zeiten

Genährt wird der Verdacht auch davon, dass Google in den letzten Monaten einige weitere Änderungen auf den Weg gebracht hat, die die Entwicklung von Custom-ROMs erschweren. So hat der Konzern die Veröffentlichung von Android-Sicherheitspatches geändert: Nur Lücken mit hohem Risiko sollen weiterhin monatlich gepatcht werden, andere nur noch quartalsweise. Google nennt das „Risk-Based Update System“ (RBUS). Die Folge: Custom-ROM-Entwickler können ebenfalls keine monatlichen Sicherheitsupdates mehr liefern.

Eine weitere Änderung soll laut Google die Entwicklung eigener Android-Versionen erleichtern, nur sieht die Szene

das gänzlich anders. Bislang galten die Pixel-Smartphones als offizielle Entwicklertelefone mit einer Referenzimplementierung von Android. Deshalb waren Google-Smartphones die erste Wahl für die Nutzung eines Custom-ROMs. Da alle benötigten Komponenten im Quelltext für Pixel-Phones vorlagen und man ihren Bootloader problemlos entsperren kann, war praktisch jedes ROM für die Google-Telefone verfügbar.

Seit Android 16 ist die Referenz jedoch ein virtuelles Gerät im Android Developer Kit namens Cuttlefish. Entsprechend veröffentlicht Google seit Android 16 keine Device-Trees und keine Treiber-Binärdateien mehr für die Pixel-Geräte – beides sind aber Voraussetzungen für ein Custom-ROM, da diese alle gerätespezifischen Treiber mitbringen müssen. Das Entwickler-Team des Custom-ROMs iodeOS schreibt dazu in seinem Blog, dass die Änderungen die Entwicklung von Custom-ROMs deutlich komplexer machen: „Früher war die Entwicklung neuer Android-Versionen wie das Befolgen eines gut dokumentierten Rezepts. Heute ähnelt es eher dem Reverse Engineering einer geheimen Soße, indem man das Endprodukt probiert.“

Zudem aktualisiert Google AOSP auch nicht mehr im Quartal, sondern nur noch halbjährlich. Für Custom-ROMs bedeutet das, dass die Entwicklung erheblich mehr Handarbeit für die Portierung erfordert und neue Versionen im Vergleich mit

offiziellen Herstellern mit deutlicher Verzögerung bei den Nutzern landen.

Unbeugsam

Trotz all dieser neu hinzugekommenen Hürden für die Custom-ROM-Szene sind immer noch einige Custom-ROMs lebendig. Zu den wichtigsten gehören /e/OS, GrapheneOS, iodéOS und das aus CyanogenMod hervorgegangene LineageOS, die wir auf den folgenden Seiten vorstellen. Die Vielfalt bedeutet nicht, dass man jeweils nur Android in einer geringfügig neuen Geschmacksrichtung bekommt. Jedes der vorgestellten ROMs verfolgt ein anderes Ziel. So lässt sich GrapheneOS besonders sicher und ohne jede Verbindung zu Google nutzen – mit allen Einschränkungen und Komforteinbußen, die das bedeutet. Jedoch lassen sich die Google-Play-Dienste unter GrapheneOS installieren und durch eine Sandbox sichern. Dann hat man fast den vollen Android-Funktionsumfang, aber mit deutlich mehr Privatsphäre.

/e/OS von Murena verfolgt den Ansatz, den Komfort der Google-Cloud durch freie Alternativen zu ersetzen. Kontakte, Kalendereinträge und Dateien landen in einer eigenen oder von Murena bereitgestellten Nextcloud, während Apps via F-Droid und bei kommerziellen Apps aus dem Play-Store-Tunnel Aurora Store installiert werden. Zudem wird /e/OS genau wie iodé auch auf Smartphones vorinstalliert zum Kauf angeboten, was es für technisch weniger versierte Nutzer interessant macht.

LineageOS und iodéOS eignen sich wiederum für Nutzer, die die Google-Abhängigkeit verringern wollen, hersteller-spezifische Anpassungen der Android-Oberfläche loswerden möchten oder die für ihr Telefon keine (regelmäßigen) Updates bekommen. Bei beiden hat man die Wahl, wie viel Google man möchte, indem man die Play-Dienste installiert oder sich für deren freie Alternative MicroG entscheidet.

Nutzer, die Wert auf Datenschutz und Privatsphäre legen, fanden bislang in CalyxOS einen weiteren vielversprechenden Kandidaten. Das System geht bei den Sicherheitsfeatures nicht so weit wie GrapheneOS, bringt aber eine Vielzahl sinnvoller Erweiterungen mit. So lässt sich nach der Installation der Bootloader wieder verschließen, damit das Telefon keine Angriffsvektoren so groß wie Scheunentore bietet.

Für den datensparsamen Alltag hat CalyxOS unter anderem Cloudflare-DNS und eigene Backup- und VPN-Lösungen implementiert. Highlight ist eine eigene Firewall, mit der man die Internetzugriffe aller installierten Apps in einer eigenen Oberfläche auf Betriebssystemebene kontrollieren kann. Anders als bei Nachrüstlösungen wird der Netzwerkverkehr dafür nicht durch ein virtuelles VPN geschleust, sodass man weiterhin eine VPN-Verbindung zum Heimnetz, dem Arbeitgeber oder einem kommerziellen VPN-Anbieter aufbauen kann. In dieser Hinsicht haben /e/OS und iodé aufgeholt und kommen ebenfalls mit Firewalls, die zusätzliche VPN-Verbindungen zulassen.

Ferner verringert CalyxOS die Abhängigkeit von Google signifikant: Die Play-Dienste bringt das System nämlich nicht mit, sondern nutzt stattdessen MicroG. Das Projekt hat sich zum Ziel gesetzt, das Google-API quelloffen nachzubauen. Die meisten Apps, die Google-Schnittstellen nutzen, funktionieren mit MicroG, wobei das Projekt zwar auch Daten mit Google-Servern austauscht, aber nicht so invasiv wie die Play-Dienste.

CalyxOS richtet sich neu aus

Leider konnten wir CalyxOS im Rahmen dieser Artikel keinem neuen Test unterziehen, da dessen Entwicklung sich derzeit in einem Umbruch befindet: Vergangenen Sommer hatten in kurzer Folge erst Nicholas Merrill, Präsident und Gründer des Calyx Institute, und Chirayu Desai, der technische Leiter von CalyxOS, die Organisation verlassen. Das verbleibende CalyxOS-Team teilte mit, dass man sich neu ausrichten wolle und dieser Prozess voraussichtlich ein halbes Jahr dauern werde.

Offenbar ging es hinter den Kulissen nicht friedlich zu, denn das neue Team hat die Signierungs- und Verifizierungsprozesse auf neue Signaturschlüssel umgestellt, sodass Geräte, auf denen CalyxOS bereits läuft, keine Updates mehr bekommen. Überdies hat man den Download neuer System-Images für Neuinstallationen eingestellt. Es ist deshalb derzeit nicht möglich, CalyxOS sicher zu installieren und zu betreiben. Und so illustriert CalyxOS unfreiwillig, dass man sich mit Custom-ROMs zwar aus der Abhängigkeit von Google (weitgehend) befreit, doch auf eine funktionierende Entwicklerszene angewiesen bleibt. (rbr@ct.de) **ct**

iX-mal intelligenter



www.iX.de/rabe

Testen Sie jetzt das iX-Miniabo:

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

Hier bestellen



www.iX.de/rabe

0511 / 647 22 888

leserservice@heise.de



Bild: Martina Bruns / KI / heise medien

Verrammelt und verriegelt

Android und Apps ohne Custom-ROM datensparsam nutzen

Wer ein Android-Handy nutzt, teilt seine Daten meist unfreiwillig mit Google, dem Smartphone-Hersteller und der Werbeindustrie. Zum Glück kann man mit wenigen Klicks und den richtigen App-Alternativen den Datenabfluss drastisch reduzieren, auch ohne Custom-ROM.

Von Stefan Porteck

Auf modernen Smartphones fließen in großem Maß Daten über unterschiedliche Wege zu verschiedenen Unternehmen ab. Und Google ist dabei bei Weitem nicht die einzige Datenkrake.

Doch glücklicherweise ist man dem Treiben nicht schutzlos ausgeliefert. Wer Telemetrie- und Nutzungsdaten an Meta, Google und andere Werbenetzwerke eindämmen will, schafft das zwar am besten mit einem Custom-ROM. Aber auch mit Bordmitteln und ein paar Tools kann man sich gegen die Spionage von Drittanbieter-Apps gut wehren. Im Folgenden zeigen wir, wie Sie Ihr Smartphone mit Einstellungen in Apps und Betriebssystem datensparsam benutzen und wie Sie mit eigener Firewall gezielt das Tracking verhindern. Für etliche Standard-Apps schlagen wir praktische Alternativen vor. Die vorgestellten Apps finden Sie über ct.de/y4ey.

Suche und Launcher

Mit dem **Lawnchair-Launcher** bekommen Sie einen Homescreen-Ersatz, der optisch dem Pixel-Launcher gleicht und ihn funktional sogar übertrifft. Die eingebaute Suche gibt die Suchanfragen auch an andere Apps weiter, etwa an den Browser, der die Websuche mit DuckDuckGo oder Startpage ausführt. Nach Apps, Kontakten und Kalendereinträgen sucht die Suchleiste von Lawnchair lokal auf dem Smartphone. Der ebenfalls quelloffene Launcher **Kvaesitso** ist stark auf eine Suchfunktion ausgerichtet. Dabei durchsucht er sogar Apps, etwa Spotify, nach einem bestimmten Künstler.

Tastatur-Apps

Im Hinblick auf Privatsphäre ist die Softwaretastatur besonders sensibel. Auch sie erhebt Nutzerdaten – wenn auch zum eigentlich gewünschten Zweck, sinnvolle

Vorschläge fürs nächste Wort zu präsentieren. Doch die auf vielen Smartphones vorinstallierte Gboard-Tastatur geht einen Schritt weiter, indem sie zur „Produktverbesserung“ gelegentlich von Nutzern getippte Texte zu Google senden möchte – ein absolutes No-Go.

Wer dem Schalter zum Deaktivieren der Datenübertragung nicht traut, greift besser gleich zu einer Tastatur, die keine Daten ins Internet überträgt. Zwei solcher Open-Source-Kandidaten sind die Tastaturen von **FUTO** und **HeliBoard**. Beide bieten dank herunterladbarer Wörterbücher eine Textkorrektur und automatische Vorschläge fürs nächste Wort. FUTO schneidet dank lokaler KI-Modelle etwas besser ab.

Kalender-Apps

Ähnlich persönlich ist der Kalender. Kaum jemand möchte, dass Google oder der Smartphone-Hersteller über den anstehenden Arzttermin zur Darmspiegelung Bescheid wissen.

Abhilfe ist aber ziemlich leicht: Man synchronisiert seine Termine einfach über einen anderen Dienst. Android unterstützt dafür die Synchronisierung mit Exchange-Konten und kompatiblen Diensten. Freier ist man mit dem offenen CalDAV/CardDAV-Protokoll, das Kalendereinträge und auch Kontakte mit Webservern synchronisiert. Statt bei Google liegen die Daten dann bei GMX oder Mailbox.org. Wer keinem Drittanbieter traut, setzt entweder auf einem Heimserver eine Nextcloud auf oder installiert mit wenigen Mausklicks den offenen DAV-Server **baikal** bei einem Webhoster.

Weil CalDAV/CardDAV weiterhin in Android fehlt, übernimmt den Datenaustausch zwischen Server und Handy das Tool **DAVx5**. Die so synchronisierten Daten zeigt die Google-Kalender-App an. Aber selbst für die gibt es zahlreiche Alternativen, teils sogar mit größerem Funktionsumfang und besserer Bedienung. Darf die App ein paar Euro kosten, lohnt sich ein Blick auf **aCalendar+**: Sie legt auf Wunsch lokale Kalender an, die das Smartphone nicht verlassen, erinnert an Geburtstage der Kontakte und bindet Wochennummern, Feiertage und Ferien ein.

Alternative Browser

Um vor Malware und Phishing zu schützen, überträgt Chrome alle Eingaben in die Adressleiste zu Google. Da man in Chrome in aller Regel mit seinem Google-Account angemeldet ist, hinterlässt man

beim Surfen eine eindeutige Datenspür. Das sogenannte Safe Browsing kann man in den Einstellungen zwar abstellen, wer aber dennoch ein mulmiges Gefühl hat, wechselt gleich den Browser und bekommt neben mehr Privatsphäre oben drein einen gehörigen Mehrwert.

Im Play Store und bei F-Droid gibt es etliche freie Browser. Am bekanntesten dürfte **Firefox** sein. Wer keine Lust auf dessen eigene Telemetrie hat, nimmt besser gleich von F-Droid den Fork namens **Fennec**, bei dem die Komponenten zur Datenerfassung entfernt wurden. Ansonsten unterscheiden sich Fennec und Firefox nicht im Funktionsumfang: Beide erlauben Anmelden mit einem Mozilla-Konto, sodass man Passwörter, Verlauf, Bookmarks und offene Tabs verschlüsselt mit dem Desktop und anderen Geräten synchronisieren kann. Großer Pluspunkt von Fennec und Firefox: Auch die mobilen Varianten unterstützen Browser-Add-ons. Installiert man **uBlock**, **NoScript** oder **Privacy Badger**, blockieren die Add-ons viele Trackingdienste und Werbenetzwerke.

Eine weitere Alternative ist der auf Chromium aufbauende Browser **Vivaldi**. Der norwegische Hersteller verspricht, die Nutzer nicht zu tracken. Erst unlängst hatte Vivaldi verkündet, dass der Browser darüber hinaus KI-frei ist und bleibt. Zwar unterstützt Vivaldi keine Add-ons, bringt dafür aber einen eigenen Blocker für Tracking und Werbung mit. Dessen Engine ist kompatibel mit Filterlisten von uBlock, sodass man einfach eigene Filter hinzufügen kann.

Cloudalternativen

Android ist seit jeher sehr eng mit Google-Cloud-Diensten verzahnt: Fotos landen bei Google Photos, Cloudspeicher gibt es bei Google Drive und so weiter. Wer Spaß an Softwarebasteleien hat, setzt auf einem Raspberry Pi eigene Clouddienste auf. Für Dateien und vieles mehr ist **Nextcloud** die erste Wahl. Für Fotos gibt es mit **Immich** eine Fotogalerie, die Google Photos praktisch in nichts nachsteht.

Die Kehrseite ist, dass Installation und Instandhaltung nicht für Otto Normalverbraucher geeignet sind. Das fängt beim regelmäßigen Aktualisieren des Heimservers an und hört bei der Einrichtung von SSL-Zertifikaten für einen sicheren Zugriff von unterwegs auf. Wer diesen Aufwand scheut, der Google-Verzahnung aber dennoch entgehen möchte, ist besser beraten, einen dieser Dienste bei einem der unzäh-

ligen Hosting-Anbieter für ein paar Euro im Monat zu mieten.

Browser statt App

Sobald man sich einen datensparsamen Browser ausgesucht hat, sollte man ihn auch umfangreich einsetzen. Viele Diensteanbieter, die auch mit Nutzerdaten Geld verdienen, versuchen regelrecht, den Anwendern ihre Apps aufzuschwatzen. Der Grund ist der, dass das Rechtemanagement von Android leider nicht besonders engmaschig ist. Das gezielte Entziehen von Rechten schränkt Apps zwar ein, in der Praxis rutscht aber viel durch.

Wo immer es möglich ist, lässt man Apps deshalb besser links liegen und nutzt stattdessen einfach das Webinterface im Browser. Das klappt beispielsweise bei vielen Lieferdiensten und sozialen Netzwerken. Damit man nicht jedes Mal die Webadresse von Hand aufrufen muss, bietet es sich an, die gewünschte Seite als Verknüpfung auf dem Homescreen zu speichern.

Für soziale Medien des Meta-Konzerns bringt die Nutzung im Browser aber einen anderen Nachteil mit. Meldet man sich bei Facebook und Instagram im Browser an, schneidet der Mutterkonzern Meta über Like-Buttons praktisch das gesamte Surfverhalten mit.

Für dieses Problem gibt es Apps, die Webseitenverknüpfungen wie eine Progressive-Web-App intern speichern und dabei die Daten und Cookies der einzelnen Seiten voneinander isolieren. Eine davon ist die kostenpflichtige App **Hermit**. Sie zeigt beim Start wie ein App-Launcher alle gespeicherten Webdienste in einer Liste an.

Wer kein Geld ausgeben will, greift zu einer Open-Source-Alternative: Auch die bei F-Droid verfügbare App **Nora** speichert Webseiten als interne App-Verknüpfungen. Beim Start öffnet sie diese mithilfe von Androids Webview-Komponenten und filtert ebenfalls Werbung und Tracker heraus.

Rechte finden und entziehen

Trotz aller Bemühungen wird es stets Apps geben, für die man keine Alternative findet und die man auch nicht durch eine Webversion im Browser ersetzen kann. Wie breit deren Datenspür ausfällt, hängt davon ab, welche Rechte man ihnen einräumt. Glücklicherweise bieten aktuelle Android-Versionen mit dem „Privatsphäre-Dashboard“ ein gutes Bordmittel, um Apps auf die Finger zu schauen.

Dort findet man eine Liste, welche Apps in den vergangenen 24 Stunden auf die Kamera, das Mikrofon oder die Standortdaten des Smartphones zugegriffen haben. Die Treffer sollte man regelmäßig prüfen und einige Apps wieder an die Leine legen. So braucht WhatsApp keinen Zugriff auf das Mikrofon, wenn man keine Sprachnachrichten verschicken oder telefonieren will. Auch der Standort ist bei Messengern meist überflüssig.

Andere Rechte benötigen Apps nur bei der Ersteinrichtung und danach nie wieder: Dazu zählt beispielsweise der Zugriff auf Telefon und SMS, um eine Zweifaktor-Benachrichtigung zu empfangen, oder die Kamera, um einen QR-Code zum Koppeln eines Gerätes zu scannen. Alle diese nicht für den täglichen Betrieb nötigen Rechte sollte man jeder App wieder entziehen. Die Sorge, dass man übers Ziel hinausschießt, ist dabei unbegründet, denn wenn eine App eine widerrufene Berechtigung zwingend benötigt, fordert sie sie beim nächsten Start erneut an.

Besonders sensibel ist der Standortzugriff. Android unterscheidet hierbei zwischen dem ungefähren Standort, der auf ein Stadtviertel oder einen Häuserblock genau ist, und dem exakten, der mithilfe von GPS die Position auf wenige Meter genau ermittelt. Letzteren fordern zwar viele Apps an, benötigen ihn aber meist nicht.

Eine Besonderheit sind Apps, die mit Bluetooth-Geräten kommunizieren möchten, beispielsweise die Companion-Apps von Bluetooth-Kopfhörern, Smart-Home-Geräten oder Fitness-Uhren. Da eine App aus den Bluetooth-IDs der Geräte in der Umgebung möglicherweise mithilfe von ID-Datenbanken auf den Standort des Handys schließen kann – ähnlich wie aus den MAC-Adressen von Routern oder den Kennungen von Mobilfunkmasten –, verlangt Android für alle Apps, die einen Bluetooth-Scan durchführen, ebenfalls die Standortberechtigung. Viele solcher Apps scannen aber nur beim Erststart oder Anlernen neuer Geräte per Bluetooth, sodass Sie ihnen den Standortzugriff danach wieder entziehen können.

Android einschränken

Nach dem Aufräumen der App-Berechtigungen ist Android selbst an der Reihe. Etliche Datenerhebungen von Google lassen sich ausschalten, wenn man die manchmal tief vergrabenen Optionen findet. Die erste Anlaufstelle sind die

Android-Einstellungen, von wo man unter „Google-Dienste“ fündig wird. Klicken Sie dort auf „Alle Dienste“ und schalten unter „Nutzung und Diagnose“ die Telemetriedaten und löschen unter „Werbung“ die eindeutig dem Smartphone zugeordnete Werbe-ID.

Zurück in den Google-Diensten tippt man anschließend aufs eigene Profilbild und danach auf „Google-Konto verwalten“. In den Kontoeinstellungen wird man unter „Daten und Datenschutz“ fündig: Schalten Sie dort den Verlauf für „Web & App-Aktivitäten“ sowie für den Standort und für YouTube ab und entfernen Sie bei der Gelegenheit auch gleich den bisherigen Verlauf von den Google-Servern.

Weiter unten legen Sie unter „Mein-Anzeigen-Center“ fest, dass kein Werbeprofil angelegt werden soll und dass die Suche nicht personalisiert werden soll. Noch weiter darunter finden Sie die Einstellungen, welche weiteren Anbieter Zugriff auf Ihr Konto haben, beispielsweise Fitness-Dienste wie Strava, die auf Google

Fit zugreifen. Insbesondere wenn man viele Apps ausprobiert, sammelt sich dort über die Zeit einiges an. Deshalb lohnt es sich, regelmäßig auszumisten und Drittanbietern den Zugriff auf die Daten wieder zu entziehen.

Sofern man keine gekauften Apps nutzen möchte, kann man sich das Verrammeln der Google-Konto-Einstellungen sparen. Auch ohne Custom-ROM ist es möglich, ein Android-Smartphone zu nutzen, ohne sich mit einem Google-Konto anzumelden. Damit entfällt aber die Möglichkeit, Apps über den Play Store zu beziehen. Abhilfe schafft dann der Aurora Store, den man zunächst via F-Droid installiert. Er lädt Apps von den offiziellen Servern des Play Store herunter. Bei kostenlosen Anwendungen braucht er dafür keine Zugangsdaten.

Spy- und Werbe-Tracker blockieren

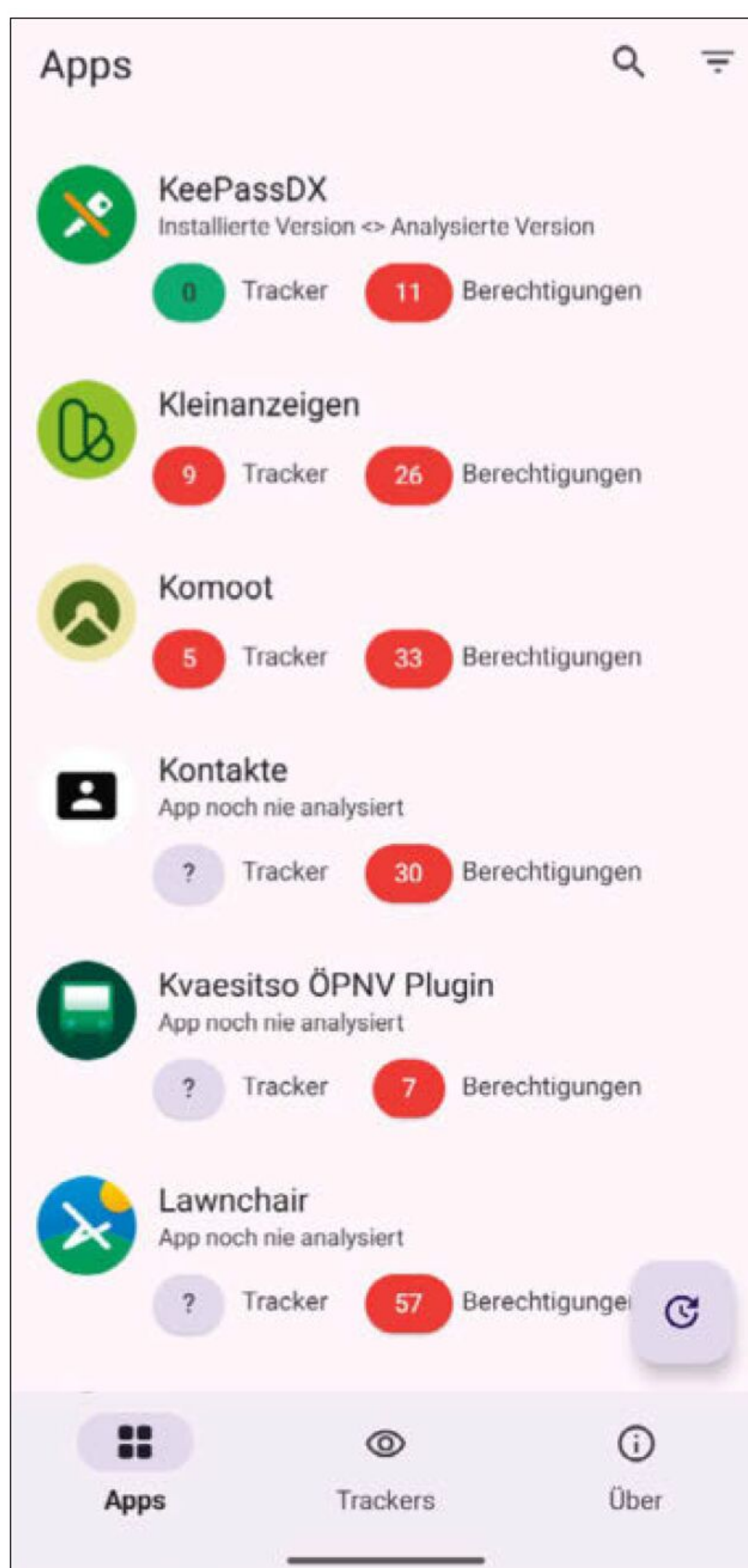
Nachdem Sie die wichtigsten Löcher von Android gestopft haben und Standard-Apps gegen den Browser oder datensparsame Alternativen ausgetauscht haben, sollten Sie sich nun um die übrigen Apps kümmern. Das Problem dabei: Einer App sieht man von außen nicht an, welche Werbenetzwerke sie nutzen. Damit man nicht vollständig im Dunkeln tappt, ist zunächst eine Bestandsaufnahme nötig. Dafür eignet sich die Datenbank von Exodus Privacy sehr gut.

Exodus scannt alle auf dem Smartphone installierten Apps und gibt eine detaillierte Auswertung, welche Tracker welche Apps einsetzen. So lassen sich die schlimmsten Datenschleudern entlarven und durch eine datensparsame Alternative ersetzen.

Das Ergebnis der eigenen App-Forensik dürfte in den meisten Fällen ernüchternd bis besorgniserregend ausfallen. Doch keine Panik, nur weil eine App zehn Werbetracker enthält, ist man denen nicht schutzlos ausgeliefert. Auch ohne Custom-ROM lässt sich in jeder Android-Version eine Firewall aufsetzen, die ungewollte Verbindungen zu Trackingservern und Werbenetzwerken unterbindet. Eine App mit Werbetrackern kann dann Daten erheben, wie sie mag, sie werden das Smartphone niemals verlassen.

Apps beschränken

Um ohne Root-Rechte eine Firewall aufzusetzen, bedienen sich Blocking-Apps eines simplen, aber genialen Tricks: Sie



Mit Exodus Privacy sieht man sofort, welche App viele Rechte einfordert und Daten an Tracking-Netzwerke verschickt.

bauen dazu ein lokales VPN auf, durch das der gesamte Internetverkehr geschleust wird. Dabei ist es egal, ob man sich in einem WLAN befindet oder eine Mobilfunkverbindung nutzt.

Die Blocker- oder Firewall-App fängt mithilfe von Filterlisten den ungewollten Verkehr ab und blockiert ihn. Konkret werden die DNS-Anfragen zu Werbenetzwerken nicht beantwortet, sodass die Verbindung mangels Namensauflösung schlicht nicht zustande kommt.

Da dieser Ansatz gegen Googles Richtlinien des Play Store verstößt, bekommt man solche Blocker nur bei F-Droid. Eine schlanke und kostenlose Anwendung ist die von der University of Oxford entwickelte App **Tracker Control**. Außer Blocking hat Tracker Control auch eine Analysefunktion, die den Code von Apps gezielt auf Tracker untersucht. Zudem kann man den Internetzugang einzelner Apps komplett sperren. Einen ähnlichen Funktionsumfang bietet die ebenfalls kostenlose Open-Source-App **AdAway**, die ebenfalls über F-Droid installiert werden kann.

Wer sich tief einarbeiten möchte, erhält mit **NetGuard** eine ausgewachsene Firewall. Sie nutzt ebenfalls den VPN-Trick und lässt sich sehr umfangreich an eigene Wünsche anpassen. So kann man für jede App einzeln einstellen, ob sie immer, nur bei eingeschaltetem Display oder nie Internetzugriff bekommt und ob der Traffic durch die Firewall muss – und das auch jeweils getrennt nach WLAN- und Mobilfunkverbindungen.

Um Werbung und Tracker auszufiltern, muss man selbst DNS-Listen in der App anlegen und sie permanent aktuell halten – viel Aufwand. Wer absolute Kontrolle wünscht, konfiguriert Netguard so, dass sämtlicher Traffic zunächst verboten ist und man jeder App nur den Zugriff zu gewünschten Hosts erlaubt. Das Anlegen individueller Ausnahmeregeln für jede einzelne auf dem Handy installierte App bringt zwar maximalen Schutz, erfordert aber auch einen Konfigurationsaufwand, der locker einen Tag in Anspruch nimmt.

Alle drei Apps lassen sich direkt beim Booten starten. Damit kein Traffic durchrutscht, sucht man in den Android-Einstellungen nach VPN, tippt auf den dortigen Eintrag von AdAway, NetGuard oder Tracker Control und schaltet „Durchgehend aktives VPN“ und „Verbindungen ohne VPN blockieren“ ein. Android bringt aber leider die Einschränkung mit sich, dass jeweils nur ein VPN aktiv sein kann.

Verwendet man die Blocker, lässt sich nicht gleichzeitig ein VPN zum heimischen Router oder zum Firmennetzwerk des Arbeitgebers aufbauen.

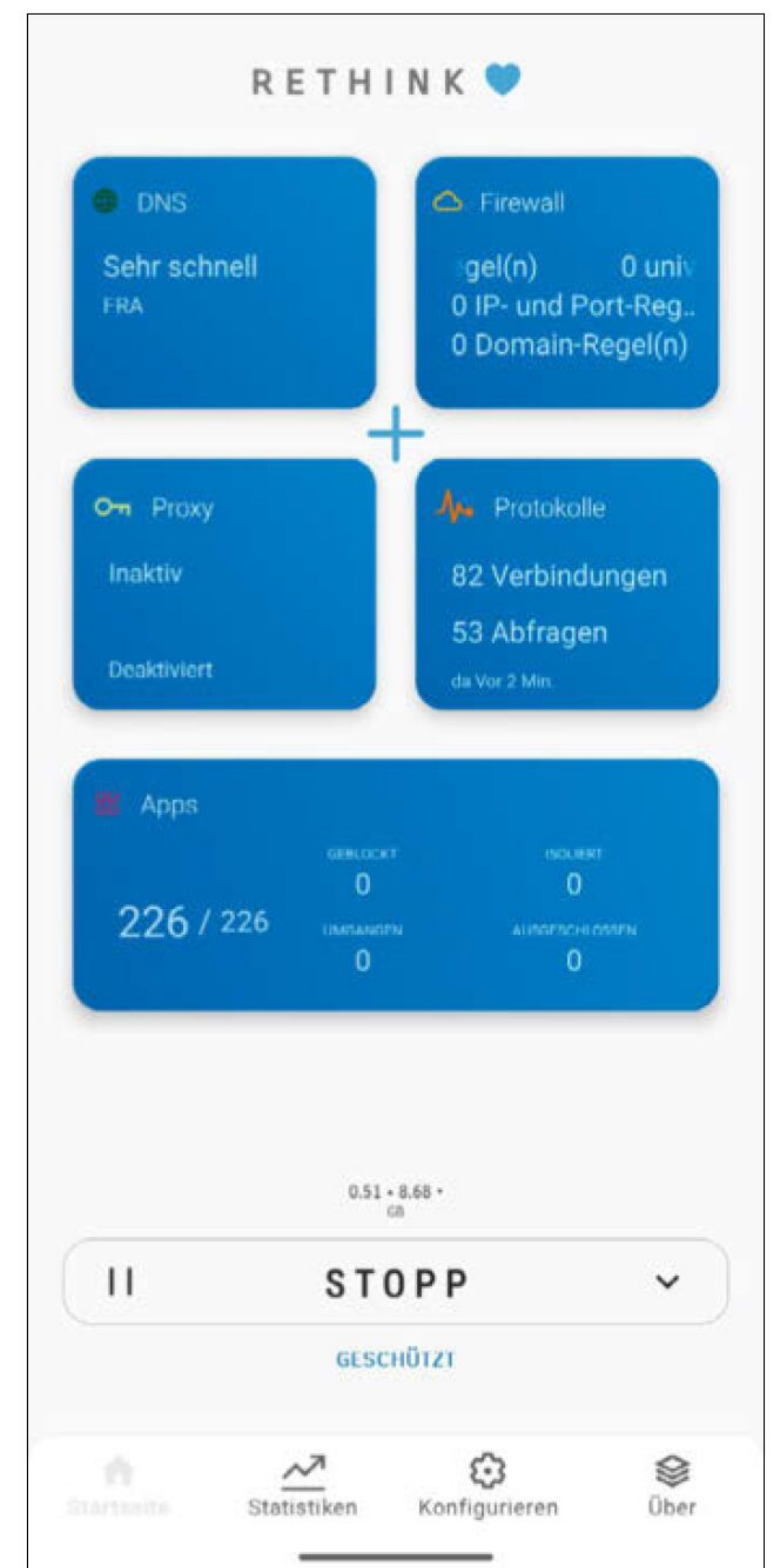
Dieses Problem umgeht der neue Stern am Blocker-Himmel: Das Tool **RethinkDNS** arbeitet unter anderem ebenfalls mit einem internen VPN, hat aber eine integrierte Unterstützung von WireGuard. Richtig konfiguriert baut es einen VPN-Tunnel zum gewünschten Netzwerk auf und filtert den Netzwerkverkehr trotzdem anhand seiner eigenen Filterlisten. Darüber hinaus hat RethinkDNS einen reinen DNS-Modus, bei dem internes VPN und Firewall ausgeschaltet werden und die Privatsphäre dadurch erhöht wird, dass Android öffentliche DNS-Server benutzt, die Anfragen zu unerwünschten Werbenetzwerken nicht auflösen.

Apps einsperren

Für manche Apps findet man partout keine datensparsame Alternative und manche lassen sich auch mit Firewalls nicht in die Schranken weisen, ohne dass ihre Funktionalität in Mitleidenschaft gezogen wird. Für diese harten Fälle gibt es aber ebenfalls eine Lösung. Android hat zu diesem Zweck seit Android 15 einen Datentresor, den sogenannten „Privaten Bereich“.

In diesem zweiten Nutzerprofil kann man andere – oder keine – Konten für Adressen und Termine anlegen, andere Apps installieren oder eine bereits genutzte App mit anderen Einstellungen und Konten installieren. Selbst ein zweites Google-Konto ist so möglich. Die unter dem zweiten Nutzerprofil installierten Apps bekommen also keinen Zugriff aufs Hauptadressbuch und -Terminverzeichnis. Auch die Dateien bleiben getrennt, da das Zweitprofil einen eigenen „internen gemeinsamen Speicher“ bekommt.

So erreicht man eine saubere Trennung: Im Hauptkonto installiert man alle datensparsamen Apps und im zweiten Nutzerkonto die Datenschleudern. Der Vorteil: Solange man den privaten Bereich nicht entsperrt, sind alle Apps darin vollständig pausiert. Sie können also nicht den Standort erheben, aufs Internet zugreifen oder Sensordaten abgreifen und Benachrichtigungen empfangen. Der Datentresor eignet sich damit für alle Apps, die man nur gelegentlich braucht. Auch Messenger kann man so einsperren, bekommt dann aber keine Benachrichtigungen mehr, wenn jemand anders schreibt oder darüber anruft. Die Aktionen der Kontakte



RethinkDNS filtert via DNS-Filter Werbekomponenten und arbeitet auf Wunsch auch als vollwertige Firewall.

sieht man nur, wenn man explizit in den privaten Bereich schaut.

Fazit

Datenschutz fängt bei den eigenen Gewohnheiten an. Mit den richtigen Tools lassen sich Datenschleudern enttarnen und durch geeignete Alternativen oder den Browser ersetzen. Jede Anwendung, die man über den Browser anstelle einer dedizierten App nutzt, ist ein Gewinn für die Privatsphäre.

Für Anwendungen, bei denen das nicht geht, helfen Firewall- und Blocker-Apps. Sie kappen ungewollte Netzwerkverbindungen. Mit getrennten Arbeitsbereichen bringt Android selbst ein mächtiges Werkzeug mit, um die Kontrolle über die eigenen Daten zu behalten. Wer dann noch das Betriebssystem selbst ein wenig abdichtet, kann sich auch ohne Custom-ROM aus den Fesseln der Google-Abhängigkeit und von anderen Diensten befreien. (spo@ct.de) **ct**

Im Artikel erwähnte Tools: ct.de/y4ey

Fort Knox

GrapheneOS ist sicher, privat und trotzdem komfortabel

GrapheneOS lässt sich auf Pixel-Smartphones besonders datensparsam betreiben. Auf Wunsch bietet es auch Google-Dienste, legt die aber an die kurze Leine.

Von Stefan Porteck

GrapheneOS hat sich in der jüngeren Vergangenheit zu einem der beliebtesten Custom-ROMs entwickelt – und das, obwohl es ausschließlich für die Pixel-Smartphones von Google erhältlich ist. Es hat einen ausgezeichneten Ruf im Hinblick auf Datenschutz und Sicherheit. Die Graphene-Entwickler stoppen regelmäßig Sicherheitslücken im Betriebssystem und merzen mögliche Angriffsvektoren aus. Viele der Graphene-Patches finden später sogar Eingang in den offiziellen Quellcode von Android.

Das wesentliche Feature ist aber, dass GrapheneOS viel mehr Privatsphäre bietet als reguläre Android-Versionen und gleichzeitig weniger Funktionseinschränkungen mitbringt als andere Systeme: Während bei anderen Custom-ROMs so manche Homebanking-App streikt, Spiele oder Streamingdienste nicht starten, läuft Graphene (fast) wie ein offizielles Android von Google.

Dieser Spagat gelingt GrapheneOS mit einem genialen Kniff: Nach der Installation ist es zunächst Google-frei. Wer ein Maximum an Privatsphäre wünscht, belässt es dabei. Soll das Telefon dagegen kommerzielle Apps aus dem Google Play Store bestmöglich unterstützen, lassen sich die originalen Google-Play-Dienste installieren.

Anders als bei fast allen anderen Custom-ROMs entfällt also der Umweg über die quelloffenen MicroG-Dienste, die Googles Play Services nachbilden.

An die Leine gelegt

Der Clou daran: Anders als auf originalen Android-Varianten laufen die Play-Dienste nicht mit Systemrechten und Vollzugriff auf alle Dateien und Schnittstellen, sondern wie alle anderen Apps in einer Sandbox mit Rechtenmanagement. Entsprechend müssen auch sie jedes einzelne Recht beim Betriebssystem beziehungsweise beim Nutzer erfragen – um etwa auf den Kalender, die Kontakte, den Standort oder das Mikrofon zuzugreifen. Auf herkömmlichen Android-Systemen ist das undenkbar.

Sind die Play-Dienste einmal an Bord, lässt sich auch der Google Play Store aktivieren und vollumfänglich nutzen – inklusive des Kaufs und der Installation kommerzieller Apps. Die meisten Anwendungen verlangen lediglich das Vorhandensein der Play-Dienste; ob sie weitreichende Rechte haben, ist dagegen meist unerheblich.

Entsprechend kann man unter GrapheneOS das Potenzial der Sandbox beziehungsweise der Rechteverwaltung voll ausschöpfen und Google ordentlich ein-



Bild: Martina Bruns / KI / heise medien

bremsen. Als einzige grundlegende Berechtigung brauchen die Play-Dienste lediglich den Internetzugriff, damit Apps über Googles Push-API Benachrichtigungen empfangen können.

Manche Apps sind anspruchsvoller und verlangen möglicherweise, dass die Google-Komponenten den Standort abfragen und Geräte in der Nähe orten dürfen. Selbst hier bietet Graphene mehr Privatsphäre, denn auf Wunsch leitet es Standortanfragen von Apps statt an die Google-Dienste auf einen eigenen Standortdienst um, sodass die Apps wie gewohnt funktionieren, Google aber dennoch nicht mitbekommt, wo man sich befindet.

Sicher weggesperrt

Im alltäglichen Gebrauch lief bei unseren Tests die Mehrzahl aller aus dem Play Store installierten Apps problemlos. Es gibt aber auch Kandidaten, die eine tiefere Systemintegration verlangen. Das kann eine Schlüsselfinder-App sein, die Geräte in der Nähe suchen möchte, oder eine App, die für den Empfang von Zwei-Faktor-Authentifizierungs-codes auf die Telefon- und SMS-Schnittstellen zugreifen will. Meist nutzen solche Apps dafür die API-Schnittstellen des Betriebssystems, was zur Folge hat, dass man auch den Play-Diensten das jeweils geforderte Recht einräumen muss. Die Krux daran: Je mehr Rechte man den Play-Diensten für einige wenige Apps einräumt, desto mehr öffnet man der generellen Datensammlung wieder Tür und Tor.

Doch auch dafür gibt es seit Android 16 eine Lösung, die unter GrapheneOS hervorragend funktioniert: Wer Wert auf Datenschutz und Privatsphäre legt, verfrachtet diese Apps einfach in den von GrapheneOS unterstützten „Privaten Bereich“. Dort räumt man dann den parallel zum Hauptbereich erneut installierten

c't kompakt

- GrapheneOS ist sehr sicher und datensparsam.
- Auf Wunsch laufen Google-Dienste mit mehr Privatsphäre.
- GrapheneOS ist nur für Pixel-Smartphones erhältlich.

Play-Diensten die benötigten erweiterten Rechte ein.

Ist der private Bereich entriegelt, taucht er mit seinen enthaltenen Apps am unteren Ende der App-Übersicht auf. Alle darin installierten Anwendungen starten wie gewohnt und laufen lediglich mit der gewollten Einschränkung, dass sie nicht auf den Datenspeicher des Hauptprofils zugreifen können. Verriegelt man den Datentresor in der App-Übersicht, werden alle darin befindlichen Apps gestoppt. Sie können augenblicklich keine Aktivitäten mehr im Vordergrund oder Hintergrund ausführen, keine Benachrichtigungen mehr empfangen und anzeigen und auch nicht mehr auf Daten, Sensoren und Schnittstellen zugreifen. Auch die zweite Instanz der Play-Dienste mit ihren erweiterten Rechten wird in den Schlafmodus versetzt. So lassen sich datenhungrige Apps bei Bedarf nutzen, liegen den Rest der Zeit aber inaktiv im Datentresor.

Fast wie das Original

Spiele, manche Streaming-Apps und vor allem Homebanking bereiten unter Custom-ROMs häufig Probleme beziehungsweise versagen den Start. Ihre Anbieter verlangen, dass das Smartphone eine sichere Umgebung darstellt, um Betrüger, Cheater oder Raubkopierer einzubremsen.

Ab Werk bringt Android eine Reihe von Tools mit, die einer App die gewünschte nötige Sicherheit garantieren. Eines davon ist das Play Integrity API (ehemals SafetyNet Attestation API), mit dem Apps prüfen können, ob das Smartphone kompromittiert wurde. Um diesen mehrstufigen Test zu bestehen, muss unter anderem der Bootloader geschlossen und signiert sein. Systemkomponenten dürfen nicht manipuliert worden sein, zum Beispiel durch einen Patch, der den Root-Zugriff erlaubt.

Dank geschlossenem Bootloader mit eigener, gültiger Signatur nimmt GrapheneOS diese wichtige Hürde für Normalnutzer, die ihr Handy möglichst in demselben Umfang nutzen möchten wie mit dem Stock-Android, da das System „MEETS_DEVICE_INTEGRITY“ erfüllt. Damit laufen die meisten Homebanking-Apps. Das drahtlose Bezahlen klappt mit PayPal. Die Google Wallet funktioniert nicht, da sie sich daran stört, dass GrapheneOS den Status „MEETS_STRONG_INTEGRITY“ nicht erreicht. Grund dafür ist, dass Google GrapheneOS nicht als vertrauenswürdiges Betriebssystem in Gänze zertifiziert.

Auch für andere Android- beziehungsweise Pixel-Features gibt es Alternativen. So lässt sich die permanente automatische Musikerkennung genauso mit der Open-Source-App „Ambient Music Mod“ nachrüsten wie der Google Feed und das „Auf einen Blick“-Widget, das man sogar aufgebohrt in der ebenfalls quelloffenen Alternative „Smartspacer“ zurückbekommt.

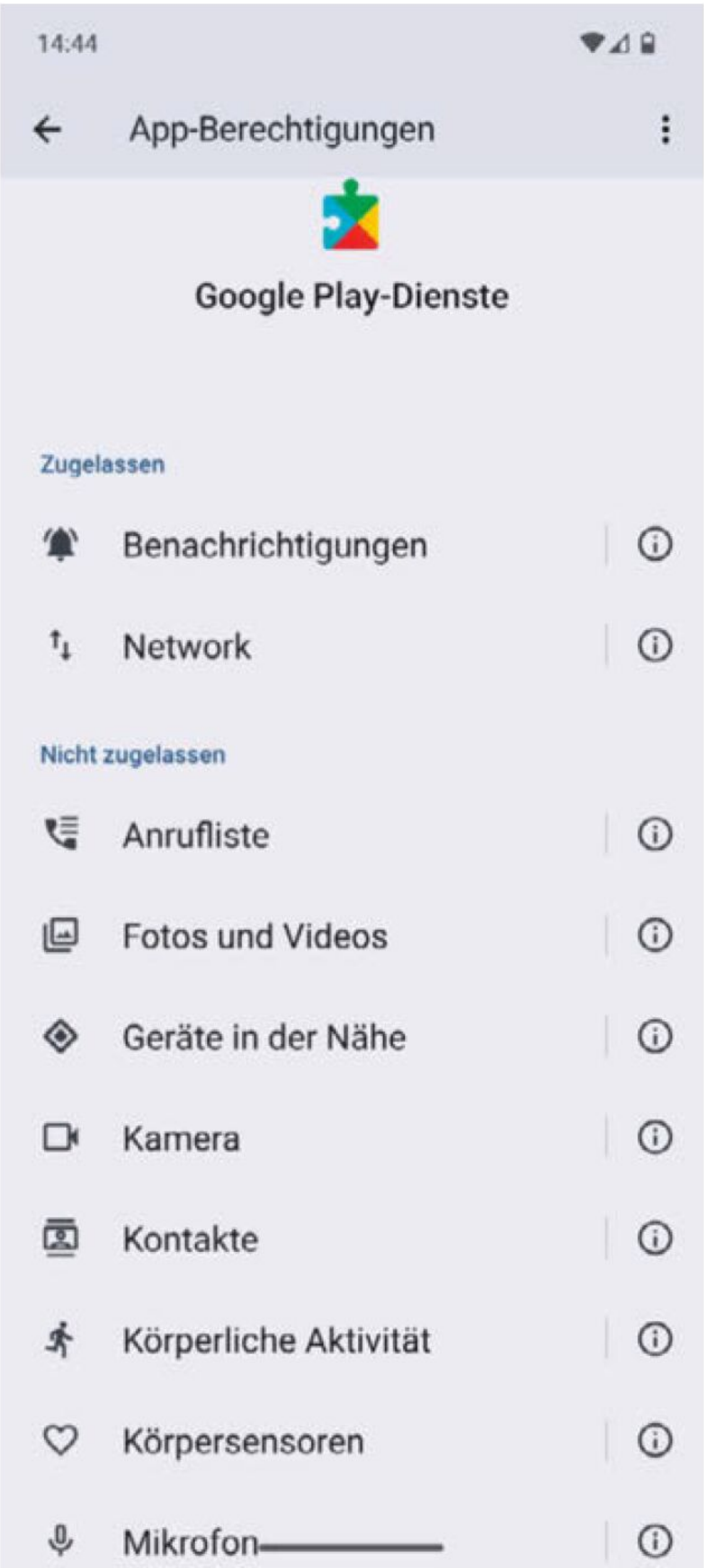
Ferner punktet Graphene mit einer simplen Installation: Dafür besucht man mit einem Desktopbrowser die Seite <https://grapheneos.org/install/web> und verbindet das Smartphone über ein USB-Kabel mit dem PC. Die Webseite erklärt zunächst, wie man (falls nötig) den ADB-Treiber installiert und das Gerät über die Power- und Lautstärketasten in den sogenannten Recovery-Modus bringt. Danach führt sie mit Erklärungen in fünf Schritten durch die Installation. Die einzelnen Schritte, wie etwa das Entsperren des Bootloaders und das Flashen des

neuen Betriebssystems, werden automatisch ausgeführt, sobald man die entsprechenden Schaltflächen der Webseite anklickt. Die Installation ist so leichter als bei anderen Custom-ROMs und lässt sich genauso simpel wieder rückgängig machen.

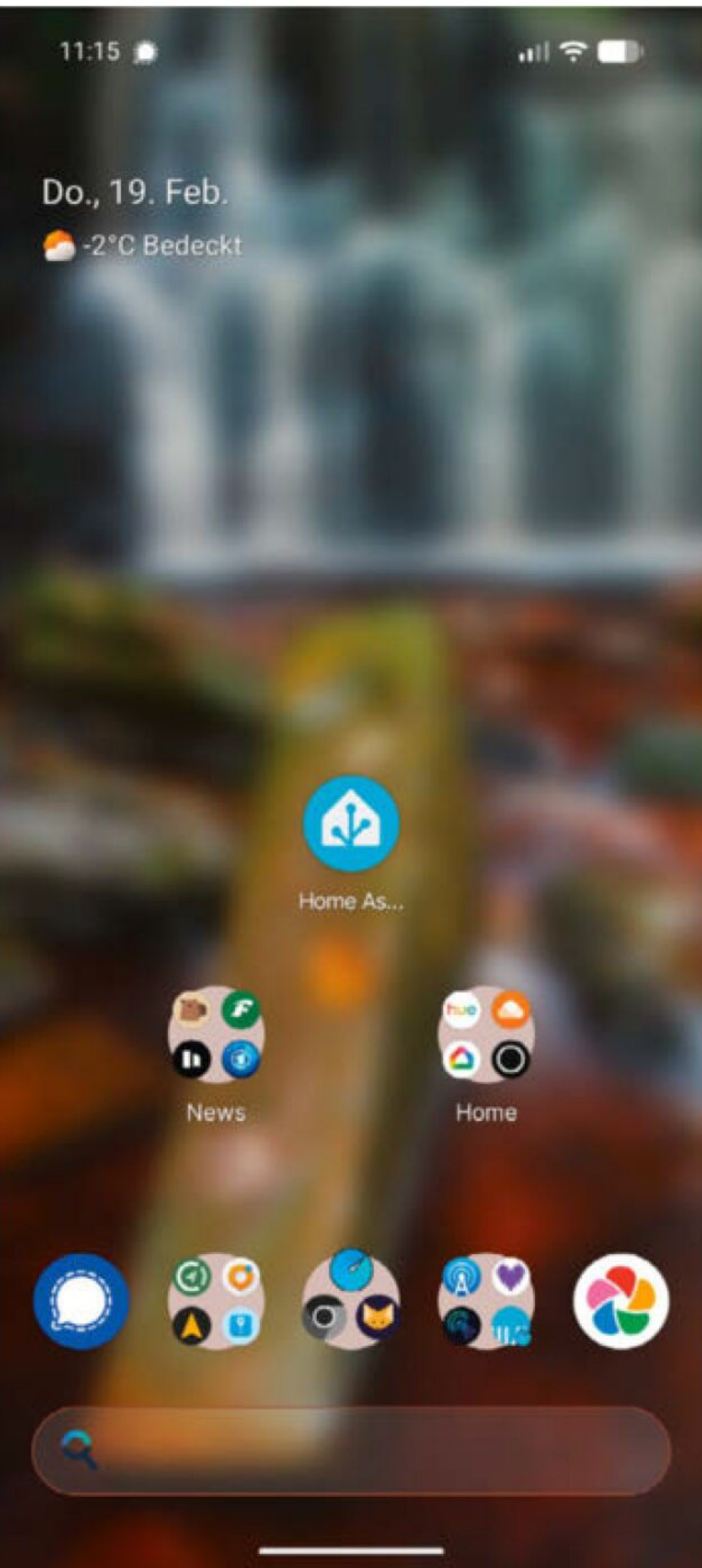
Fazit

GrapheneOS gilt für viele Nutzer als der Goldstandard unter den Custom-ROMs. Dank der Integration der originalen Play-Dienste und dem geschlossenen Bootloader laufen darauf auch sensible Apps, etwa für Homebanking, problemlos. Die Google-Verzahnung lässt sich dank integrierter Sandbox datensparsam aufsetzen. Zudem lässt sich GrapheneOS auch ganz ohne Big Tech und US-Clouds nutzen und ist dann sicherer und privater als andere Android-Varianten. Bislang ist das System allerdings nur für Googles Smartphones der Pixel-Baureihen verfügbar.

(spo@ct.de) ct



Ein ungewohntes Bild: Sonst haben die Play-Dienste einen Freifahrtschein. GrapheneOS beschränkt ihre Rechte.



Mit dem freien Lawnchair-Launcher ist das GrapheneOS-Pixel auch optisch kaum vom Original zu unterscheiden.

Komfort-Custom-ROM

Google-freies Custom-ROM /e/OS ausprobiert

Das französische Unternehmen Murena will den Umstieg auf Custom-ROMs mit /e/OS einfach machen. Dafür bietet es Cloud-Komfort auf Servern in der EU und umfangreichen Datenschutz.

Von Robin Brand

Das Custom-ROM /e/OS will den Abschied von US-Clouds im Allgemeinen und Google im Speziellen besonders einfach machen. Das Betriebssystem fußt auf einem komplett entgoogelten Fork der Android-Distribution LineageOS. Damit Apps dennoch wie gewohnt laufen, hat der Hersteller Murena die quelloffenen MicroG-Dienste ins System integriert, die die Funktionen der Google-Play-Dienste nachbilden. Außerdem legt der vorinstallierte App-Store einen Tunnel in Googles Play Store, sodass man auf keine lieb gewonnenen Apps verzichten muss. Eine Datenschutz-Suite und eine Cloud, die einigen von Google gewohnten Komfort aufs Custom-ROM holt, machen das System besonders einsteigerfreundlich.

Mehr als 200 Smartphones unterstützt

Murena verkauft Smartphones mit vorinstalliertem /e/OS – genau wie iodé. Neben Fairphone 5 und 6 waren das zum Testzeitpunkt das Shiftphone 8 und das Nothing CMF Phone 1. Bei letzterem sollte man aufpassen: Das Gerät hat keinen NFC-Chip, man kann es also nicht zum mobilen Bezahlen verwenden (mehr zu

Banking und Payment mit Custom-ROMs lesen Sie auf S. 28). Außerdem verkauft das Unternehmen ein eigenes Modell, das Hiroh-Phone. Der angekündigte Verkaufspreis von 1199 Euro erscheint angesichts der Hardware aber zu hoch gegriffen. Der verwendete MediaTek-Chip verrichtet seine Arbeit unter anderem auch im nur 400 Euro teuren Xiaomi 14T.

Es eignen sich weit mehr Smartphones für /e/OS, als die, die verkauft werden. Wenn man bereit ist, das System selbst aufzuspielen, kommen vor allem auch ältere Geräte in den Genuss. Dass die Hersteller Custom-ROMs gegenüber zunehmend ablehnend eingestellt sind und die Bootloader ihrer Smartphones sich nicht mehr entsperren lassen, illustriert die Liste der unterstützten Smartphones (siehe ct.de/yxm6). Wer ein neueres Smartphone besitzt (Baujahr 2024 und später), hat mit Google-Handys gute Karten. Abgesehen davon sieht es mau aus: Neben den eingangs erwähnten Geräten, die Murena mit vorinstalliertem /e/OS verkauft, kann man /e/OS auf Motorola Moto G 5G 2024, OnePlus 12R und Nord CE4 installieren. Deutlich mehr Auswahl gibt es für ältere Smartphones. Bis zum Erscheinungsjahr 2023 finden sich neben Google Pixels auch etliche Modelle von Motorola, OnePlus, Sony und Xiaomi



Bild: Martina Bruns / KI / heise medien

unter den unterstützten Geräten. Das neueste Samsung-Smartphone ist das 2022 erschienene Galaxy A73 5G. Insgesamt listete Murena zum Testzeitpunkt 271 Smartphones als geeignet, um /e/OS zu installieren. In dieser Hinsicht ist es wesentlich flexibler als das auf Pixel-Smartphones beschränkte GrapheneOS.

Von /e/OS existieren Builds in verschiedener Qualität. Als „offiziell“ bezeichnet Murena Versionen, die es selbst pflegt. Diese gibt es für Smartphones, die Murena mit vorinstalliertem /e/OS verkauft oder verkauft hat. Nur für diese offiziellen Builds lässt sich nach der Installation der Bootloader wieder schließen. Die Community-Builds können nach Angaben von Murena zudem noch ein paar Bugs hier und da aufweisen, da sie vom Murena-Team nicht vollständig getestet wurden.

Die Installation kann man auf die leichte und die harte Tour erledigen: Die erste Option steht aber nur für 25 der 271 Geräte zur Verfügung. Einmal mehr profitieren Smartphones, die Murena offiziell unterstützt. Auf diesen führt ein Web-installer Schritt für Schritt durch die Installation. Voraussetzung ist neben einem unterstützten Smartphone, dass man Chromium, Edge oder Opera als Browser verwendet. Für die anderen Geräte bleibt die kompliziertere Installation auf die herkömmliche Art mit Tools wie Fastboot auf der Kommandozeile.

Das kann die Cloud

Ist das Betriebssystem erst einmal auf dem Smartphone gelandet, macht es den Einstieg in die Welt der Custom-ROMs so einfach wie kaum ein anderes. Legt man im Einrichtungsprozess oder später ein Murena-Konto an, erhält man direkt einen Cloudzugang für Mail, Adressen, Termine, Aufgaben, Backup und Dateien. Die Murena-Cloud basiert auf Nextcloud, der

c't kompakt

- /e/OS ist ein einsteigerfreundliches Custom-ROM.
- Es lässt sich auf mehr als 200 Smartphones installieren.
- Einigen Google-Komfort baut das OS mit eigener Cloud nach.

CalDAV/CardDAV-Client DAVx5 ist eingebaut. Ein GByte Cloudspeicher gibt es gratis, mehr gegen Bezahlung. Murena bietet Pläne von 20 GByte für 20 Euro jährlich bis hin zu 2 TByte für 250 Euro im Jahr an. Wer Fotos und Videos mit der Murena-Cloud synchronisieren möchte, sollte also mindestens 20 Euro jährlich für den nötigen Speicherplatz einplanen.

Der Abgleich von Fotos und Videos funktioniert gut, alle aufgenommenen Medien lädt das Gerät automatisch in die Cloud. Allerdings ist das keine echte Synchronisierung, sondern nur ein Backup-Upload: Mistet man seine Fotos auf dem PC oder online aus, werden sie nicht vom Handy gelöscht. In der Foto-App gelöschte Fotos sind wiederum weiterhin online sichtbar. Will man die Dateien über Web-Oberfläche und Smartphone synchron halten, muss man die Fotos auf dem Smartphone in der Workspace-App verwalten; das ist umständlich.

Neben den genannten Anwendungen steht eine auf Open Office basierende Office-Suite bereit. Außerdem hat Murena seinen Workspace um einen verschlüsselten Tresor und die Möglichkeit erweitert, die eigene E-Mail-Adresse zu verbergen. Möchte man zum Beispiel einem Onlinehändler die echte Mailadresse nicht nennen, erstellt Murena eine anonymisierte, die die Mails an die Zieladresse weiterreicht.

Hat man in der Vergangenheit bereits ein Smartphone mit /e/OS und Murena-Konto genutzt, landen die synchronisierten Daten nach der Einrichtung ohne weiteres Zutun auf dem neu eingerichteten Handy. Fotos, Kalendereinträge, Notizen, alles das, wie man es auch von Apple- und Google-Smartphones kennt, ist sofort wieder da.

Nicht nur den Umzug von dem einen auf das andere /e/OS-Smartphone gestaltet die Cloud einfach, auch Google-Nutzer sollen schnell an ihre Daten kommen. Dafür kann man sich im Murena-Workspace in sein Google-Konto einloggen, woraufhin die Datenmigration angestoßen wird. Kalendereinträge und Kontakte wanderten im Test binnen Minuten in die Murena-Cloud. Bis der Abgleich mit den auf Google Drive gespeicherten Dateien angestoßen und abgeschlossen war, dauerte es fast zwei Tage, obwohl es sich nur um 500 MByte handelte.

Die Nextcloud-Server für die Murena-Cloud befinden sich in Finnland. Die Daten sind serverseitig, aber nicht Ende-

zu-Ende-verschlüsselt. Laut Murena wird jeden Tag eine Kopie der Daten erstellt und im selben Rechenzentrum sieben Tage lang aufbewahrt. Eine zweite Kopie wird täglich mit Servern im Hetzner-Rechenzentrum in Falkenstein synchronisiert.

Neben der Cloud tragen der prall gefüllte App-Store und die ins System integrierte Datenschutz-Suite zum Reiz von /e/OS bei. Die vorinstallierte App Lounge bildet den gesamten Katalog von Googles Play Store ab und bindet obendrein die Open-Source-Apps von F-Droid ein. Zusätzlich bietet der Store Progressive Web Apps (PWA) zum Download an. Um kostenlose Apps aus dem Play Store herunterzuladen, braucht man kein Google-Konto; der Store hält einen anonymen Login bereit.

Ein Punktesystem zeigt an, wie datenschutzfreundlich eine App ist. Grundlage dafür ist, wie viele Berechtigungen sie einfordert und wie viele Tracker eingebaut sind. Um welche genau es sich dabei handelt, beantwortet die jeweils verlinkte Analyse der französischen Non-Profit-Organisation Exodus Privacy. Damit auch alle Apps – oder so gut wie alle – funktionieren, ersetzen MicroG-Dienste mitsamt SafetyNet die Google-Play-Services. Das auf Custom-ROMs notorisch schlecht laufende Google Wallet lässt sich damit nicht überlisten, aber das mobile Bezahlen mit Paypal funktioniert.

Ins Betriebssystem integriert ist eine Datenschutz-Suite aus Firewall, GPS- und IP-Spoofing, die Murena „Advanced Privacy“ nennt. So kann man allzu schwatz-

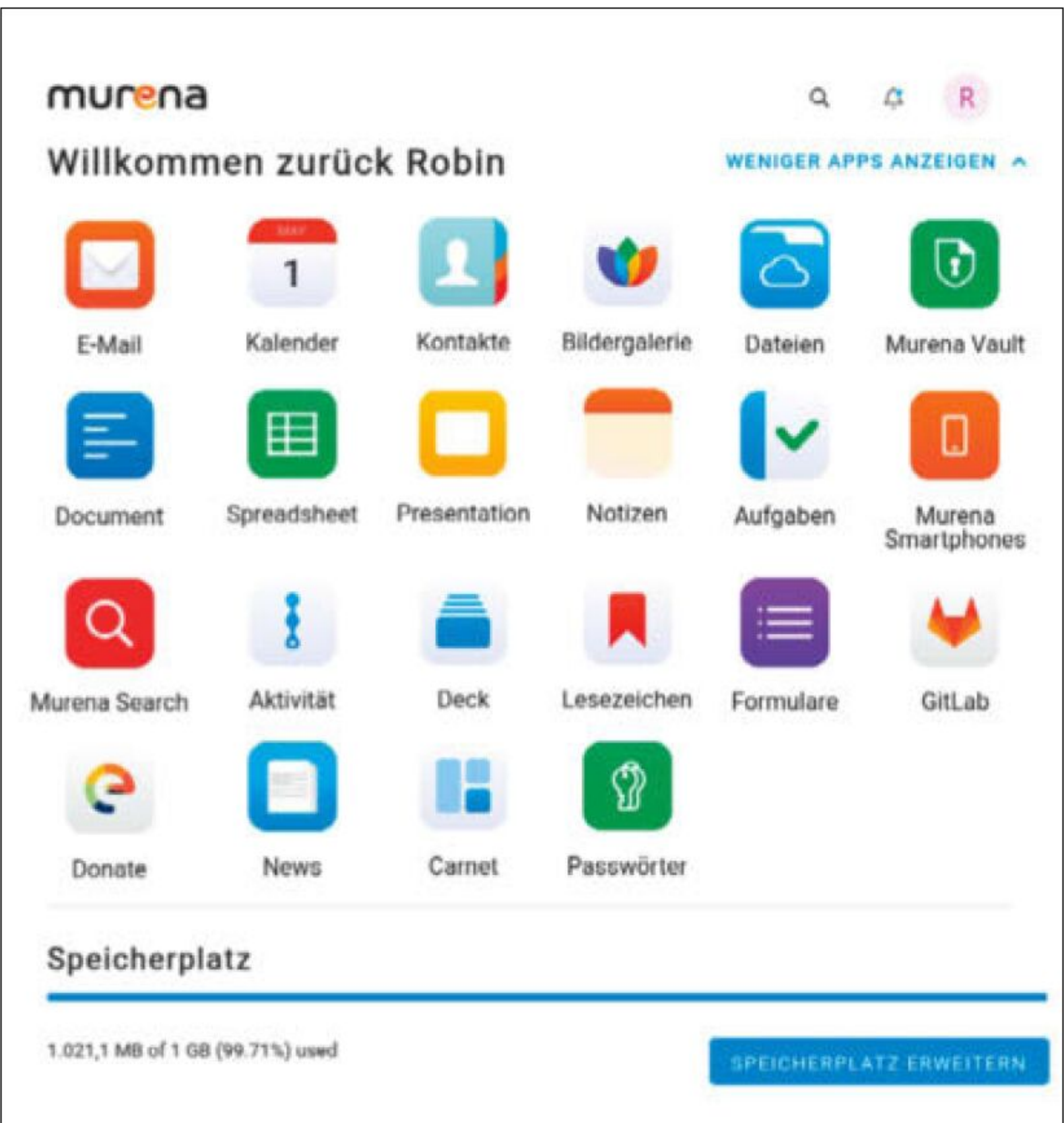
haften Apps die Kommunikation verbieten und den eigenen Standort verschleiern. Zusätzlich zur ins System integrierten Firewall kann man eine Verbindung mit einem echten VPN wie WireGuard herstellen.

Dass Murena das Augenmerk auf Privacy und nicht unbedingt auf Security legt, zeigt der Umgang mit Updates. Beim Fairphone 6 heißt es, man bemühe sich, fünf Jahre Updates zu liefern. Das ist eine arg weiche Formulierung. Zudem lief unser Fairphone 6 Mitte Februar 2026 noch mit Android 15, aber immerhin mit Januar-Sicherheitspatch. Wie lange und wie schnell Updates kommen, hängt auch vom jeweiligen Smartphone ab. Offizielle Builds und solche mit einer regen Community haben größere Chancen auf zeitnahe Updates für einen langen Zeitraum. In dieser Hinsicht ist GrapheneOS überlegen (siehe Vorstellung auf S. 22).

Fazit

Komfort ohne Google: Diese Versprechen löst /e/OS ein und hebt sich durch den Murena Workspace von anderen Custom-ROMs ab. Obwohl Google aus dem Betriebssystem verbannt ist, gibt es so ab Werk Komfortfunktionen wie Dateisynchronisierung, Office-Paket und Cloudspeicher. Umfangreiche Datenschutzfunktionen runden das Paket ab. Doch in puncto Sicherheit ist GrapheneOS die bessere Alternative. (rbr@ct.de) ct

Liste unterstützter Smartphones: ct.de/ycm6



Seinen Workspace hostet Murena auf Nextcloud-Servern in Finnland.



Look 6 Feel von /e/OS erinnern an ältere iOS-Versionen.

Zweite Kraft für Veteranen

Besonders flexible Custom-ROMs: LineageOS & iodéOS

Wer sein Smartphone nicht aussortieren möchte, nur weil es keine Updates mehr erhält, könnte mit LineageOS oder iodéOS Erfolg haben. Die Custom-ROMs eignen sich für viele ältere Geräte.

Von Robin Brand, Stefan Porteck und Jörg Wirtgen

Unter den Custom-ROMs für Android-Smartphones ist LineageOS der etablierte Platzhirsch: Das System ist schon seit Jahren verfügbar und das auch für eine große Anzahl verschiedener Smartphone-Modelle. Optisch ist Lineage kaum vom Vanilla-Android, also einer Version ohne optische Anpassung, zu unterscheiden. Das macht das OS vor allem für Nutzer von Smartphones interessant, deren Hersteller die Oberfläche verbastelt

hat. Obendrein bringt es praktische kleine Tools mit, etwa ein Backup mit der integrierten App Seedvault, die Apps und oft auch deren Einstellungen im lokalen Netz oder auf einem USB-Stick statt in der Cloud sichert. Der integrierte Audioplayer spielt lokale Musik ab und streamt von Subsonic- und Jellyfin-Servern, die er im Heimnetz findet.

Die Installation ist jedoch nicht ganz so trivial wie bei GrapheneOS (siehe S. 22), bei dem man im WebUSB-Installer im Browser nur sein Telefon an den PC stecken und ein paar mal auf „Weiter“ klicken muss. LineageOS erfordert, dass man die Android-Plattform-Tools auf dem PC installiert, dann auf der Kommandozeile erst den Bootloader entsperrt und die vorab manuell heruntergeladenen Betriebssystem-Images auf gleichem Weg nacheinander aufs Smartphone flasht. Lobend muss man aber erwähnen, dass die Webseite jeden Schritt für jedes Telefon ausführlicher erklärt.

Geeignete Smartphones für LineageOS gibt es jede Menge, allein dadurch wird es für viele Nutzer zum Custom-ROM der Wahl. Zum Testzeitpunkt listete Lineage ganze 574 Geräte von A(sus) bis Z(TE) als kompatibel (siehe ct.de/y4fu). Selbst Streaming-Sticks, Android-TVs und die erste Generation der Nintendo Switch befinden sich darunter. Kann man den Bootloader eines Smartphones entsperren, stehen die Chancen gut, dass sich LineageOS darauf installieren lässt. Genau das wird bei neueren Smartphones aber zunehmend zum Problem: Der Bootloader lässt sich bei längst nicht mehr allen Smartphones entsperren. Deswegen ist das OS vor allem für ältere Smartphones beliebt.

Laut den Entwicklern werden derzeit fast 3,7 Millionen Smartphones mit LineageOS genutzt, ein Großteil davon in Bra-

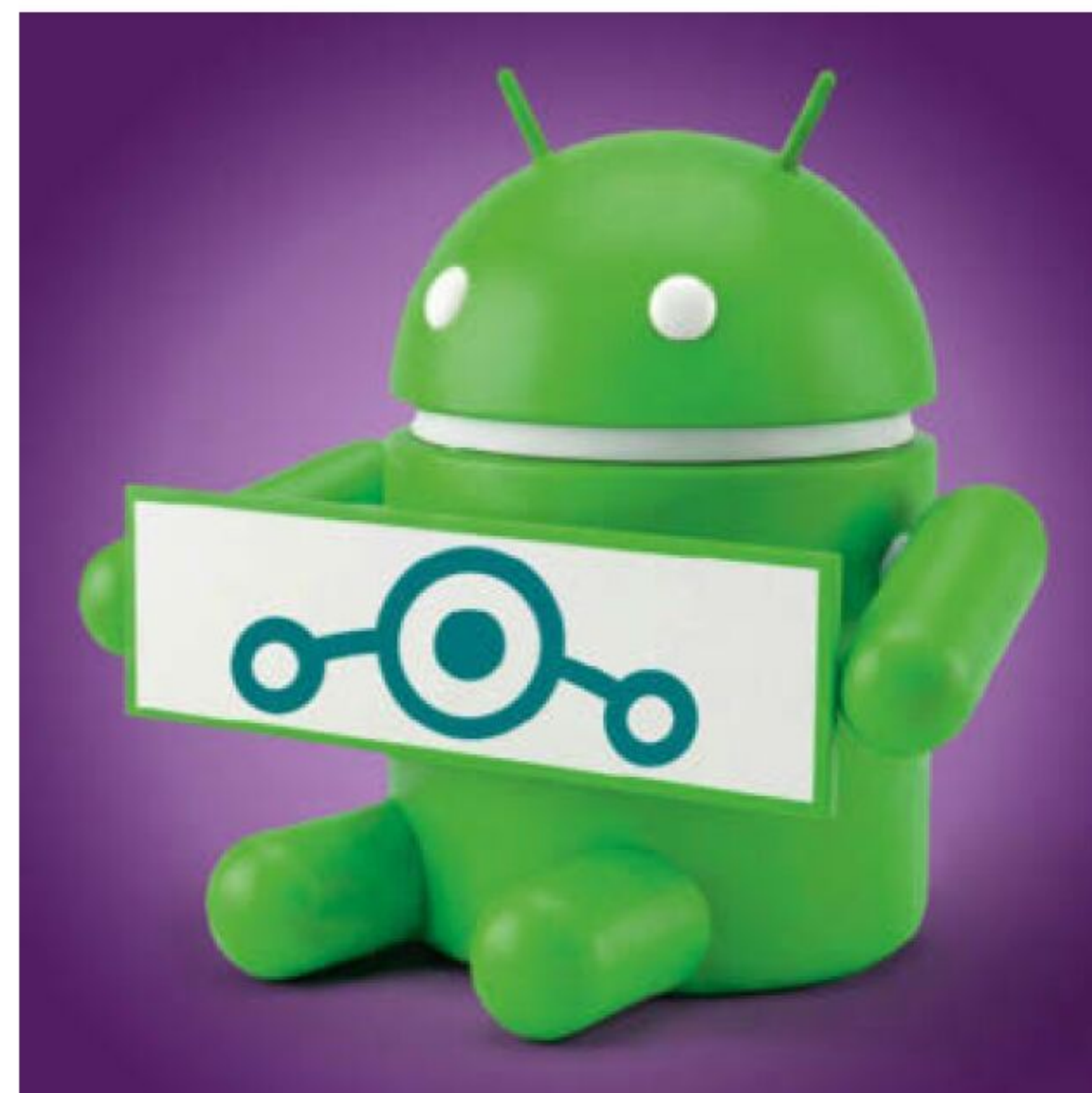


Bild: Martina Bruns / KI / heise medien

silien (1,96 Millionen Geräte). In Deutschland registriert Lineage die sechst-aktivste Community weltweit mit annähernd 44.000 aktiven Smartphones. Das bei Weitem beliebteste Smartphone ist das Motorola Moto G7 Play, von dem fast 650.000 Geräte mit LineageOS im Umlauf sind, fast alle in Brasilien. In Deutschland besonders populär ist das zehn Jahre alte Samsung Galaxy S7.

Datenschutz à la carte

Beim Datenschutz hat man mit Lineage die Wahl. Wer nach der Installation nicht die sogenannten GApps mit den Google-Diensten und -Anwendungen hinterherflasht, bekommt ein völlig Google-freies Telefon. Das eignet sich vor allem für Nutzer, die wissen, wie man auf solch einem System Apps bezieht und über Dienste wie Ntfy Benachrichtigungen empfängt. Einen Mittelweg stellen die MicroG-Dienste dar, die man via F-Droid auf einem Google-freien LineageOS installieren kann. Bei ihnen handelt es sich um eine quelloffene Implementierung des Google Play Services Framework. MicroG bildet also Googles APIs nach und kommuniziert mit Apps, die auf Google-Dienste angewiesen sind, und falls nötig dafür auch mit Google-Servern. Viele Apps laufen damit zufriedenstellend.

Noch mehr Kompatibilität bekommt man schließlich mit den originalen GApps. Doch auch damit läuft das System nicht wie von der Stange: LineageOS erlaubt es anders als GrapheneOS mangels eigener Signaturen nicht, den Bootloader wieder zu schließen. Das macht das System nicht nur anfälliger für Attacken, sondern führt auch dazu, dass Googles in die Play-Dienste eingebaute Integritätsprüfung scheitert. Als Folge lässt sich LineageOS unter anderem nicht zum mobilen Bezahlen über

ct kompakt

- LineageOS gibt es für besonders viele Geräte.
- Vor allem für ältere Smartphones ist es beliebt.
- iodéOS erweitert Lineage um mehr Datenschutz und Sicherheit und bietet vorinstallierte Geräte an.

NFC nutzen und auch sicherheitskritische Apps, etwa für Homebanking, verweigern den Start. Auch deswegen gibt es zahlreiche Forks von LineageOS, die unter anderem die Sicherheit oder den Datenschutz erhöhen. Dazu gehören /e/OS, CalyxOS, DivestOS und Replicant.

Neue Optik

Ende vergangenen Jahres hob Lineage mit Version 23 jede Menge Geräte auf Android-16-Basis. Einmal mehr verlängerte das Release das Leben von so manchem betagten Smartphone. Unter den Modellen, die auf diesem Wege in den Genuss eines aktuellen Androids kommen, befindet sich zum Beispiel das sieben Jahre alte OnePlus 7, die ebenso alten Samsung Galaxy S10 und Note10 und diverse ältere Asus-, LG-, Motorola- und Sony-Smartphones. Für das jüngste Update (23.2) legt Lineage den Fokus auf die Implementierung des neuen Google-Designs Material 3 Expressive.

Trotz Googles veränderter Arbeit am AOSP (siehe Artikel auf S. 14 in diesem Heft) will LineageOS weiterhin monatlich Android-Sicherheitsbulletins für alle unterstützten Geräte bereitstellen. Goo-

gle veröffentlicht Sicherheitspatches seit September 2025 nur noch quartalsweise; nur Sicherheitslücken mit hohem Risiko werden zeitnah gepatcht. Google nennt den neuen Ansatz „Risk-Based Update System“.

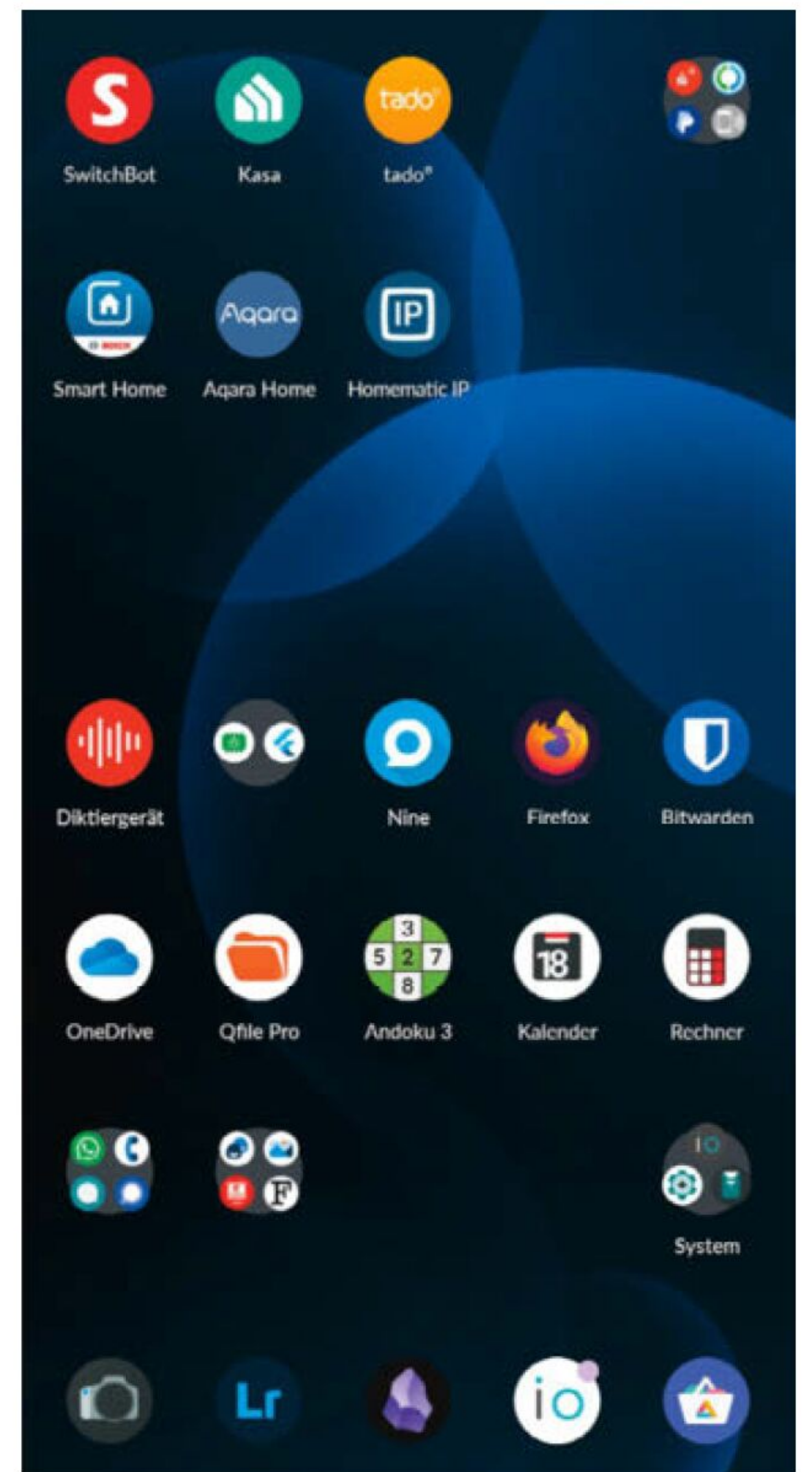
Lineage-Fork mit Firewall: iodéOS

Einen populären Fork von LineageOS pflegt das französische Unternehmen iodé: iodéOS. Das Custom-ROM kommt mit einer Firewall und vereinfachter Installation, die MicroG, F-Droid und den Aurora Store mitbringt und den Bootloader nach der Installation wieder schließt. Zumindest auf modernen Geräten laufen auch Banking-Apps, und man kann über NFC bezahlen – wenn auch nicht per Google Wallet; mehr dazu im Artikel ab Seite 28.

Die Firewall ist als Werbe- und Tracker-Blocker konfiguriert. Sie ist ins System integriert und anders als nachrüstbare Blocker wie Blokada nicht als VPN implementiert, sodass zusätzliche VPN-Verbindungen möglich sind. Einzelnen Apps kann man den Internetzugang per WLAN, Mobilfunk und VPN sperren. Für 4 Euro im Monat gibt es iodéOS Premium mit Kinderschutzfunktionen und mehr Adblocker-Optionen.

Zudem verkauft iodé Smartphones mit installiertem iodéOS, darunter als Neugerät die Fairphones 6 und 5 sowie das Shiftphone 8. Das Fairphone 6 kostete bei Redaktionsschluss 639 Euro und damit 40 Euro mehr als beim Konkurrenten Murena, der es mit /e/OS verkauft, und 90 Euro mehr als die Version mit Stock-ROM. Als Gebrauchtgeräte mit Android 16 (iodéOS 7) sind derzeit aus 2024 das Pixel 9 und 8a lieferbar sowie aus 2023 unter anderem das Motorola Edge 40, OnePlus 11, Pixel 8, Sony 1 V und 5 V. Auch Samsungs sind dabei, allerdings nur alte Modelle bis zum Note 10+ aus 2019. Ein Galaxy S9 aus 2018, das sich seit Jahren in unserem Testfundus befindet, läuft inzwischen mit iodé auf Basis von Android 13 (iodéOS 4.3) und bekommt immer noch gelegentlich Sicherheitsupdates, zuletzt im Januar.

Die Refurbished-Preise sprechen – bei aller Sympathie für ein Geschäftsmodell, das die Custom-ROM-Entwicklung finanziert, statt auf unentgeltliche Mitarbeit zu hoffen – eher für eine Selbstinstallation: Ein Pixel 9 mit 128 GByte kostet je nach Zustand bei iodé ab 593 Euro, ist aber bei Gebrauchtportalen schon unter 450 Euro zu haben. Das OnePlus 11 mit 256 GByte



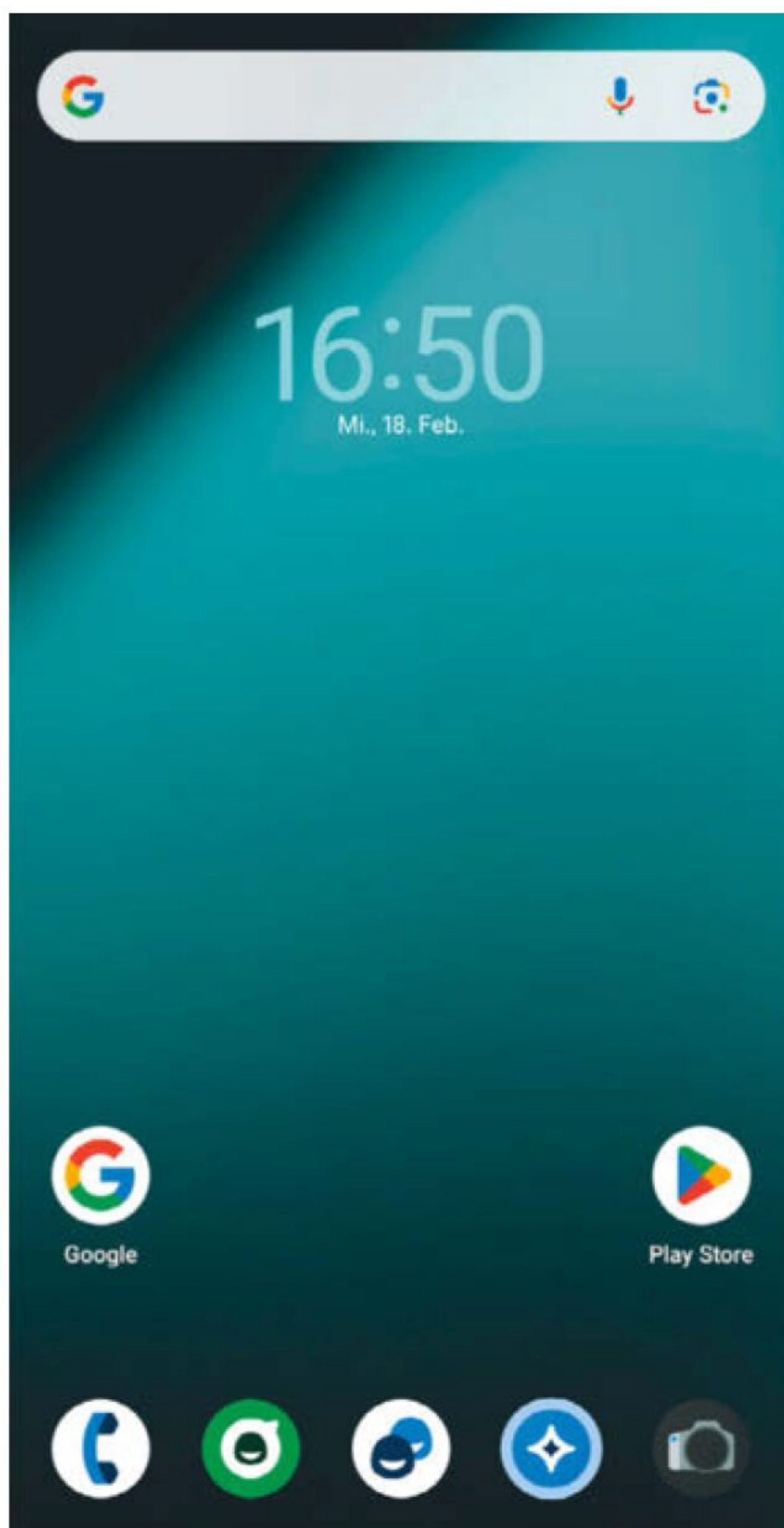
Das Custom-ROM iodéOS lässt sich recht einfach installieren. Der Homescreen präsentiert sich schlank und aufgeräumt.

verkauft iodé ab 493 Euro, die Portale schon unter 400 Euro. Stift-Fans mögen mit dem bald sechs Jahre alten Samsung Note 10+ ab 343 Euro liebäugeln, woanders gibts dafür schon das drei Jahre jüngere S22 Ultra – auf dem sich allerdings iodéOS nicht installieren lässt.

Wer selbst installiert, sollte aufpassen, denn der Web-Installer wartet mit einer Falle auf: Nach ein paar erfolgreichen Schritten scheint auf dem PC nichts zu passieren und das Handy in einem Recovery-Tool auf einen Tastendruck zu warten. Im Hintergrund schiebt der Installer allerdings fleißig Images aufs Handy, was nur nicht zu sehen ist. Wer hier ungeduldig eingreift, zerstört die Installation, sodass sie danach nicht mehr per Web-Installer fortzuführen ist. Stattdessen muss man dann auf die Kommandozeile wechseln und von vorn beginnen. Zumindest bei einem Pixel 7 funktionierte das immerhin, und die Ungeduld hat das Handy nicht gebrückt.

(spo@ct.de) **ct**

LineageOS- und iodé-Kompatibilitätslisten, Installer: ct.de/y4fu



Nahe an Vanilla-Android belässt LineageOS den Homescreen.

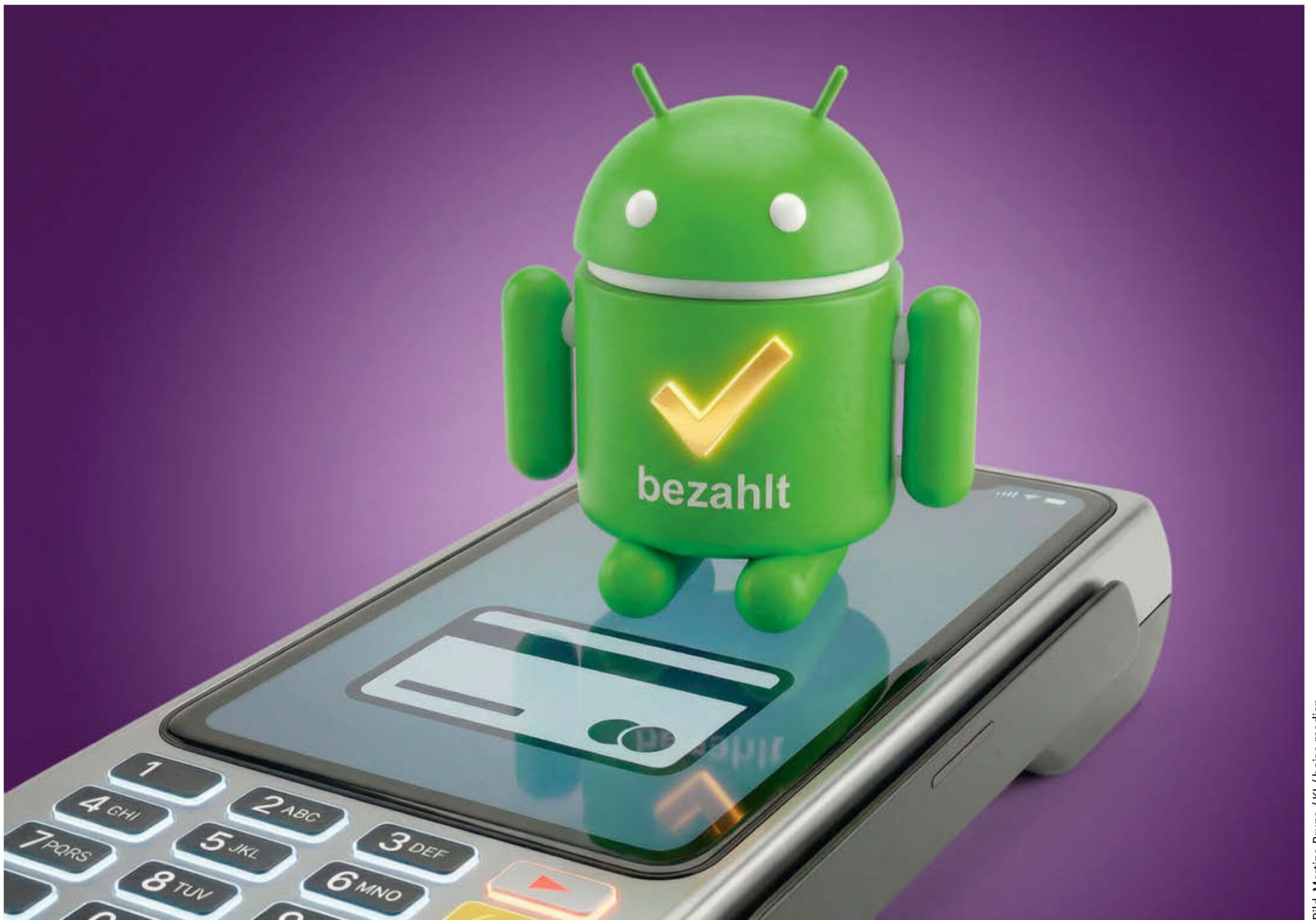


Bild: Martina Bruns / KI / heise medien

Tagesgeschäft

Banking-Apps und mobiles Bezahlen mit Custom-ROMs

Damit ein Custom-ROM für ein Alltagshandy taugt, müssen sich anfallende Geldgeschäfte erledigen lassen. Also sollten Banking-, mTAN- und Security-Apps laufen, und im Idealfall kann man auch im Geschäft mit dem Handy zahlen. Tatsächlich funktioniert das meiste, aber wenig davon kann man ohne Ausprobieren sicher vorher-sagen.

Von Jörg Wirtgen

Unsere ersten Versuche, mit einem Custom-ROM zu bezahlen, verliefen frustrierend erfolglos – zeigten aber letztlich die grundlegende Schwierigkeit: Niemand kann nämlich vorab die Frage beantworten, ob eine benötigte Finanz-App mit dem Wunsch-Custom-ROM auf dem Wunsch-Smartphone wirklich laufen wird, und erst recht nicht, ob das in zukünftigen Updates der App oder des ROMs so bleiben wird. Aber im weiteren Testverlauf wurde auch klar, dass die wahrscheinliche Antwort lautet: Ja, klappt.

Denn die gute Nachricht war, dass auf einem Fairphone 6 mit /e/OS, einem Google Pixel 7 Pro mit iodeOS und einem Google Pixel 8 mit GrapheneOS fast alle ausprobierten Banking-Apps funktionierten.

Auch beim mobilen Bezahlen per NFC kamen wir zum Ziel, nachdem wir eine konzeptionelle Hürde überwunden hatten, denn der Verzicht auf Google bedeutet auch: kein Google Pay und keine Google Wallet. Dazu gleich mehr.

Banking geht öfter als Bezahlen

Unser anfänglicher Frust entstand durch ein vor Jahren mit vorinstalliertem iodeOS gekauftes Samsung Galaxy S9. Bei den Banking-Apps zickte es zwar nicht, die ließen sich weder von MicroG abhalten noch vom uralten Android 13. Aber das Problem war, dass wir das NFC-Bezahlen nicht zum Laufen bekamen. Alle Lösungen, die auf den moderneren Custom-ROM-Testgeräten funktionierten, versagten hier. Unsere Tests begannen also erstmal mit Forensik und Ursachenforschung, wir gingen auf die Suche nach Unterschieden zwischen iodeOS 4.3 (Android 13) auf dem S9 und iodeOS 7.2 (Android 16) auf dem Pixel 7 Pro.

Sollte Googles Sicherheitssystem SafetyNet schuld sein? Die Diagnose-App SafetyNet Checker lieferte auf dem S9 zwar einen eindeutigen (und wenig erklärenden) Fehler „-100 Integrity API error: Unknown error“, aber ein zum Vergleich herangezogenes Pixel-Phone bestand den

Test auch nicht: „Device Integrity: Failed“. Wir verglichen die MicroG-Einstellungen.

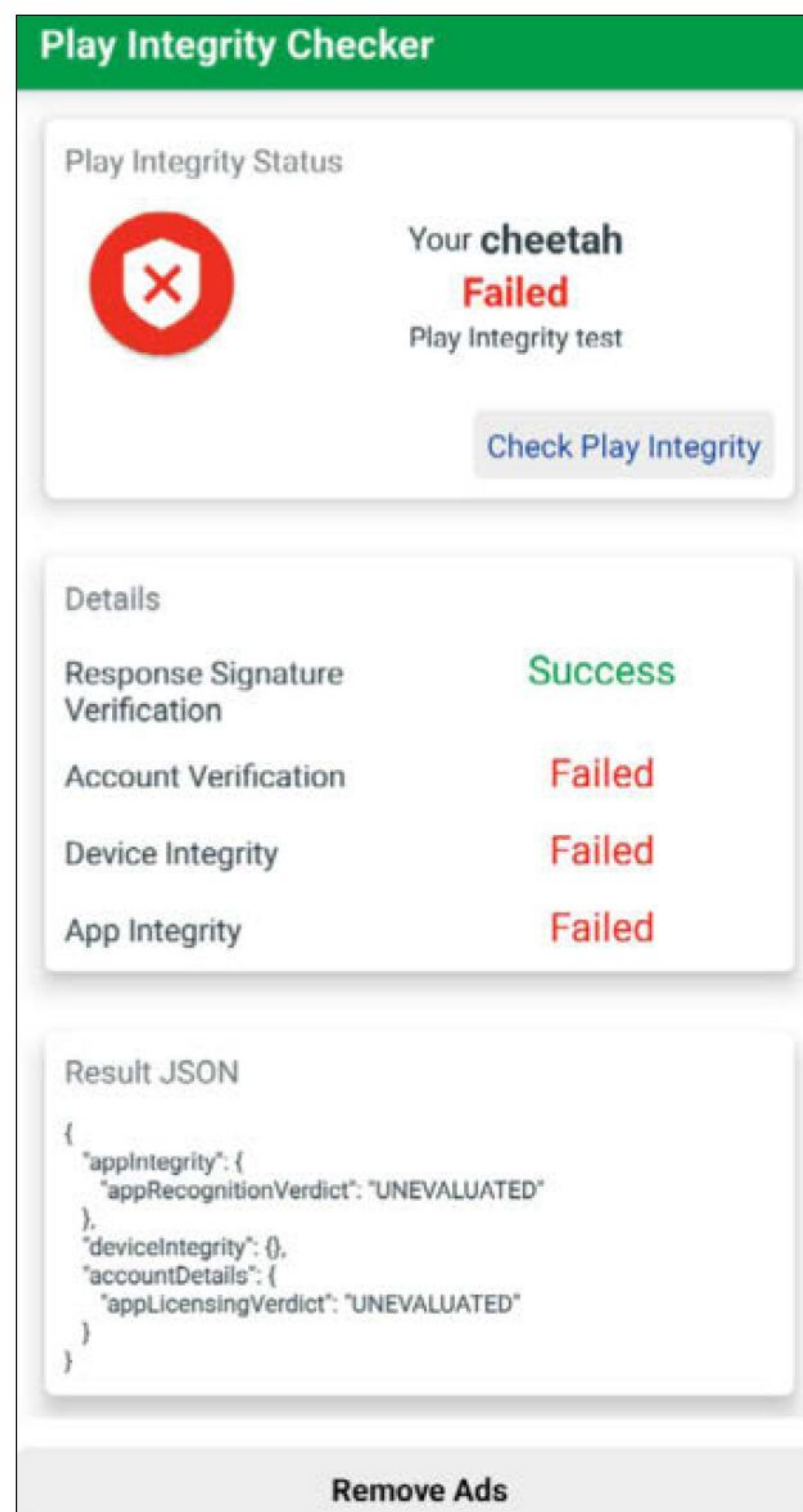
Einen Unterschied haben wir gefunden, und so schalteten wir beim S9 wie beim Pixel die „Geräteattestierung“ und die dafür notwendige „Google-Geräte-Registrierung“ ein, worauf der SafetyNet Checker von Fehlermeldung -100 wie das Pixel zur Fehlermeldung Failed wechselte. Aber die Wallet-Apps funktionierten weiterhin nicht, offenbar ist SafetyNet keine Voraussetzung für die Wallet-Apps.

Ursachensuche

Beide Bootloader sind laut DevCheck gesperrt, beide Systeme nicht gerootet, beide „dm-verify“ stehen auf „Erzwingend“. Die Widevine-Sicherheitsstufe ist unterschiedlich, aber dabei geht es an sich um DRM und nicht die Gerätesicherheit beim Bezahlen. DevCheck attestierte dem Pixel eine „Sichere NFC-Unterstützung“, dem S9 nicht. Eigentlich sollte das nur damit zu tun haben, ob man mit ausgeschaltetem Display zahlen kann oder ob man das Handy vorher entsperren muss.

Vielleicht spielt das Alter des S9 eine Rolle: Es wurde mit Android 8 ausgeliefert und von Samsung bis Android 10 gebracht. Secure NFC kam erst mit Android 10, und so hat Samsung vielleicht einige Treiber nie richtig darauf angepasst, sodass das aktuelle Android 13 damit auf die Nase fällt und NFC-bezügliche API-Aufrufe der Apps nicht zufriedenstellend bearbeiten kann. Tatsächlich versagten auch andere Apps, die NFC nutzen. Die AusweisApp gab sich zwar im ersten Schritt mit dem NFC-Chip zufrieden, brach danach aber das Auslesen eines Personalausweises mit einem Authentifizierungsfehler ab.

Diese Ursachensuche zeigt jedenfalls, dass es aussichtslos ist, Diagnosetools aufzurufen und aus deren Ausgaben zu



Den Fehlermeldungen verschiedener Tools zum Trotz laufen die meisten Banking-Apps auf Custom-ROMs.

schlussfolgern, welche Apps funktionieren werden und welche nicht. Und selbst wenn man zu einem Ergebnis käme, kann sich das schnell ändern: Zukünftige App-Versionen könnten andere Anforderungen stellen, unerwartete API-Antworten anders interpretieren oder gänzlich andere Systemaufrufe nutzen. Zukünftige Android-Versionen könnten mit den unveränderten Treibern – die bei Custom-ROMs ja im Allgemeinen auf einem letzten offiziellen Herstellerstand verharren müssen – nicht zurechtkommen.

Das zeigen auch die beispielsweise von /e/OS und iodé gepflegten Listen von problematischen Apps (siehe ct.de/ymey). Beispielsweise steht bei iodé zum von einigen Banken genutzten Freigabebtool SecureGo der Atruvia AG, es ginge bis Version 4.2.0, nicht mehr ab Version 4.2.1, aber doch wieder ab 4.2.3; und nach unseren Erfahrungen bis zur aktuellen Version 4.2.8.

Banking ausprobiert

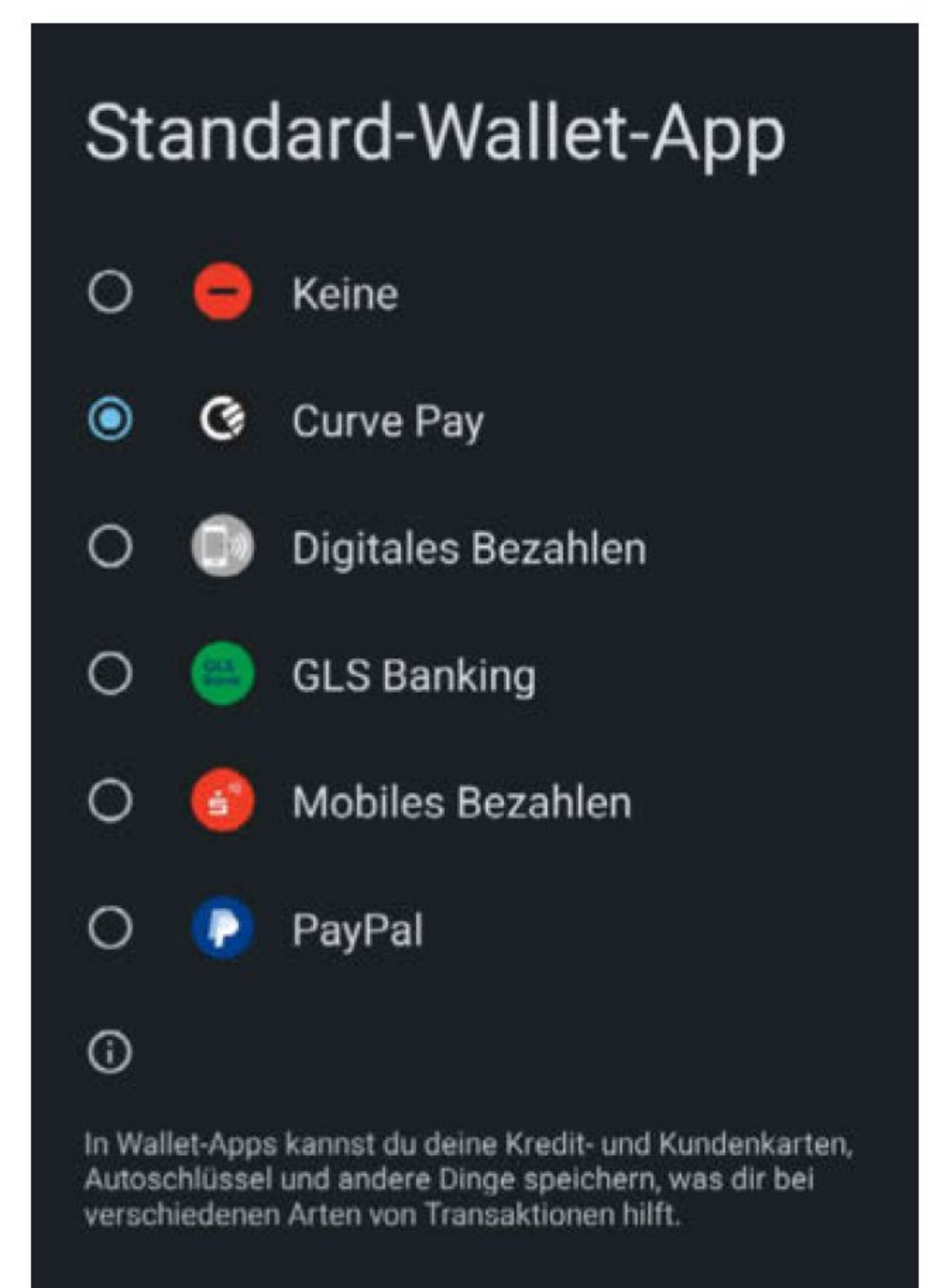
Also bleibt nur, selbst auszuprobieren. In einer Stichprobe von Banking-Apps funktionierten Comdirect, GLS, ING, Sparkasse, Umweltbank, Wero und Wise. Zwei

Ausfälle haben wir gefunden: Die App der Bank of Scotland startete, meldete aber immer Passwortfehler. Auch die N26-App startete, brach aber mit einer Fehlermeldung an der Stelle ab, wo sie ein Selfie zur Authentifizierungskontrolle aufnehmen wollte. An der Kamera allein liegt es nicht, denn andere Banking-Apps schafften es beispielsweise für Fotoüberweisungen durchaus, sie zu nutzen.

Eine Alternative könnten Multibanking-Apps sein. Solief Banking4 ohne Einschränkungen und kam über ihren Screenscraper an die Konten bei Bank of Scotland und N26. Sie forderte dazu Freigaben an, was bei diesen beiden Banken per SMS ging, bei anderen möglicherweise dann doch die App der Bank erfordert. Über die Screenscraper funktionieren allerdings nicht unbedingt alle Kontenfunktionen.

Bezahlen ausprobiert

Immer beliebter wird das Bezahlen per Handy. Auf unserem Samsung S9 haben wir es gar nicht hinbekommen, vermutlich aufgrund des Alters des Geräts; in Foren hatten wir zu einem Fairphone 3 ähnliche Hinweise gefunden. Das dürfte keine große Einschränkung sein, wenn man aktuell nach einem Custom-ROM-geeigneten Handy sucht, da wir schon mit einem über drei Jahre alten Pixel 7 Pro unter iodé-OS problemlos zahlen konnten.



Die Bezahl-App wählen Sie in den Einstellungen unter Verbundene Geräte/Verbindungseinstellungen/NFC/Kontaktloses Bezahlen aus.

ct kompakt

- Viele Finanz-Apps dürften auf modernen Custom-ROMs laufen.
- Google Pay funktioniert nicht, aber Alternativen – für die Sie vielleicht ein weiteres Konto benötigen.
- Wenn nicht alles klappt, ist manchmal ein Backup-Handy die Lösung – das auch aus anderen Gründen sinnvoll sein kann.

Als Erstes benötigen Sie einen Ersatz für Google Pay, nicht nur, weil Google von den Bezahlvorgängen ja nichts mehr mitbekommen soll, sondern auch, weil die App grundsätzlich nicht mit Custom-ROMs funktioniert. Glücklicherweise öffnet Android den NFC für Drittanbieter-Apps, die sich als NFC-Bezahldienst registrieren.

Eine unter unseren Custom-ROM-Testkandidaten problemlos funktionierende Alternative ist die PayPal-App, die seit Längerem auch zum mobilen Bezahlen an der Ladenkasse taugt. Freilich befüllen Sie damit wieder eine US-Cloud. Nächste Anlaufstelle wäre die Wallet-App „Digitales Bezahlen“ der Atruvia AG. Hier kann man Kreditkarten vieler deutscher Banken einbinden.

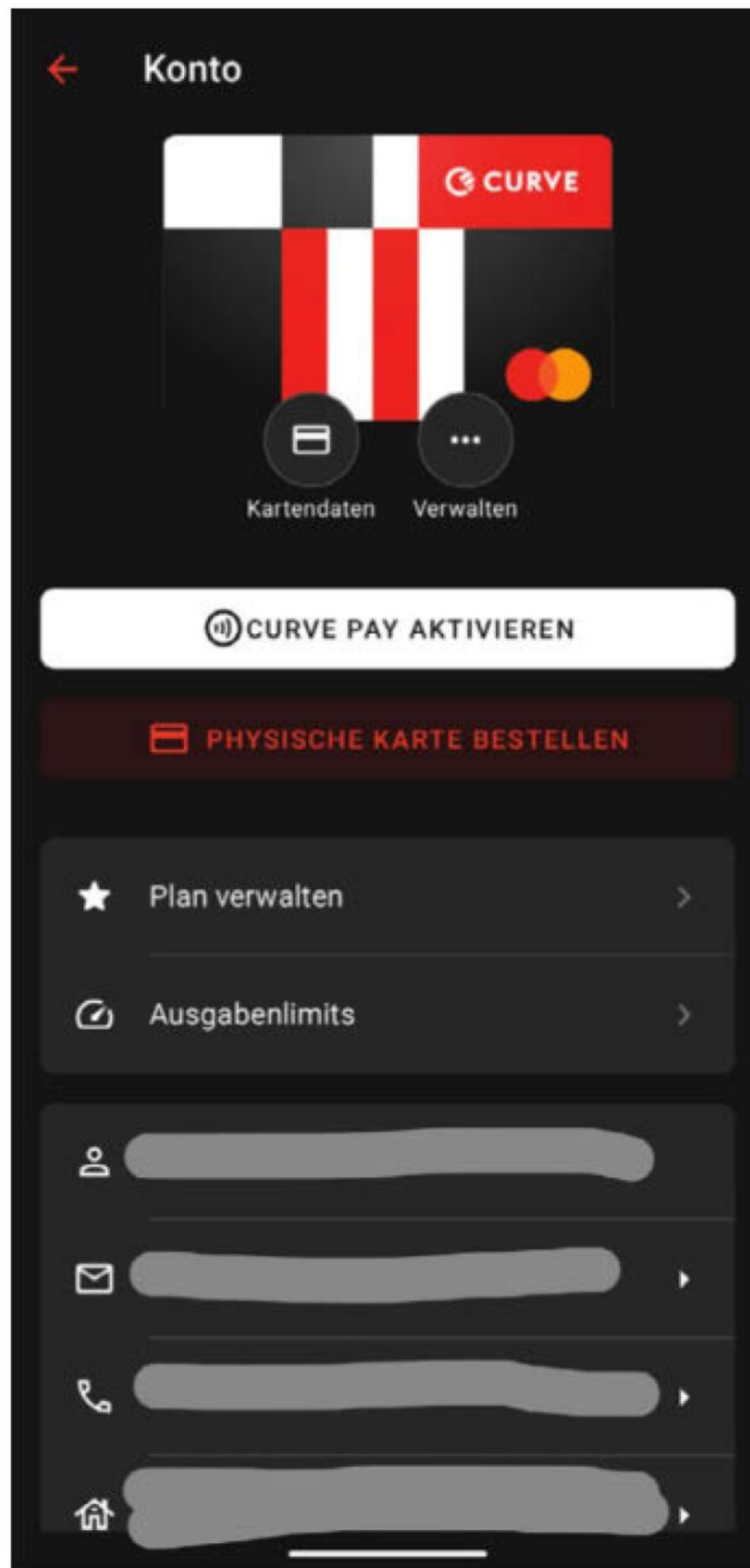
Vielleicht brauchen Sie den Umweg über eine Wallet-App gar nicht: Schauen Sie auch, was Ihre Bank anbietet. Beispielsweise ist das NFC-Bezahlen inzwischen in die App der GLS-Bank eingebaut, und Sparkassen-Kunden können mit der App „Mobiles Bezahlen“ der S-Payment GmbH, nun ja, mobil bezahlen.

Neue Karte, neues Glück

Wenn nichts davon zum Ziel führt, bleibt als Ausweg ein neues – idealerweise kostenloses – Konto bei einer der Banken, deren Bezahl-Apps funktionieren. Das bekommen Sie beispielsweise bei der britischen Neobank Curve, die für die EU eine litauische Lizenz besitzt. Die App funktioniert auf Custom-ROMs und bietet Bezahlungsfunktionen, indem Sie unter Launchpad/Konto „Curve Pay“ aktivieren. Curve ist eine Proxy-Kreditkarte ähnlich wie PayPal: Sie hinterlegen dort Ihre eigentliche Kreditkarte und Curve bucht alle Zahlungen dorthin um.

Interessant als kostenlose Neobank sind zwar auch N26, Revolut und Wise, da sie ebenfalls mit Uhren von Garmin und Fitbit funktionieren. Aber fürs Bezahlen per Custom-ROM kommen Sie damit nicht weiter, weil deren Apps kein mobiles Bezahlen unterstützen und deren Kreditkarten sich nicht in Atruvias „Digitales Bezahlen“ einbinden lassen.

Bei allen Bezahl-Apps sollten Sie ein wenig experimentieren: Klappt das Zahlen bei ausgeschaltetem Display? Oder muss Android vorab entsperrt sein? Vielleicht müssen Sie sogar die Bezahl-App aufgerufen und entsperrt haben? Hierbei mag sich das Handy anders verhalten als von Standard-Android mit Google Pay gewohnt.



Die Curve-App funktioniert auf Custom-ROMs und unterstützt mobiles Bezahlen.

Übrigens, ganz unabhängig von Custom-ROMs: Falls Sie eine Smartwatch von Garmin oder Fitbit besitzen, aber deren Bezahlungsfunktion gar nicht nutzen können, weil Sie kein Konto bei einer der wenigen unterstützten Banken führen, dann kann Ihnen die Curve-Karte auch helfen, denn Garmin Pay und Fitbit Pay funktionieren damit. Letztlich ist eine bezahlungsfähige Smartwatch sogar ein Ausweg, falls Ihr Custom-ROM gar nicht bezahlen möchte: Nehmen Sie dann einfach die Uhr.

Zweiter zweiter Faktor

Früher oder später werden Sie aber auf eine App stoßen, die auf dem Custom-ROM nicht funktioniert, i-KFZ beispielsweise. Die App für digitale Fahrzeugscheine ließ sich in unseren Tests zwar in Betrieb nehmen und las auch den Ausweis aus. Der Download des Fahrzeugscheins brach unter LineageOS und GrapheneOS anschließend aber ab, einzig auf /e/OS hatten wir Erfolg.

Falls eine wichtige App partout nicht funktioniert, ist eine Strategie nicht nur

mit Blick auf Custom-ROMs ratsam, sondern eine, die auch der Tatsache Rechnung trägt, dass für immer mehr Lebenslagen Apps unerlässlich sind. Mit der Smartphone-Abhängigkeit wächst das Risiko, dass der Verlust Ihres Telefons – sei es durch Diebstahl, Vergesslichkeit oder Defekt – nicht nur finanziell schmerzt, sondern auch den Zugang zu wichtigen Diensten abschneidet.

Hilfreich ist dann, zu Hause ein zweites Handy mit den wichtigsten Apps liegen zu haben. Das kann ein ausrangiertes Handy aus der Schublade sein oder auch ein regelmäßig zu Hause genutztes Android-Tablet oder iPad. Installieren Sie dort vor allem alle Zweifaktor-Apps, Passwortmanager, Authenticator, Banking-Apps und Ähnliches. Viele Banken bieten an, ihre Zweifaktor-Apps – mTAN, pushTAN oder wie immer sie heißen – auf zwei oder mehreren Geräten zu installieren; nutzen Sie das, wählen Sie sich durch den Anmeldeprozess und überprüfen Sie, ob Sie beispielsweise Überweisungen auch mit diesem Zweithandy freigeben können.

Denken Sie auch an andere Kategorien, etwa die Krankenkassen-App, Ihre Notizen- oder To-Do-App, Smart Home – alles, was nicht per Browser vom PC aus funktioniert und was ärgerlich zu verlieren wäre. Richten Sie Ihre Mailkonten dort ein, zumindest den wichtigsten, an den die Passwort-Verloren-Mails gehen. Nicht alles lässt sich doppelt installieren, beispielsweise sind Deutschlandticket, Bahn cards und manche Banking-Apps, darunter Curve, an ein Gerät gebunden.

Idealerweise schalten Sie das Backup-Handy alle paar Monate ein, installieren App- und Firmware-Updates und überprüfen zumindest bei den wichtigsten Apps, ob sie noch funktionieren. Unter Android sollten Sie in den App-Infos aller wichtigen Apps den Schalter „App verwalten, wenn ungenutzt“ ausschalten. Sonst verlieren einige Apps möglicherweise ihre Login-Daten, wenn das Handy lange ungenutzt herumliegt.

Zurück zum Custom-ROM: Etwaige auf dem Custom-ROM nicht funktionierende Apps können Sie nun einfach auf diesem Backup-Handy installieren. Das hilft zwar für unterwegs genutzte Apps wie i-KFZ oder mobiles Bezahlen nichts, aber für Banking oder Krankenkassen könnte es reichen.

(jow@ct.de) **ct**

Kompatibilitätslisten: ct.de/ymey

betterCode()

GenAI Summit

10. & 11. Juni 2026 • Mannheim



Die Konferenz zu KI-gestützter Softwareentwicklung

Highlights aus dem Programm:

- Coding Agents im Praxiseinsatz
- Vom Coder zum AI-Orchestrator
- Spec-Driven Development: Das Ende des Vibe Coding
- KI-gestützt Legacy-Systeme modernisieren
- Sicherer Einsatz von Coding-Agenten

Jetzt
Frühbuche-
tickets
sichern!

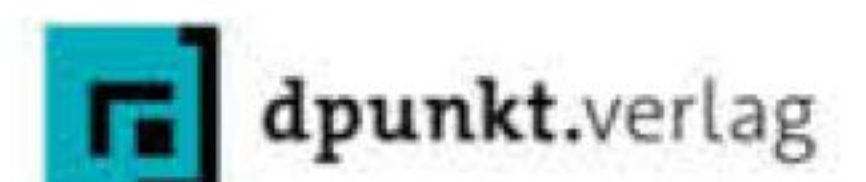
Workshops zu KI-gestützter Legacy-Modernisierung,
Claude Code und Spec-Driven Development

genai-summit.bettercode.eu

Gold-Sponsoren



Veranstalter



// heise
devSec()

Die Konferenz für sichere Softwareentwicklung

22. & 23. September 2026 • Marburg

Sichere Software beginnt vor der ersten Zeile Code...

Die heise devSec ist das Fortbildungs- und Networking-Event für Softwareentwickler und Softwarearchitektinnen, die Verantwortung für die Sicherheit der Software tragen.

Jetzt
Vortrag
einreichen!

heise-devsec.de

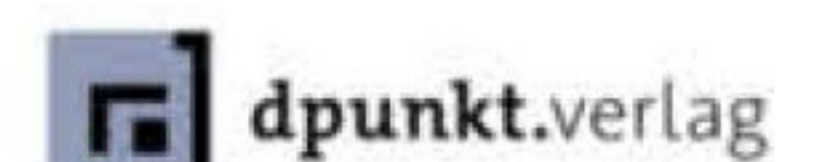
Platin-Sponsor



Silber-Sponsor



Veranstalter



Urheberrechtsstreit um KI-Video-generator Seedance 2.0

Nachdem von Seedance erzeugte, täuschend echte Videosequenzen mit Stars und Filminhalten viral gegangen waren, verschickten Studios Abmahnungen. Der TikTok-Eigentümer ByteDance will seinen KI-Video-generator ändern.

Mitte Februar 2026 wurden Clips zum Netz-Hit, die mit Seedance generiert wurden, darunter eine täuschend echte Kampfszene zwischen Brad Pitt und Tom Cruise sowie Videos mit urheberrechtlich geschützten Star-Wars- und Marvel-Charakteren. Daraufhin schickten Disney und Paramount Abmahnungen an ByteDance.

Dabei geht es anscheinend weniger um ein grundsätzliches Verbot von KI-generierten Filmcharakteren als um Lizenzpolitik: OpenAIs Videogenerator Sora darf dieselben Disney- und Marvel-Figuren verwenden – weil Disney dafür Lizenz erteilt und eine Milliarde Dollar investiert hat.

ByteDance reagierte und kündigte an, Seedance 2.0 so anzupassen, dass urheberrechtlich geschützte Charaktere und

prominente Personen nicht mehr generiert werden können. Wie das technisch umgesetzt werden soll, ließ der Konzern offen. (jo@ct.de)



Videogeneratoren können Figuren wie Super Mario durch beliebige Szenarien fahren lassen, wie dieser Screenshot von der Seedance-Homepage zeigt.

Bild: Seedance

GitHub kämpft gegen KI-Slop

Maintainer von Softwareprojekten beklagen eine wachsende Flut minderwertiger KI-generierter Pull-Requests auf GitHub, deren Autorinnen und Autoren „möglicherweise nicht vollständig verstehen, was sie beitragen“ (Brecht Van Lommel, Blender).

GitHub hat erste Schritte angekündigt, um das anzugehen. Maintainer sollen Pull-Requests nun einfach löschen können. Das war auch eine der Hauptforderungen. Geplant sind außerdem Triage-Tools und bedingte Pull-Requests, die Anforderungen der Projektverantwortlichen automatisch prüfen.

Andere Maintainer kritisieren, dass erst Microsofts KI-freundliche Linie für die vielen minderwertigen Einreichungen verantwortlich ist, und flüchten auf andere Plattformen. Gentoo Linux etwa ist auf dem Weg, von GitHub zu Codeberg zu wechseln. Alex McLean, Maintainer des Musik-Projekts Strudel, berichtet etwa: „Bei uns gab es keine KI-Bot-PRs mehr, seit wir von Microsoft GitHub zu Codeberg umgezogen sind.“ (jo@ct.de)

Neue KI-Allianzen

Deutschland **schmiedet im Eiltempo KI-Allianzen**: Am Rande der Münchner Sicherheitskonferenz im Februar unterzeichnete Bundesdigitalminister Karsten Wildberger (CDU) mit seinem kanadischen Amtskollegen Evan Solomon eine Absichtserklärung für eine technologische Zusammenarbeit im KI-Bereich. Nur wenige Tage später folgte beim AI Impact Summit ein ähnliches Abkommen mit dem indischen Minister Ashwini Vaishnaw.

Beide Verträge verfolgen dasselbe strategische Ziel: Deutschland will der Dominanz US-amerikanischer und chinesischer KI-Plattformen ein „wertebasiertes Gegenmodell“ entgegensetzen. Konkret planen Deutschland und Kanada den gemeinsamen Ausbau von Rechenzentren mit Fokus auf Energieeffizienz, die Vernetzung von Start-ups und Mittelstand, Talentaustauschprogramme sowie die Abstimmung ethischer KI-Standards. Beim Indien-Pakt stehen Anwendungen in Mobilität, Energie, Gesundheit und Produktion im Vordergrund. (jo@ct.de)

Kurz & knapp

Das European Publisher Council, der Verband europäischer Verlage, hat bei der EU-Kommission formell **Beschwerde gegen Googles AI Overviews** eingelegt. Die KI-Suche verstoße gegen Wettbewerbsrecht: Google baue seine Suche zur Antwortmaschine um, nutze Verlagsinhalte ohne Vergütung und halte Nutzer im eigenen Ökosystem. Die Beschwerde schließt sich einer bereits laufenden EU-Untersuchung an.

Der österreichische Entwickler Peter Steinberger, Entwickler des KI-Agenten **OpenClaw** (siehe S. 92), wechselt zu OpenAI. Dort soll er an der nächsten Generation persönlicher Agenten arbeiten. OpenClaw – ein autonom agierender Bot mit Vollzugriff auf die eigene Hardware – soll Open Source bleiben. Dazu will Steinberger eine Stiftung rund um den Agenten gründen.

Wegen Sicherheitsbedenken hat das Europäische Parlament **KI-Funktionen auf dienstlichen Smartphones und Tablets deaktiviert**. Die IT-Abteilung konnte laut internem Bericht nicht garantieren, dass Daten sicher bleiben – einige KI-Tools übermitteln Daten an Clouddienste. Sie empfiehlt den Abgeordneten und Angestellten für ihre Privatgeräte ähnliche Vorsichtsmaßnahmen.

Über 80 Prozent der Fortune-500-Unternehmen nutzen KI-Tools – doch laut Microsofts aktuellem Cyber Pulse Report fehlt es an Kontrolle: Nur 47 Prozent der Firmen haben Sicherheitsregeln für generative KI, und 29 Prozent der Mitarbeiter nutzen bereits nicht genehmigte KI-Agenten. Diese **Schatten-KI** öffnet Angreifern Tür und Tor – etwa für „Memory Poisoning“, bei dem KI-Assistenten dauerhaft manipuliert werden.

Social Media: Wer schützt Kinder – und vor wem?

Während die EU-Kommission TikTok offiziell suchtfördernde Techniken attestiert und Gegenmaßnahmen fordert, läuft in Deutschland die Diskussion um ein mögliches Social-Media-Verbot für Kinder heiß.

Die Regierungsparteien CDU und SPD haben ähnliche Vorschläge zu einem Social-Media-Verbot für Kinder vorgelegt. Zuerst hatte die SPD ein Impulspapier in die Debatte eingebracht, das ein dreistufiges Regulierungsmodell fordert: Unter 14-Jährigen solle es vollständig verboten sein, Social-Media-Plattformen zu nutzen. 14- bis 15-Jährige sollen „Jugendversionen“ ohne algorithmengesteuerte Timelines oder Endless-Scrolling-Funktionen erhalten, ab 16 und für Erwachsene sollen Empfehlungssysteme verboten sein. Die Alterskontrolle soll dem Impulspapier zufolge mittels „einer Verifizierung durch die Erziehungsberechtigten über deren EUID-Wallet“ erfolgen. Eine Pflicht zur Verifikation über das EUID-Wallet würde de facto die Abschaffung anonymer Internetnutzung für alle bedeuten, nicht nur für Minderjährige.

Auf ihrem Bundesparteitag schloss sich die CDU diesem Vorschlag weitgehend an. Skeptisch gegenüber einem Social-Media-Verbot zeigt sich bisher allerdings die CSU, insbesondere Bayerns Ministerpräsident Markus Söder. Ohnehin will die Regierung wohl erst einmal die

Ergebnisse einer Expertenkommission abwarten, die Bundesfamilienministerin Karin Prien (CDU) im Herbst 2025 eingesetzt hatte. Fachleute sollen dort Konzepte erarbeiten, wie Kinder und Jugendliche im digitalen Raum besser geschützt werden können. Die Regierung könnte mögliche Neuregelungen also frühestens im Sommer auf den Weg bringen.

Weltweit tobt die Diskussion darum, inwieweit Social-Media-Plattformen süchtig machen. Am Los Angeles Superior Court läuft ein Prozess, der als Blaupause für rund 1600 ähnliche Klagen in den USA fungieren könnte. Eine heute 20-Jährige, die nur unter den Initialen KGM auftritt, wirft Meta und Google vor, ihre Plattformen als „digitale Spielkasinos“ konzipiert zu haben – mit Endlos-Scrolling, Beauty-Filtern, Autoplay und Benachrichtigungen, die gezielt auf das Belohnungssystem junger Gehirne abzielen.

Am 19. Februar musste Meta-Chef Mark Zuckerberg als Zeuge aussagen. Er räumte ein, dass Instagram trotz Nutzungsbedingungen zeitweise vier Millionen Nutzer unter 13 Jahren hatte, verteidigte aber die Unternehmensstrategie: Meta setze keine Ziele mehr für maximale Nutzungszeiten. Dem Anwalt der Klägerin gelang es, Zuckerberg mit internen E-Mails aus den Jahren 2014 und 2015 zu konfrontieren, in denen er eine Verdopplung der Nutzungszeit angepeilt hatte. Instagram-Chef



Bild: Ryan Sun / dpa

Meta-Chef Mark Zuckerberg auf dem Weg ins Gericht: Dort bestritt er, dass Instagram Kinder süchtig macht.

Adam Mosseri hatte zuvor sogar jedes Suchtpotenzial der App bestritten.

Die EU-Kommission hat derweil nach vorläufigen Ergebnissen einer fast zweijährigen Untersuchung festgestellt, dass die Videoplattform TikTok gegen den Digital Services Act (DSA) verstößt. Das Design der Plattform verleite Menschen dazu, möglichst lange auf TikTok zu verweilen. Man habe TikTok förmlich aufgefordert, suchtfördernde Designelemente zu überarbeiten: Endlos-Scrollen ohne Pausen soll angepasst, Empfehlungsalgorithmen sollen transparenter werden. Kommt der Anbieter den Forderungen nicht nach, droht ein Bußgeld von bis zu sechs Prozent des weltweiten Jahresumsatzes des Gesamtunternehmens Bytedance. Auch tägliche Strafgebühren sind laut DSA möglich. (hob@ct.de)

**WIBU
SYSTEMS**

Lizenzierung als Steuerungsebene

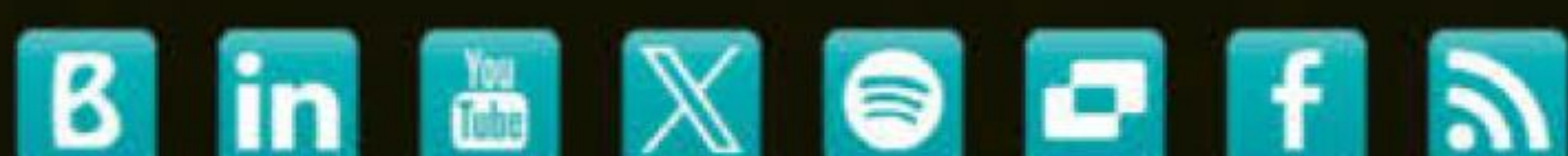
Die Konformität mit dem Cyber Resilience Act muss auch nach der Bereitstellung durchsetzbar bleiben.

Die CodeMeter-basierte Lizenzierung bietet eine kontinuierliche Kontrolle über den gesamten Lebenszyklus digitaler Produkte – von der Aktivierung und Updates bis hin zur Fehlerbehebung und dem Lebensende (End-of-Life).

CodeMeter

Lizenzierung. Schutz. Lifecycle-Steuerung.

Erfahren Sie, wie CodeMeter-basierte Lizenzierung die CRA-Compliance ermöglicht.

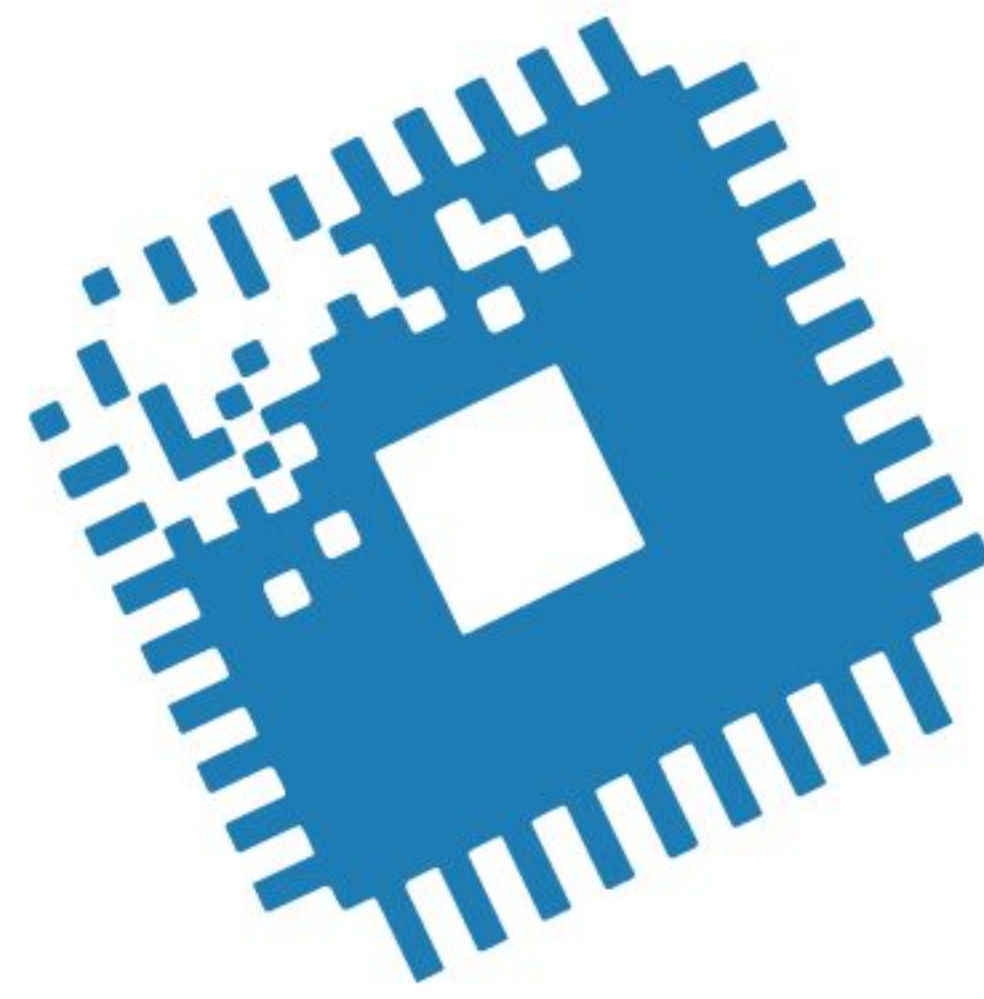


sales@wibu.com
www.wibu.com

Halle 26
Stand C75



Bit-Rauschen



Preisexplosion bei Chips bedroht Geschäftsmodelle

Branchenkenner befürchten, dass kleinere IT-Firmen vom Markt verschwinden, weil RAM- und Flash-Chips zu teuer werden. Derweil fährt der Raspi-Aktienkurs Achterbahn.

Von Christof Windeck

Die extremen Preissteigerungen bei Arbeitsspeicher (RAM) und Flash-Chips sind möglicherweise nur Vorboten einer weitreichenden Transformation. Das meinen jedenfalls einige Branchenkenner wie Pua Khein-Seng, Gründer und CEO der taiwanischen Firma Phison, die SSD-Controller entwickelt und auch SSDs fertigt. Er befürchtet, dass die Knappheit der DRAM- und Flash-Speicherchips jahrelang anhält und dadurch viele kleinere Hersteller von Desktop-PCs, Notebooks und deren Komponenten vom Markt verschwinden.

Weil sich die großen Chipfirmen voll auf den KI-Boom konzentrieren, könnten andere Märkte unter die Räder kommen – vor allem Technik für Privatleute. Nur Großfirmen wie Lenovo, HP, Dell und Apple haben das nötige Kapital für langfristige Lieferverträge, die Chiphersteller derzeit einfordern. Speziell der PC-Markt lebte bisher jedoch von der Innovationskraft und Konkurrenz der vielen kleineren Hersteller. Falls immer mehr von diesen verschwinden, trocknet das Angebot aus.

Und nicht nur DRAM und Flash sind knapp und teuer, sondern zunehmend auch andere Bauelemente sowie Rohmaterialien für die Chipherstellung. WD meldete schon Anfang Februar, dass Serverfestplatten für 2026 ausverkauft sind, was wiederum die SSD-Preise steigen lässt. Intel warnte Kunden in China, dass die Lieferzeiten und Preise für Xeon-Serverprozessoren steigen, weil die Fertigungs-

kapazität für Chiplets knapp ist. Auch ein spezielles Glasgewebe für die Produktion von Chipgehäusen ist nur noch mit langen Lieferfristen erhältlich, ebenso wie bestimmte Typen von SMD-Widerständen.

Speziell das knappe und teure RAM trifft etwa auch die britische Firma Raspberry Pi Plc., also den Raspi-Hersteller. Seit Herbst 2025 wurden die Preise für die meisten Varianten von Raspberry Pi 4 und 5 bereits zweimal erhöht. Um flexibler einkaufen zu können, hat der Raspi-Entwickler nun die Platine des Raspberry Pi 4B verändert, sodass sich ein zusätzlicher DRAM-Chip auf die Unterseite löten lässt. Außerdem wurden die Chips zusätzlicher Lieferanten qualifiziert, also auf Kompatibilität zur Schaltung geprüft. Bisher kamen die LPDDR4- oder LPDDR4X-SDRAM-Bausteine vorwiegend von Micron, nun auch von Winbond aus Taiwan oder der chinesischen Firma Rayson. Letztere stellt selbst zwar keine RAM-Chips her, verpackt diese aber in Gehäuse. Ein LPDDR4X-

Baustein mit 8 Gigabyte Kapazität enthält nämlich mehrere übereinander liegende Siliziumchips, beispielsweise vier mit je 16 Gigabit oder acht mit je 8 Gbit.

Raspi-Kursrausch

Im Sommer 2024 war Raspberry Pi Plc. an die Londoner Börse gegangen, der Ausgabekurs betrug damals 2,80 britische Pfund (GBP). Rasch stieg der Kurs auf über 4 Pfund und vor etwa einem Jahr war das Maximum von 7,66 GBP erreicht. Dann jedoch ging es lange bergab – bis Anfang Februar 2026. Der Raspi-Chef Eben Upton, der im Juni 2025 400.000 Aktien verkauft hatte, kaufte nun einige Tausend zurück, wohl auch um sein Vertrauen in sein Unternehmen zu demonstrieren.

Nahezu gleichzeitig kursierten in einigen Foren Hinweise, dass sich der KI-Chatbot OpenClaw, der zurzeit viel Aufmerksamkeit erfährt, auch von einem Raspi aus nutzen lässt. Innerhalb weniger Tage schoss die Raspi-Aktie um rund 55 Prozent auf mehr als 4,10 Pfund hoch. Möglicherweise geht das auf das Missverständnis zurück, OpenClaw ließe sich auf einem Raspberry Pi lokal betreiben. Wie dem auch sei: Wer Anteile an vergleichsweise kleinen Aktiengesellschaften kauft, sogenannte Small Caps, braucht Nerven wie Drahtseile.

Eine neue Raspi-Generation scheint noch nicht im Anmarsch zu sein, dabei wäre ein Raspberry Pi 6 allmählich fällig.



Aktuelle Versionen des seit 2019 verkauften Raspberry Pi 4 haben eine neue Platine, auf deren Unterseite ein zweiter LPDDR4-RAM-Chip sitzen kann.

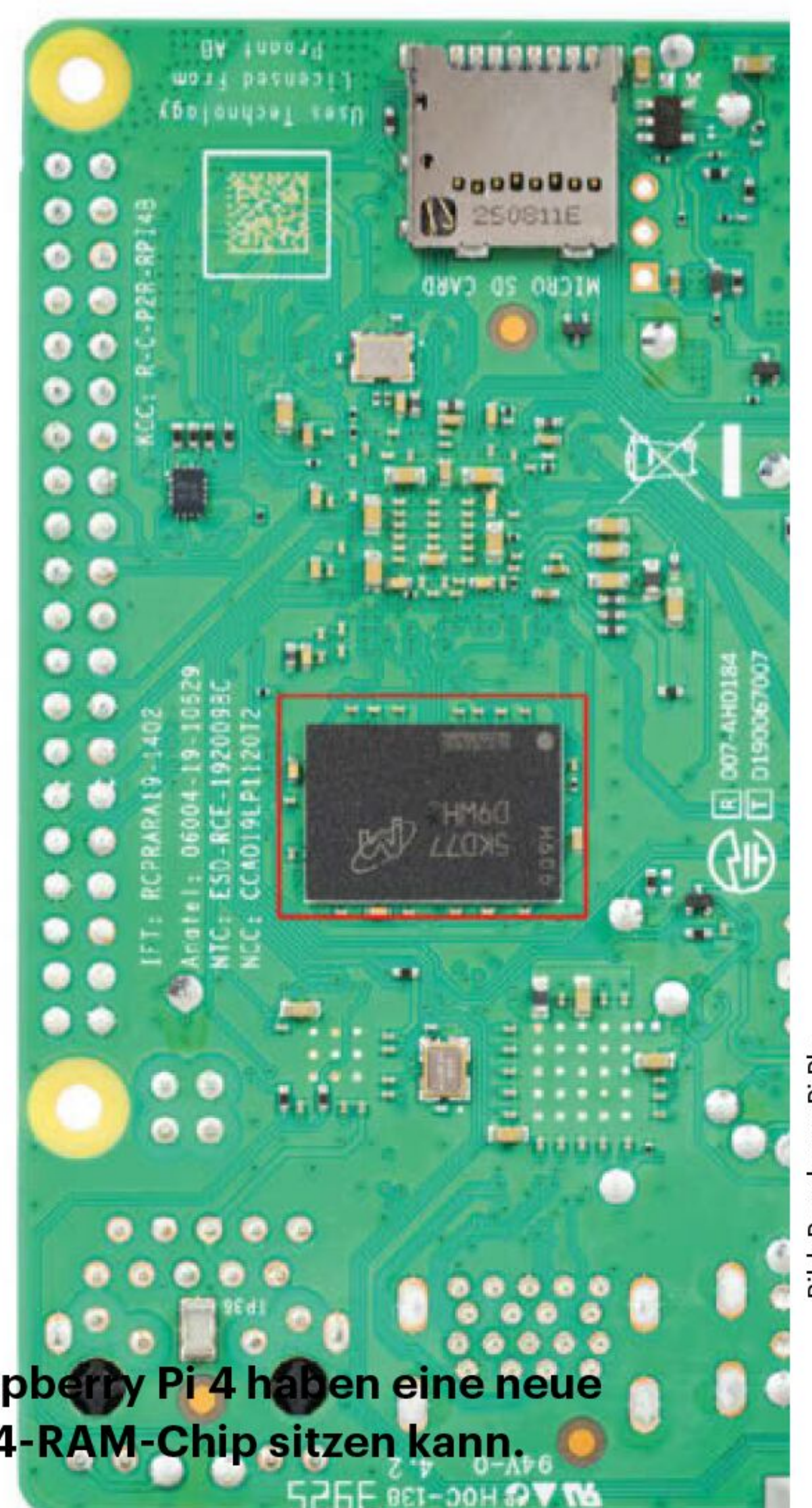


Bild: Raspberry Pi Plc.

High Bandwidth Memory (HBM) besteht zwar aus bis zu 16 übereinanderliegenden DRAM-Dies, doch die Stapel bauen nicht höher als der große Chip des KI-Beschleunigers im Zentrum.

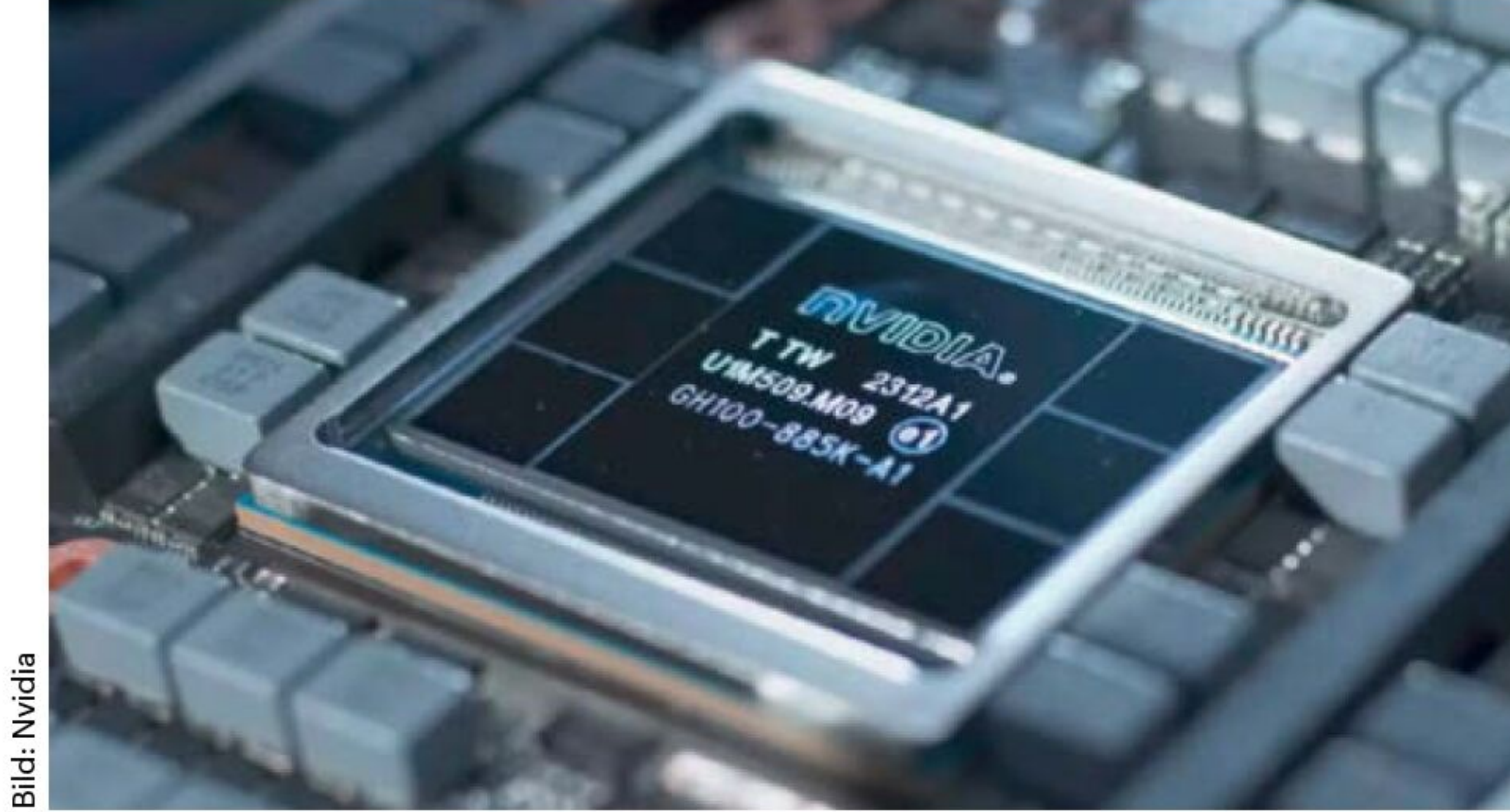


Bild: Nvidia

Denn der Raspi 5 hat mittlerweile mehr als zwei Jahre auf dem Buckel. Doch in einer Phase teurer RAM-Chips ist das Risiko groß, dass ein neues Produkt zu wenige Käufer findet.

RAM-Geschwindigkeitsrausch

Ungeachtet enormer Preise geht die Entwicklung neuer RAM-Chips weiter, vor allem bei High Bandwidth Memory (HBM) für KI-Beschleuniger. Dabei handelt es sich um Stapel (engl. „stacks“) von derzeit bis zu 16 dünn geschliffenen DRAM-Dies übereinander, die mit Through Silicon Vias verbunden sind. Diese HBM-Stacks sind so groß wie ein Fingernagel, auch zusammengesetzt nur wenige Millimeter hoch und sitzen unmittelbar neben dem KI-Beschleuniger. Denn mit letzterem sind sie über bisher 1024 Datensignalleitungen verbunden, sodass schon ein einziger Stapel der Generation HBM3E mehr als 1,2 Terabyte an Daten pro Sekunde überträgt. Samsung fertigt bereits erste HBM4-Muster für die kommenden Nvidia-Rubin-Chips, die sogar 2 TByte/s liefern, vor allem weil sie doppelt so viele Datenleitungen haben (2048). Die Kapazität pro Stack kann 64 GByte erreichen, also 16 Dies mit je 32 Gigabit.

Ab etwa 2029 soll HBM5 mit 4096 Datenleitungen ins Rennen gehen, dabei soll jedes Die bis zu 40 Gigabit fassen. Ein Sechzehnerstapel speichert dann 80 GByte und liest oder schreibt mit bis zu 4 TByte/s. Dabei schluckt das DRAM viel Strom, nämlich bis zu 100 Watt. Und ein KI-Beschleuniger hat nicht bloß ein solches HBM5-Stapelchen, sondern acht oder zwölf für mehr als 500 GByte RAM. Daher fassen die HBM5-Entwickler auch aufwendige Kühltechnik wie Immersionskühlung ins Auge.

Und auch für HBM6 sind bereits erste Eckdaten festgeklopft, etwa Transferraten von bis zu 8 TByte/s und Kapazitäten von bis zu 120 GByte pro Stapel. Mit HBM7

sollen Mitte der 2030er-Jahre dann 8192 Datenleitungen kommen und bei HBM8 sogar 16.384.

Intel wieder im RAM-Business?

Mit derartigen Chips möchte Intel ab etwa 2029 konkurrieren – aber nicht als DRAM-Hersteller, sondern als Packaging-Dienstleister. Eine neu entwickelte Stapel- und Verbindungstechnik für „Z-Angle Memory“ soll Kühlung und Signalqualität verbessern. Dabei kooperiert Intel mit der in Japan gegründeten Firma SAIMemory, einer Tochterfirma von SoftBank. Die besitzt auch die Mehrheit der Anteile am CPU-Entwickler ARM sowie den KI-Beschleuniger-Entwickler Graphcore. Mit SAIMemory beziehungsweise Z-Angle Memory hat SoftBank nun alle wesentlichen Komponenten für eigene KI-Beschleuniger zusammen. Branchenkenner meinen, dass SAIMemory in Japan auf Fördermittel hofft, die die Abhängigkeit von DRAM-Zulieferern aus Korea und den USA reduzieren sollen.

Verkaufsstopp für Acer & Asus

Mitte Februar schalteten Acer und Asus ihre deutschen Produkt-Websites für Notebooks ab. Außerdem liefern sie viele Gerätetypen nicht mehr an Händler aus. Hintergrund ist ein Streit mit Nokia um Lizenzgebühren für den Videocodex HEVC alias H.265. Dafür bringen alle aktuellen Grafikprozessoren, auch die in CPUs integrierten, Hardwaredecoder mit. Nokia verlangt Lizenzgebühren, die vom erzielten Verkaufspreis des gesamten Gerätes abhängen, während Acer und Asus nur den Preis der jeweiligen CPU oder GPU für angemessen halten. Bis zum Redaktionsschluss war nicht klar, wie der Streit ausgeht. Durch die Abschaltung der Websites kommen Besitzer einiger betroffener Geräte auch nicht mehr an Firmware-Updates heran; sie können sich aber an den Support wenden. (ciw@ct.de) **ct**

Low VS High Performer?

Wir testen die Leistung Ihres Proxmox VE Clusters und Sie entscheiden.

Dürfen wir vorstellen:
Thomas-Krenn Performance Report

Unsere Leistungsanalyse zeigt Ihnen punktgenau in Ihrem Proxmox-System auf, wo noch Verbesserungspotenzial liegt. Erfahren Sie, an welchen Stellen Sie gezielt optimieren können – für mehr Effizienz und Performance.

- Detaillierte Analyseberichte
- Über 40 Best Practices
- Konkrete Handlungsempfehlungen von unseren Experten!



Jetzt kostenlos
Performance Report anfragen:
thomas-krenn.com/report

THOMAS KRENN®
IT's people business



Bild: Florian Müssig / heise medien

ARMes Windows

Nur für neue ARM-CPU: Windows 11 26H1 lässt AMD und Intel außen vor

Die neue Windows-11-Version 26H1 erscheint nur für Komplettsysteme mit neuen ARM-Prozessoren. Prozessoren von AMD oder Intel werden sie nie zu Gesicht bekommen. Wir analysieren, warum Microsoft das tut.

Von Florian Müssig

Stellen Sie sich vor, es gibt eine neue Windows-11-Version, doch niemand kann sie bislang nutzen. Genau das ist just passiert: Microsoft hat am 10. Februar Windows 11 in der frischen Variante 26H1 veröffentlicht. Doch die neue Version steht nicht der breiten Allgemeinheit zur Verfügung, sondern ist nur für Komplettsysteme mit neuen ARM-Prozessoren ge-

dacht. Konkret nennt Microsoft derzeit einzig Qualcomms Snapdragon X2 als unterstützte Prozessorfamilie.

Erste damit bestückte Notebooks wurden Anfang Januar 2026 auf der IT-Messe CES für März oder April angekündigt. Microsofts nun vermeldete Fertigstellung von Windows 11 26H1 bedeutet, dass die Notebookhersteller mit der Massenproduktion der Geräte starten können – denn dazu gehört ja auch eine Windows-Vorinstallation.

Uns wurde bereits auf der CES aus Herstellerkreisen bestätigt, dass Notebooks mit Snapdragon X2 hardwareseitig fertig entwickelt sind, aber auf Windows 11 26H1 warten müssen. Bislang war unsere Vermutung, dass Microsoft den neuen Qualcomm-Systemen wieder einen zeitlichen Vorsprung gönnt: Im Frühsommer 2024 startete Windows 11 24H2 als Build 26000 exklusiv auf Notebooks mit der ersten Generation des Snapdragon X, weil

zunächst nur diese eine NPU (Neural Processing Unit) hatten, die stark genug für die neuen KI-Funktionen war, die Microsoft als Copilot+ vermarktet.

Notebooks mit AMD- oder Intel-Prozessoren – egal ob mit älteren oder nagelneuen CPUs inklusive NPU für Copilot+ – wurden erst mit etlichen Monaten Verzögerung im Herbst 2024 nachgezogen. Dabei änderte sich die Build-Nummer für alle 24H2-Systeme auf 26100 und mit dem derzeit aktuellen 25H2 dann für alle auf 26200. Wie Microsoft nun ausführt, wiederholt sich dieses Spielchen aber nicht.

Windows 11 26H1 (Build 28000) ist stattdessen eine exklusive Variante, die für ausgewählte Prozessoren des laufenden Jahres wie den Snapdragon X2 aufgelegt wird. Weder können ältere Systeme mit 24H2 oder 25H2 auf 26H1 aktualisiert werden noch bekommen Systeme mit 26H1 im Herbst 2026 das nächste allgemeine Feature-Upgrade, welches dem bisherigen Schema folgend 26H2 heißen dürfte. Stattdessen sollen die beiden getrennten Pfade erst irgendwann später auf einen gemeinsamen (Build-)Nenner gebracht werden.

Bestehende und kommende Systeme mit Windows 11 24H2 und 25H2 bekommen weiterhin Sicherheitsupdates und Verbesserungen. Intels Panther Lake alias Core Ultra 300 ist beispielsweise erst dieser Tage gestartet – mit Windows 11 25H2 (siehe auch c't 4/2026, S. 86).

Aber warum?

Zu den Hintergründen, warum man die Zukunft von Windows 11 in getrennte Schienen aufsplittet, hält sich Microsoft bemerkenswerterweise bedeckt. Uns fallen zwei Erklärungsansätze ein: technische Notwendigkeit oder eine Aufsplittung nach vermarktbar Features.

Erstes liegt nahe, weil zwar in jüngerer Vergangenheit (lies: seit den Windows-10-Gehversuchen mit dem Snapdragon 835) alle Windows-on-ARM-Systeme mit Qualcomm-Prozessoren liefen, dies aber nicht so bleiben wird. Die Spatzen pfeifen schon länger von den Dächern, dass auch Nvidia gerne mitmischen würde. Der Chip trägt den Codenamen N1X und ist dem Vernehmen nach eng mit dem Kombiprozessor GB10 verwandt, der die Mini-KI-Workstation DGX Spark befeuert.

Die Workstation läuft aus verschiedenen Gründen unter DGX OS, also einer Linux-Spielart – womöglich auch, weil

Windows 11 in der bisherigen Version GB10 und/oder N1X noch gar nicht unterstützt. Wer sich noch an Zeiten zurückerinnert, als es x86-CPU's nicht nur von AMD und Intel gab, sondern auch noch von VIA (oder noch früher auch Cyrix und Transmeta), wird sich ebenso erinnern, dass da im Windows-Unterbau nicht immer alles rund lief. 26H1 könnte also der Ansatz sein, neue ARM-Chips verschiedener Hersteller unter einen frischen Hut zu bringen, während bestehende CPU-Baureihen von AMD, Intel und Qualcomm auf absehbare Zeit in einem möglichst stabilen Legacy-Pfad verbleiben.

Und wer weiß, ob es bei Qualcomm und Nvidia bleibt: Wenn Windows on ARM weiter Fahrt aufnimmt, dürften auch weitere Firmen wie MediaTek auf den Notebookmarkt schießen. Ob dem so ist, können wir nicht mit Sicherheit sagen. Doch Microsoft hat sicherlich Einblick in die Roadmaps anderer CPU-Hersteller, wenn diese über kurz oder lang in den Notebookmarkt wollen – denn ohne jahrelang vorher gesicherte Windows-Unterstützung wäre das unmöglich.

Der zweite Erklärungsansatz ist, dass Microsoft Windows-Versionen künftig stärker nach verfügbaren Features unterteilen und vermarkten möchte. 24H2 war auf Snapdragon X das erste Windows 11, das die von Microsoft auserkorenen KI-Funktionen mitbrachte, welche ihrerseits die starke in Hardware gegossene NPU erforderten. Es war aber damals schon absehbar, dass AMD und Intel innerhalb weniger Monate ihrerseits mit neuen Prozessoren nachziehen würden, deren NPUs dann auch Copilot+ unterstützen würden. Im Herbst 2024 wurde 24H2 dann ja wie eingangs erwähnt für x86-Systeme freigegeben.

Dabei verknuselte Microsoft aber mehrere Faktoren. Einerseits wurden neue KI-Funktionen stufen- und regionsweise ausgerollt, wobei sie immer zuerst auf Snapdragon verfügbar waren. Systeme mit Ryzen oder Core Ultra hatten also das Nachsehen, selbst wenn sie für Copilot+ taugten und auf derselben Windows-Version liefen. Andererseits war 24H2 ab Herbst 2024 für sämtliche Windows-11-tauglichen Systeme freigegeben und damit auch für Hardware, die gar keine NPU für Windows-11-KI mitbrachte. Ergo gibt es dort auch keine der neuen KI-Funktionen. 24H2 und 25H2 verkommen auf älterer Hardware gewissermaßen zur Long-Term-Support-Lösung, über die Microsoft weiterhin Sicherheitsupdates bereitstellt, ohne seinerseits noch ältere Versionen wie 23H2 jahrelang weiter berücksichtigen zu müssen.

Ob und welche neuen (KI-)Funktionen 26H1 mitbringt, hat Microsoft bislang nicht verraten. Es wäre aber verwunderlich, wenn keine Neuerungen an Bord wären: Der Snapdragon X2 hat in allen Modellen eine NPU, die satte 80 Tops schafft und damit das Doppelte der bisherigen NPU-Anforderung für Copilot+. Prozessoren von AMD und Intel kommen da absehbar nicht heran, sondern verharren bei plusminus 50 Tops (von seltenst anzutreffenden Topmodellen bis 60 Tops mal abgesehen). Aus Microsoft-Sicht ist „Wintel“ seit 2024 Geschichte und Qualcomm der bevorzugte Prozessorlieferant – warum solchen Systemen nicht also auch exklusiv das allerneueste Windows gönnen?

Ausblick

Womöglich ist es auch die Kombination der beiden Aspekte. Dadurch, dass 26H1

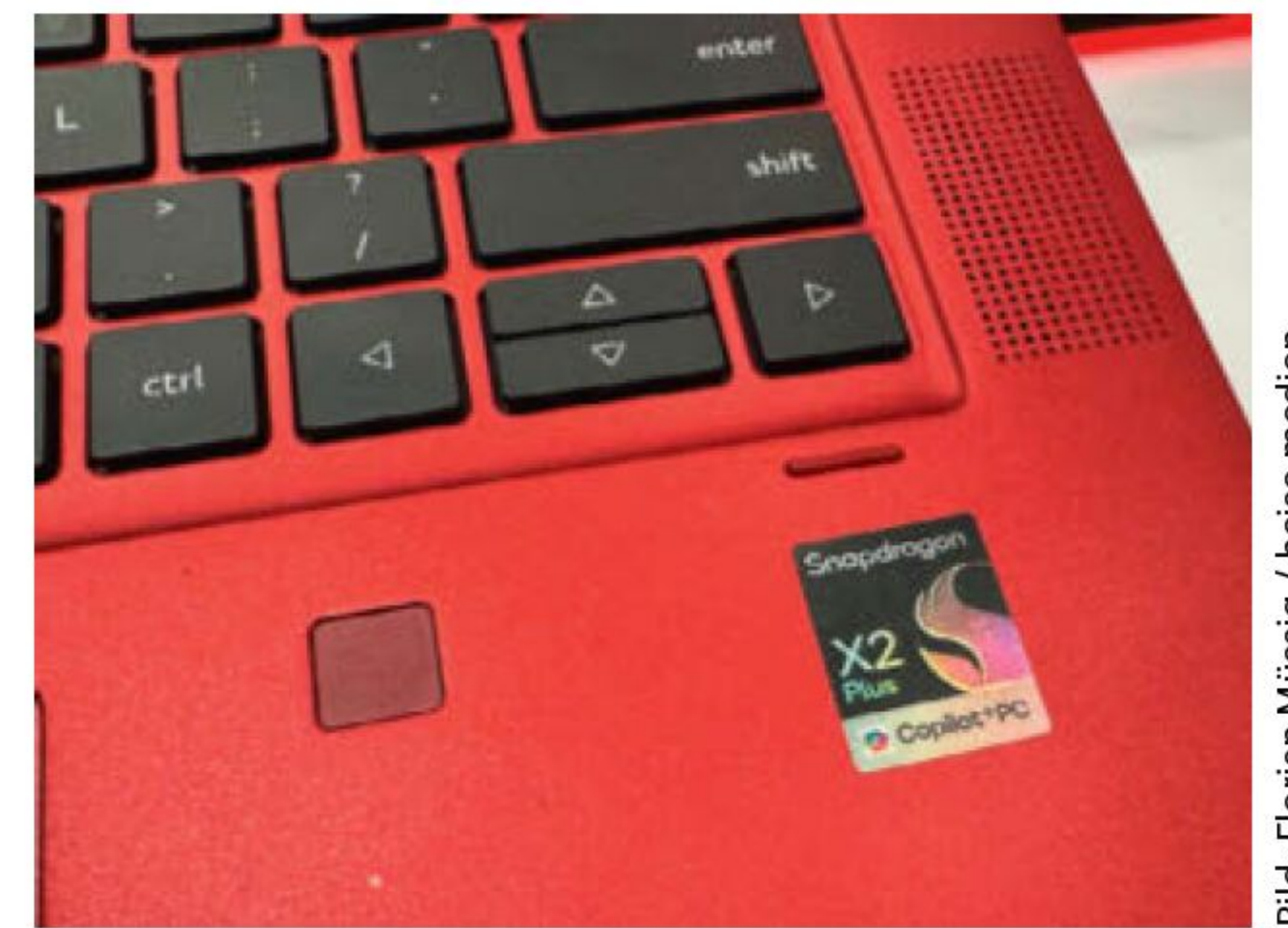


Bild: Florian Müssig / heise medien

Notebooks mit Snapdragon X2 bekommen dank starker NPU das Microsoft-Logo Copilot+.

nur auf allerfrischester Hardware läuft, kann Microsoft diese optimal unterstützen und neue Funktionen gezielt für solche Systeme entwickeln und bewerben. Andererseits läuft der Legacy-Support mit den so wichtigen Sicherheitsupdates für die massive Basis bestehender Systeme erst einmal weiter, ohne dass deren Nutzer mit Abkündigungen der Unterstützung vor den Kopf gestoßen werden.

Es ist offensichtlich, dass Microsoft alte Zöpfe abschneiden will, um dynamischer (re)agieren zu können. Beim Wechsel von Windows 10 auf Windows 11 wurden die Hardwarevoraussetzungen kräftig erhöht, obwohl das technisch nachweislich nicht notwendig gewesen wäre. Die „Altlasten“ bremsen aber, vor allem in Bezug auf den Hauptkonkurrenten: Bei Apple läuft macOS auf neuer Hardware auch deshalb so gut und effizient, weil regelmäßig die Unterstützung von Hardwaregenerationen und Softwareschnittstellen rausfliegt, die gerade einmal Grundschulalter erreicht haben. Unter Windows 11 stehen hingegen die Chancen nicht schlecht, dass man immer noch Software zum Laufen bekommt, die man Ende der 1990er-Jahre auf einer Shareware-CD erworben hat.

Die Parallelexistenz zweier getrennter Windows-Versionen könnte dieses Dilemma lösen, denn Apple spielt seine Trümpfe voll aus. MacBooks haben eben nicht nur tolle Exklusivprozessoren, sondern zelebrieren auch das optimierte Zusammenspiel aus Hard-, Firm- und Software, die man so sonst nirgends vorfindet. Windows 11 26H1 als herausgelöste Premiumvariante für neueste Notebooks mit handselektierten Prozessoren dürfte Microsofts beste Chance sein, das in seinem viel offeneren Ökosystem zu kontern.

(mue@ct.de) **ct**

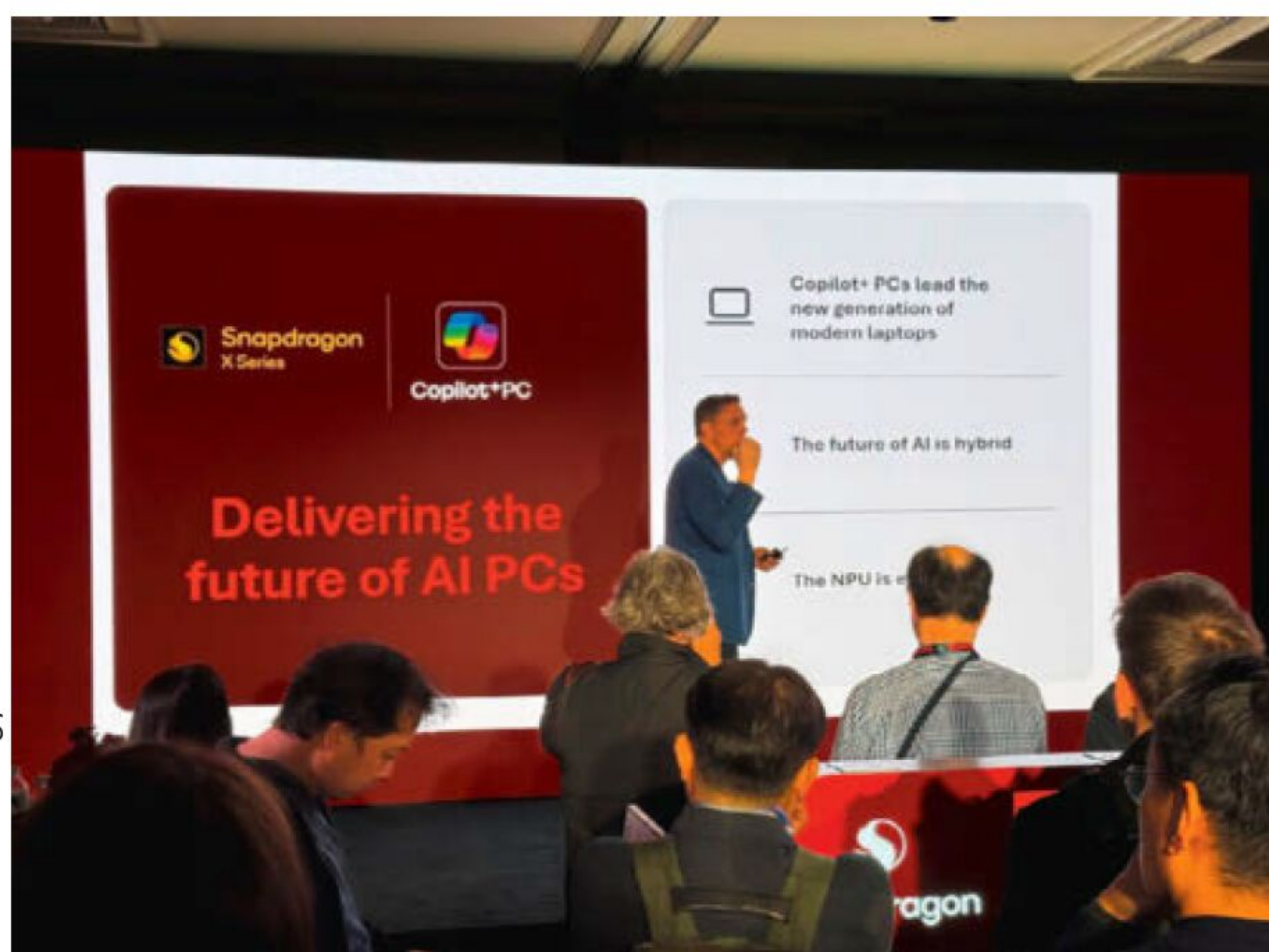


Bild: Florian Müssig / heise medien

Bei Qualcomms diesjähriger CES-Pressiskonferenz zum Snapdragon X2 durfte auch Microsofts Windows-Marketingchef James Howell auf die Bühne und die enge Kooperation der beiden Unternehmen betonen.

AMD erobert weitere Marktanteile bei x86-Prozessoren

Ryzen-CPUs laufen vor allem im Desktopsegment gut. AMD konnte zudem in allen Bereichen den Umsatz pro Prozessor steigern.

Für AMD läuft es finanziell nicht nur dank KI-Beschleunigern gut. Auch beim Marktanteil von x86-Prozessoren konnte der Chiphersteller 2025 Zuwächse verzeichnen. Laut den Marktforschern von Mercury Research kletterte der Anteil im vierten Quartal 2025 zum Vorjahreszeitraum von 24,7 auf 29,2 Prozent. Die übrigen CPUs



In vier von zehn Desktop-PCs steckt inzwischen ein Ryzen-Prozessor wie der Sechskerner Ryzen 5 7500X3D.

gehen nahezu vollständig auf das Konto von Intel. Der dritte, letzte noch verbliebene x86-Hersteller VIA spielt kaum noch eine Rolle.

Besonders groß war der Zuwachs bei den Desktop-PC-Prozessoren der Ryzen-Serie. AMD konnte seinen Marktanteil binnen Jahresfrist um fast 10 Prozentpunkte von 26,9 auf 36,4 Prozent steigern. Dabei nahmen nicht nur die Stückzahlen im Verhältnis zu, sondern AMD konnte auch den Umsatzanteil bei Desktop-CPU's überproportional von 28,0 auf 42,6 Prozent erhöhen. Das bedeutet, dass der Preis pro verkauftem Chip wuchs und AMD Prozessoren im Durchschnitt teurer verkaufen konnte als Intel. Im Server- und Mobilsegment fallen die Zuwächse nach Stückzahlen mit 3,1 und 2,2 Prozentpunkten etwas geringer aus. Aber auch dort konnte AMD den Umsatzanteil überproportional und damit den

durchschnittlichen Preis pro CPU steigern.

Laut Mercury Research haben im Client-Segment, das Notebook- und Desktop-CPU's umfasst, x86-Prozessoren einen Anteil von 86,7 Prozent. Die übrigen 13,3 Prozent machen zum Großteil die ARM-Chips von Apple in den Macs aus. Hinzu kommen noch die Windows-on-ARM-Chips Qualcomm Snapdragon X und einige ARM-Prozessoren in Chromebooks. (chh@ct.de)

Marktanteile AMD an x86-CPU's (nach Stückzahl)

Kategorie	Q4/25	Q3/25	Q4/24
Server	28,8 %	27,8 %	25,7 %
Desktop	36,4 %	33,6%	26,9 %
Mobil	26,0 %	21,9 %	23,8 %
x86-Gesamt ¹	29,2 %	25,6 %	24,7 %

¹ einschließlich IoT und Konsolen Quelle: Mercury Research

BIOS-Updates gegen Ryzen-Bootprobleme

Der Mainboard-Hersteller Asrock hat für zahlreiche AM5-Mainboards die BIOS-Version 4.10 veröffentlicht. Sie soll einen Fehler beheben, der bei bestimmten Ryzen-9000-Prozessoren dazu führt, dass der Rechner nicht mehr startet. Zudem enthält das BIOS eine aktualisierte AGESA 1.3.0.0a (AMD Generic Encapsulated Software Architecture). Dabei handelt es sich um eine

Firmwarebibliothek, die direkt von AMD kommt und unter anderem die CPU-Kerne sowie Speichercontroller initialisiert.

Die ersten Berichte zu nicht mehr bootenden Systemen traten vor rund einem Jahr auf. Besonders **betroffen sind Systeme mit X3D-Prozessoren** wie dem Ryzen 7 9800X3D, die ein zusätzliches Chiplet für größeren Level-3-Cache haben. Be-

reits 2025 veröffentlichte Asrock BIOS-Updates, die unter anderem die Maximalströme beim Übertaktungsmodus Precision Boost Overdrive auf tiefere Werte begrenzen und an der SoC-Spannung der CPU schrauben. Bis Redaktionsschluss hat weder Asrock noch AMD die genaue Ursache für die Bootprobleme mitgeteilt. (chh@ct.de)

Verkaufsstopp für Acer- und Asus-Notebooks

Der Telekommunikationskonzern Nokia verklagt in Deutschland die taiwanischen PC-Hersteller Acer und Asus wegen einer angeblichen Patentverletzung. Als Folge waren nicht nur die Online-Shops, sondern auch die deutschen Webseiten der beiden Hersteller Mitte Februar offline. Das betraf unter anderem viele Nutzer anderer Acer- und Asus-Produkte, die zum Beispiel keine BIOS-Updates oder Treiber mehr aus den Supportbereichen herunterladen konnten.

Hintergrund ist der **Streit um ein Patent** für den Videocodex H.265/HEVC, das die taiwanischen Hersteller nicht von Nokia lizenziert haben. Das

Landgericht München I entschied Ende Januar in beiden Fällen zugunsten des finnischen Kommunikationsanbieters. Demnach seien Acer und Asus „nicht lizenzwillig“, obwohl Nokia die Regeln für ein faires, angemessenes und diskriminierungsfreies Angebot eingehalten habe. Durch die vorläufige Vollstreckung erzwang der Hersteller einen Verkaufsstopp für Desktop-PCs und Notebooks. Bei anderen Händlern vorrätige Geräte dürfen weiter verkauft werden, allerdings gibt es vorerst keinen Nachschub mehr. Acer und Asus haben angegeben, gegen die Entscheidung vorzugehen. (chh@ct.de)



Ein Patentstreit hat Laptops von Asus und Acer wie das Asus VivoBook 16 vom deutschen Markt gefegt.

EU beschließt Zollpflicht für Päckchen aus Nicht-EU-Staaten

Der Shopping-Rausch bei chinesischen Onlinemarktplätzen wie Temu oder Shein wird für europäische Verbraucher bald teurer: Nach der 22-Euro-Freigrenze für die Einfuhrumsatzsteuer fällt nun auch die 150-Euro-Grenze für den Zoll.

Ab dem 1. Juli 2026 erheben die EU-Staaten für Sendungen mit einem Warenwert von unter 150 Euro einen neuen Pauschalzoll von 3 Euro. Das beschloss der Rat der Mitgliedsstaaten Mitte Februar als Maßnahme gegen „unlauteren Wettbewerb zulasten von EU-Verkäufern“.

Der Zoll von 3 Euro kann pro Päckchen – die EU spricht von „kleinen Pake-

ten“ – sogar mehrfach anfallen, denn er wird je Warenkategorie erhoben. Enthalte eine Sendung beispielsweise eine Seidenbluse und zwei Wollblusen, liege die Pauschale bei 6 Euro, erklärt der Rat. Die Regelung wird mindestens bis Mitte 2028 gelten. Danach soll eine grundlegende Zollreform in Kraft treten, über die die EU-Gremien noch beraten.

Die EU reagiert mit der Abschaffung der Zollfreigrenze auf das starke Wachstum des internationalen Onlinehandels. Seit 2022 hat sich die Zahl der Sendungen aus Nicht-EU-Staaten jährlich fast verdoppelt. 2024 kamen rund 4,6 Milliarden Kleinsendungen in der EU an, über 90 Prozent davon aus China. Nach Einschät-

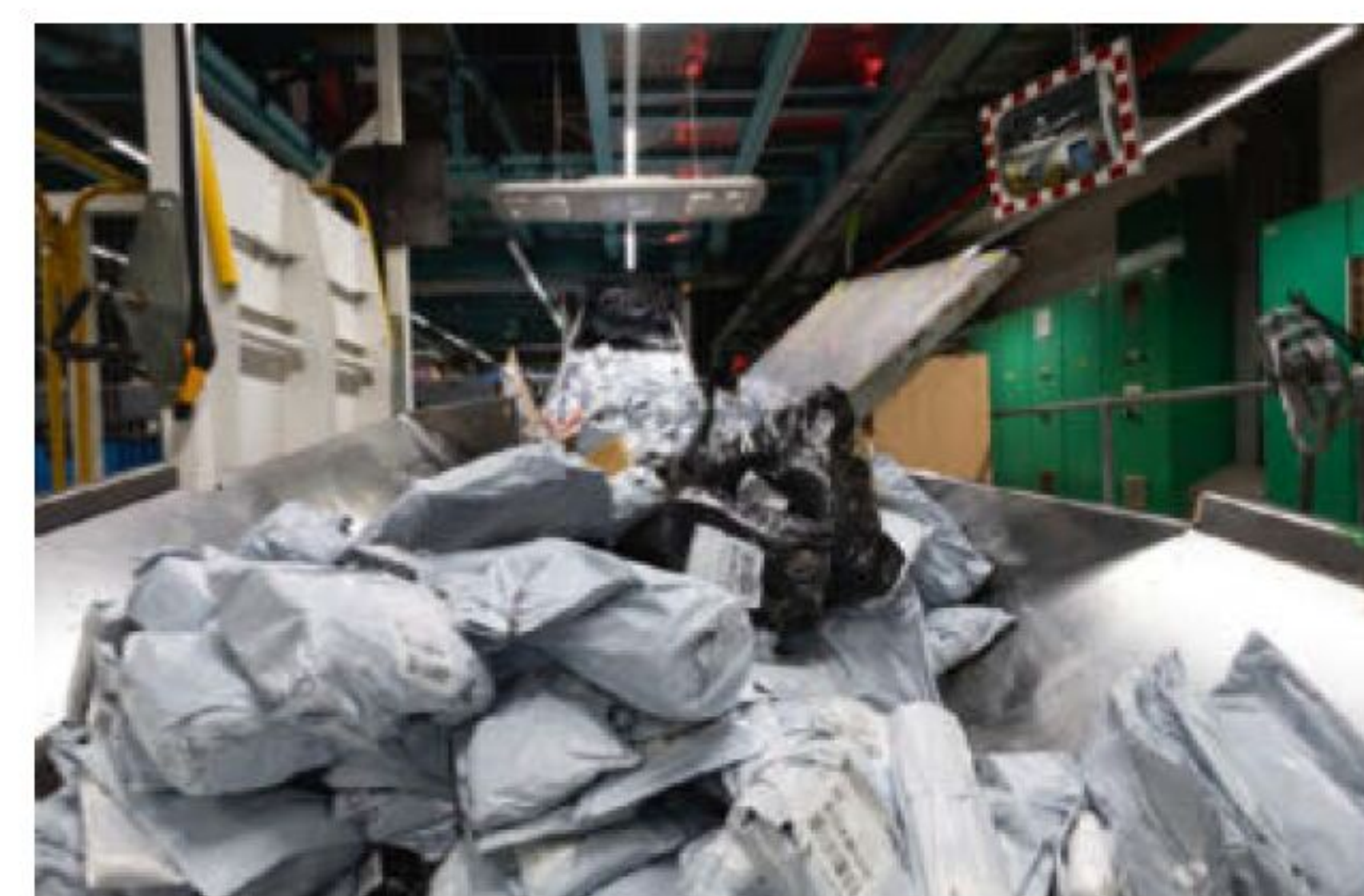


Bild: Hannes P. Albert / dpa

Paketflut am internationalen Postzentrum des Frankfurter Flughafens: Jährlich kommen mehrere Milliarden Päckchen aus China in der EU an.

zung der EU-Kommission werden zahlreiche Pakete bewusst als zu niedrig bewertet, um Zölle zu umgehen. Die frühere 22-Euro-Freigrenze für die Einfuhrumsatzsteuer hatte die EU bereits 2021 abgeschafft. (Stefan Krempel/cwo@ct.de)

c't Phasenlage: Neuer YouTube-Kanal zu Energiethemen

Der neue YouTube-Kanal „c't Phasenlage“ stellt Energiethemen wie Photovoltaik, Solarakkus, dynamische Stromtarife, Wärmepumpen und Smart Home miteinander verzahnt dar und sammelt dazu das Know-how von c't, heise+ und den anderen heise-Magazinen. Alle zwei Wochen soll ein Video erscheinen.



Das bisher erfolgreichste Video testet Mini-Solarpanels, gut liefen auch die Erklärung, wie PV-Anlagen bei Stromausfall helfen können, und ob man PV-Anlagen von Schnee befreien sollte. Weitere Videos: eine Kaufberatung für smarte Thermostate, eine Beratung für Wärmepumpenförderungen, eine Anleitung zum Akku-

wechsel bei einem smarten Türschloss sowie ein Ratgeber, Balkonkraftwerke etwa auf Dächer auszulagern. Das aktuelle Video testet sechs smarte Heizungs-thermostate.

Sie finden den Kanal unter www.youtube.com/@ctPhasenlage, den Gastgeber Jörg Wirtgen erreichen Sie unter jow@ct.de. (jow@ct.de)



KI UNTER KONTROLLE.

Alles was Sie über die neue KI-Verordnung wissen müssen und wie Sie Künstliche Intelligenz einsetzen, erfahren Sie in unseren Workshops und Seminaren! Schauen Sie gleich vorbei!



www.fuehrungskraefte-forum.de

Behörden Spiegel

 **Führungskräfte Forum**

Warum die Schwarz-Gruppe Microsoft Office ablöst

Michael Brenzel von Schwarz Digits im Interview

Die Schwarz-Gruppe (Lidl, Kaufland) verspricht eine souveräne Office-Suite ausgerechnet mithilfe von Google. Wir haben nachgehakt, wie das zusammenpasst – und warum der Konzern Microsoft Office im eigenen Betrieb abschafft.

Von Christian Wölbert

c't: Herr Brenzel, mit Workspace by Stackit versprechen Sie eine Online-Office-Suite, welche die digitale Souveränität der Nutzer stärkt. Wie kann das gelingen, wenn sie sich auf Googles proprietäre Workspace-Apps stützt?

Michael Brenzel: Das ist die Frage, die uns auch unsere Kunden am häufigsten stellen. Es kommt meistens der Punkt auf: Wie kann man von einem amerikanischen Anbieter zum anderen wechseln und dann über Souveränität sprechen? Aber da muss man genauer hinschauen. Die Idee zu Workspace by Stackit ist entstanden, weil wir für die Unternehmen der Schwarz Gruppe mit 595.000 Mitarbeitenden Microsoft Office ablösen wollten. Wir haben dann mit Google darüber gesprochen, wie wir eine gemeinsame Lösung schaffen können. Und zwar so, dass uns niemand abschalten kann und wir einen Notbetrieb ermöglichen. Und so, dass Google keinerlei Inhalte einsehen kann. Diese Lösung nutzen wir nun selbst und vertreiben sie exklusiv.

c't: Wie haben Sie Ihre Anforderungen umgesetzt?

Brenzel: Wir nutzen die EU-Infrastruktur von Google Workspace als Basis, also euro-

päische Google-Rechenzentren. Darüber hinaus haben wir eine eigene clientseitige Verschlüsselung gebaut, mit der wir die Daten in Echtzeit im Browser verschlüsseln. Deshalb sieht Google niemals den Inhalt eines Dokuments. Es gibt nur einen Schlüssel, und auf diesen hat nur unser Kunde Zugriff.

Das heißt, rechtlich kommt Google gar nicht in Bedrängnis, Daten herauszugeben, weil wir als deutsches Unternehmen der Dienstleister des Kunden sind. Es gilt deutsches Recht. Und falls Google trotzdem etwas rausgeben müsste, wäre das nur Datensalat.

c't: Google bietet selbst eine clientseitige Verschlüsselung für Workspace an. Wo liegt der Unterschied zu Ihrer Lösung?

Brenzel: Unsere Schlüsselverwaltung läuft nicht bei Google, sondern in unseren Stackit-Rechenzentren. Das ist ein Alleinstellungsmerkmal. Es gibt also keine Durchgriffsmöglichkeit für US-Behörden, etwa im Rahmen des Cloud-Acts.

c't: Und wie funktioniert der Schutz vor Abschaltung?

Brenzel: Die Schwarz-Gruppe ist als Lebensmittelhändler mit Lidl und Kaufland ein Teil der kritischen Infrastruktur. Deshalb ist es uns sehr wichtig, dass wir in jedem Fall unsere Geschäfte fortführen können. Wir spiegeln unsere Nutzerdaten und auch die unserer Workspace-Kunden als Backup in der Stackit-Cloud. Das heißt: Falls Google Workspace in Europa wider

Erwarten abgeschaltet werden sollte, hat man immer noch alle Daten bei Stackit – und zwar in einem offenen Format, für das ebenfalls eine clientseitige Verschlüsselung besteht. Für den Notbetrieb stellen wir auf Wunsch ein losgelöstes System zur Verfügung. Dieses konzipieren wir mit den Kunden je nach Gusto. Das kann zum Beispiel ein einfacher Webmailer mit einem Online-speicher sein, eine Nextcloud oder eine Open-Source-Office-Suite. Auch openDesk ist denkbar.

c't: Ein Abschalten der gewohnten Arbeitsumgebung wäre also nicht ausgeschlossen. Ihre Kunden müssten auf ein anderes System wechseln?

Brenzel: Ja, aber selbst im schlimmsten Fall könnten die Unternehmen und Behörden weiterarbeiten.

c't: Welche offenen Formate verwenden Sie im Rahmen des Backups? Und wie funktioniert die Umwandlung?

Brenzel: Das Format bestimmt der Kunde, zum Beispiel die Open-Document-Formate. Wir wandeln die Dokumente automatisiert um. Dafür haben wir mit Google

»Falls Google etwas rausgeben müsste, wäre das nur Datensalat.«

gemeinsam eine Lösung gebaut. Ziel ist ein inkrementelles Backup, sodass man immer den aktuellen Stand verfügbar hat.

c't: Die SAP-Tochter Delos verspricht ebenfalls eine Stärkung der digitalen Souveränität und betreibt dafür die Rechenzentren für Microsoft-Angebote selbst. Würden Sie Google Workspace



Bild: Jens Ahner

Michael Brenzel ist Geschäftsführer für den Bereich „Workspace by Stackit“ bei Schwarz Digits, der IT-Sparte der Schwarz-Gruppe. Zum Konzern gehören unter anderem Lidl und Kaufland.

ebenfalls gern komplett selbst betreiben, ohne Google-Rechenzentren?

Brenzel: Wir haben mit Google eine Entwicklungspartnerschaft ins Leben gerufen im Bereich souveräne Arbeitsplatzangebote. Wenn es möglich werden sollte, das Angebot komplett selbst zu betreiben, werden wir das tun.

c't: Das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) hat für die Bundesregierung einen Anforderungskatalog für Cloudplattformen entwickelt. Möchten Sie diesen erfüllen?

Brenzel: Ja, und wir sind dazu in sehr intensiven Gesprächen mit dem BSI. Es liegt im Interesse der öffentlichen Hand, dass es mehrere Anbieter gibt. Aber wir haben schon jetzt Kunden im öffentlichen Bereich, weil wir dafür bereits die Voraussetzungen erfüllen. Zum Beispiel testet die Hochschule der Bundesagentur für Arbeit Workspace by Stackit. Auch in Teilen des Justizministeriums von Baden-Württemberg und beim Digitalservice der Bundesregierung stellen wir die Hauptarbeitsplattform. Auch aus anderen EU-Ländern gibt es Interesse.

c't: Sie haben eingangs erwähnt, dass die gesamte Schwarz-Gruppe von Microsoft Office zu Ihrer Google-Workspace-Variante wechselt. Warum?

Brenzel: Das Hauptproblem war eine mehr oder weniger diskussionslose Preiserhöhung ohne Mehrwert für uns als langjährigen, großen Kunden. Wir haben dann geprüft, welche Alternativen wir haben.

c't: Warum haben Sie sich für Google Workspace entschieden statt für ein Open-Source-Office?

Brenzel: Für Open-Source-Anwendungen konnten wir keine Referenzkunden in vergleichbarer Größe finden. Es konnte auch nicht unser Ansatz sein, einfach etwas auszuprobieren. Wir mussten auf etwas setzen, das große Unternehmen seit einigen Jahren nutzen.

c't: Wie weit sind Sie mit der Umstellung?

Brenzel: Wir haben die Zahl der Microsoft-Lizenzen schon um fast 90 Prozent reduziert. Wir müssen noch einige Lizenzen systembedingt halten, weil zum Beispiel irgendwo noch gewisse Access-Datenbanken verknüpft sind oder weil irgendwo ein Makro noch nicht von links nach rechts gedreht ist. So etwas findet man erst mit der Zeit. Aber wir sind so weit, dass jeder Mitarbeitende in der Gruppe Google Mail als Hauptsystem nutzt, Google Meet für die Videokonferenzen und so weiter.

c't: Welche Herausforderungen traten bei der Migration auf?

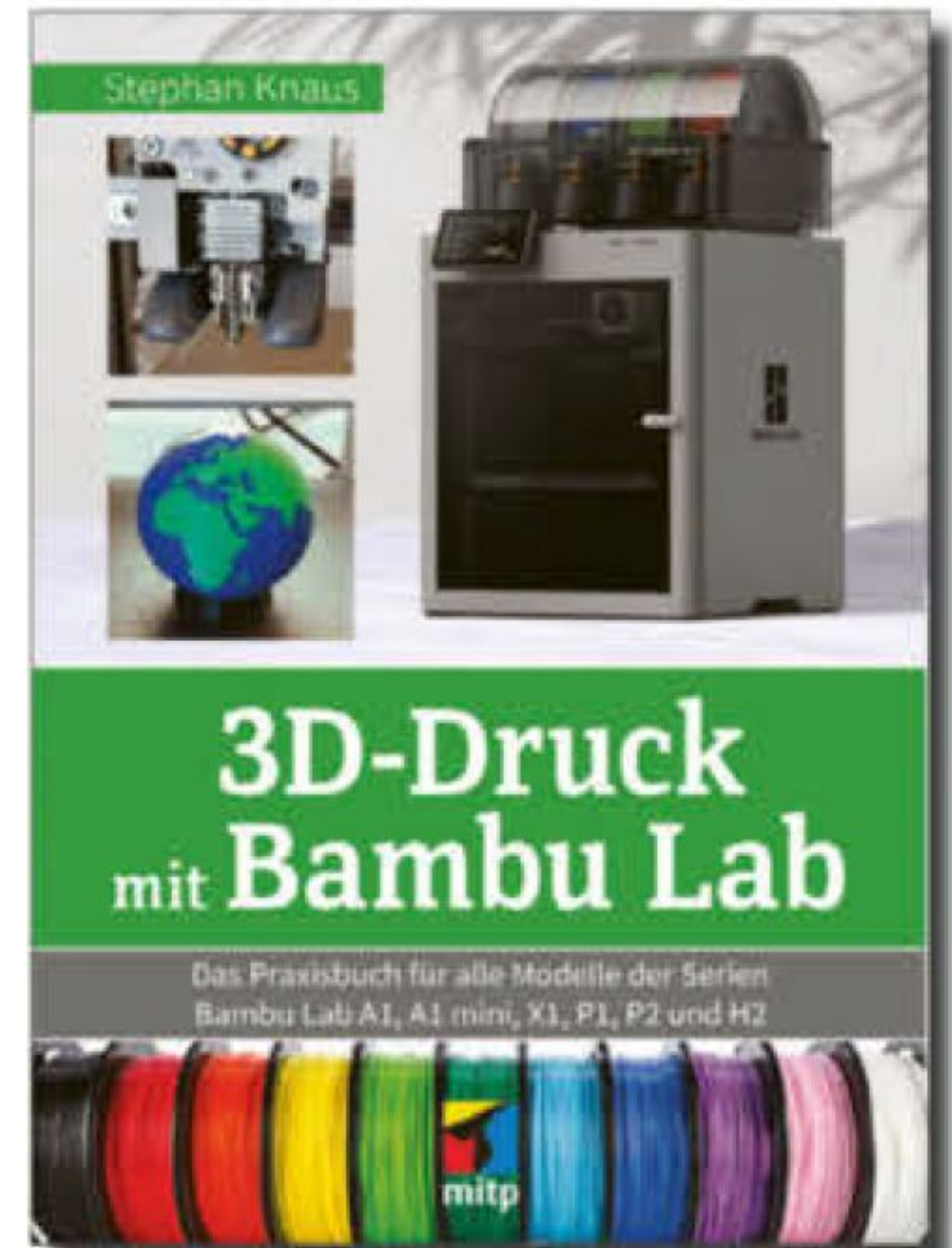
Brenzel: Zum Beispiel muss man die Mitarbeitenden auch wirklich schulen können. Von Google gab es dafür wenige Inhalte auf Deutsch. Wir haben also eigenes Schulungsmaterial erstellt und ein Schulungszentrum in Form eines Workspace Experience Centers in Neckarsulm aufgebaut. Und wir haben die Gemini-KI als ersten Ansprechpartner bei Fragen eingeführt.

Herausfordernd war aber auch das Thema Makros. Wir hatten eineinhalb Millionen Makro-Dateien, die über Jahrzehnte entstanden sind und teilweise intensiv genutzt wurden, etwa für Zeiterfassung, Logistik oder Bestellungen. Diese haben wir in Google-AppSheet-Anwendungen umgewandelt oder auf Low-Code-Plattformen überführt.

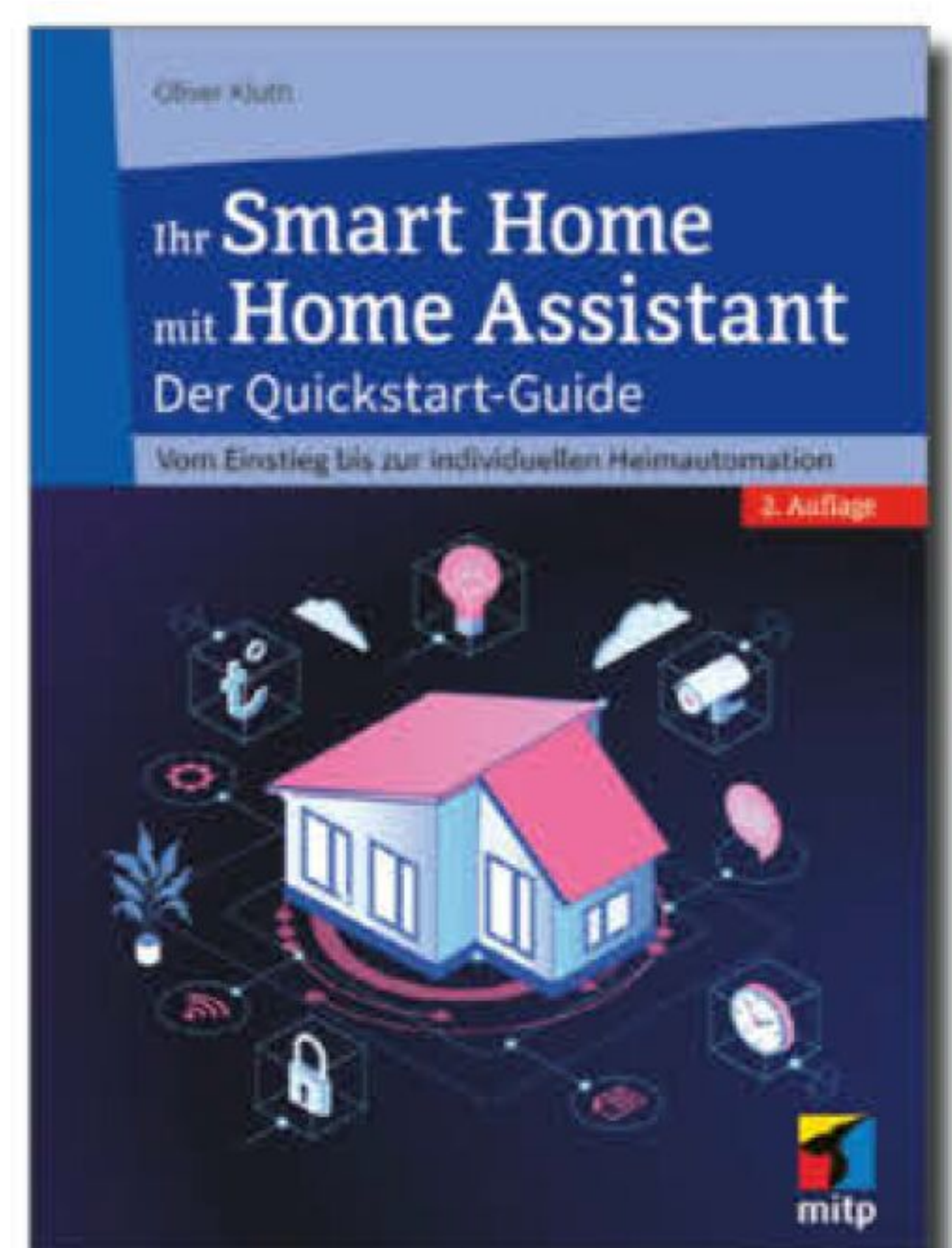
c't: Die Microsoft-Welt besteht nicht nur aus Office, sondern auch aus anderen Anwendungen, etwa für die Administration. Wie ersetzen Sie diese?

Brenzel: Für das Identitäts- und Zugangsmanagement haben wir schon länger eine Eigenentwicklung. Was die Geräte angeht, haben wir aktuell noch 80 bis 90 Prozent klassische Windows-Notebooks und verwenden auch Microsoft-Lösungen für die Verwaltung. Wir werden in Zukunft auch auf ChromeOS-Geräte setzen. Diese sind günstiger, das Sicherheitsniveau ist höher und wir können trotzdem alles abbilden, was wir brauchen.

(cwo@ct.de) **ct**



Auch als E-Book oder Bundle in unserem Shop erhältlich:
www.mitp.de/1120



Auch als E-Book oder Bundle in unserem Shop erhältlich:
www.mitp.de/1153



Auch als E-Book oder Bundle in unserem Shop erhältlich:
www.mitp.de/1087

Raue See für Ray-Ban Meta

Smart Glasses: Kreuzfahrtunternehmen schränken Nutzung an Bord ein

Die Kreuzfahrtgesellschaften Royal Caribbean und MSC führen auf ihren Websites smarte Brillen nun als Gegenstände auf, die nicht frei an Bord benutzt werden können. Und auch an Land drohen Probleme.

Von Nico Jurrán

Drogen, Waffen, Feuerwerkskörper, Alkohol – Kreuzfahrtgesellschaften listen auf ihren Websites schon lange eine ganze Reihe von Produkten auf, die man nicht an Bord ihrer Schiffe bringen darf. Das Unternehmen Royal Caribbean hat im Frage-Antwort-Bereich seiner US-amerikanischen Website diese Liste um Smart Glasses erweitert.

Zwar verbietet das Unternehmen sie nicht komplett, schränkt die Benutzung aber ein. So heißt es in dem betreffenden Abschnitt wörtlich (Übersetzung von c't): „Smart'-Brillen verschiedener Hersteller, die Video- und Audioaufnahmen machen können, dürfen in bestimmten Bereichen an Bord des Schiffes nicht verwendet werden, darunter (aber nicht nur) öffentliche Toiletten, Bereiche für Jugendprogramme, medizinische Bereiche sowie das Casino.“

Unklare Formulierungen

Diese Formulierung schließt demnach die populäre Ray-Ban Meta ebenso ein wie etwa die Rokid Glasses, da sich mit beiden Video- und Audioaufnahmen anfertigen lassen. Royal Caribbean weist auf der Website auch darauf hin, dass es keinen Unterschied macht, ob die smar-

te Brille als Sonnenbrille eingesetzt wird oder ob sie Korrekturgläser enthält. Für diesen Fall empfiehlt das Unternehmen, eine zusätzliche „dumme“ Fassung mit geeigneten Korrekturgläsern mitzubringen.

Ein Nutzer postete auf Reddit einen Screenshot der Royal-Caribbean-App, die darauf aufmerksam macht, dass Smart Glasses generell nicht an Bord gebracht werden dürfen. Die Webseite von Royal Caribbean, die sich an Kunden aus Deutschland richtet, führt Smart Glasses hingegen noch nicht unter den verbotenen Gegenständen auf. Eine Anfrage, ob die Angaben noch entsprechend erweitert oder etwa Kreuzfahrten in Europa von der Regelung ausnimmt, beantwortet Royal Caribbean bis zum Redaktionsschluss nicht.

MSC mit an Bord

Tatsächlich ist Royal Caribbean nicht das erste Kreuzfahrtunternehmen, das Smart Glasses auf seinen Schiffen verbietet. MSC Cruises erweiterte seine Passagierrichtlinien bereits vorher entsprechend – auch in der deutschsprachigen Ausführung. Dort heißt es: „Geräte, die Daten heimlich oder diskret aufzeichnen oder übertragen können (z. B. Smart-Brillen), sind in den öffentlichen Bereichen des Schiffes nicht gestattet“.

Erbsenzähler könnten nun vorbringen, dass diese Formulierung so weit gefasst ist, dass unter die Regelung auch Smartphones fallen müssten. Und auch mit vielen Smart Watches lassen sich diskret Audioaufzeichnungen anfertigen; bei der Apple Watch ist mit „Sprachmemos“ eine App dafür vorinstalliert. Andere Kreuzfahrtgesellschaften wie AIDA Cruises, TUI Cruises („Mein Schiff“) oder Carnival Cruise Line erwähnen Smart

Glasses in ihren Bestimmungen derzeit noch nicht.

Unklare Lage

Im Internet finden sich derweil Berichte von Nutzern, deren Smart Glasses bei der Einreise nach Saudi-Arabien am Flughafen King Abdulaziz International konfisziert wurden – und zwar auch, wenn sie die Brillen nur im Handgepäck mit sich führten. Andere berichten, am Flughafen Riad und anderen, kleineren Airports keine Probleme gehabt zu haben, selbst wenn sie die Smart Glasses trugen.

Problematisch kann das Tragen von Smart Glasses auch in den Vereinigten Arabischen Emiraten werden, obwohl Meta seine smarte Ray-Ban-Brille dort seit Mai vergangenen Jahres offiziell anbietet. Das Wirtschaftsmagazin Arabian Gulf Business Insight (AGBI) weist auf mögliche rechtliche Konsequenzen beim Benutzen der Brille in der Öffentlichkeit hin: „Nutzern ist möglicherweise nicht bewusst, dass sie sich allein dadurch, dass sie durch einen überfüllten Raum gehen oder ein Café betreten, während sie aufnehmen, einer rechtlichen Haftung aussetzen“, erklärte der Jurist Samuel Moore gegenüber AGBI.

Hintergrund ist, dass das Gesetz gegen Cyberkriminalität, das Strafgesetzbuch und das Gesetz zum Schutz personenbezogener Daten (PDPL) der Vereinigten Arabischen Emirate es verbieten, Personen ohne deren Zustimmung zu filmen oder zu fotografieren. Ist eine unbeteiligte Person im Hintergrund identifizierbar, kann ein Richter dies bereits als Gesetzesverstoß werten – mit heftigen Konsequenzen: Lauf AGBI droht eine Freiheitsstrafe von mindestens sechs Monaten oder eine Geldstrafe bis zu 500.000 AED (rund 115.000 Euro).

(nij@ct.de) **ct**



Bild: Royal Caribbean / heise medien

PCIe 6.0: Micron startet Serienfertigung der ersten SSD

Mit der SSD 9650 bringt Micron die erste SSD mit PCIe 6.0 in die Massenproduktion – noch bevor passende Mainboards verfügbar sind.

Micron startet die Produktion der SSD 9650, der ersten mit PCI Express 6.0. Damit kehrt sich die übliche Reihenfolge um: Während bei früheren PCIe-Versionen immer zuerst die Mainboards kamen und später die SSDs, erscheint die Micron 9650 lange vor den Boards.

Die Server-SSD wartet mit beeindruckenden Werten auf. Beim sequenziellen Lesen erreicht sie 28 GByte/s, beim Schreiben sind es 14 GByte/s – servertypisch deutlich weniger, da solche SSDs ohne den bei Client-SSDs üblichen SLC-Cache arbeiten. Bei zufälligen Zugriffen, die im Serverbetrieb wichtiger sind, liefert die SSD 5,5 Millionen IOPS beim Lesen und 900.000 IOPS beim Schreiben.

Die 9650 kommt in zwei EDSFF-Bauformen (Enterprise and Datacenter Storage Form Factor): E1.S und E3.S. Dazu gibt es Pro- und Max-Versionen. Die Max-Varianten reservieren mehr Speicher für

Overprovisioning und versprechen eine höhere Schreiblast, ihre Endurance liegt beim 2,5-Fachen der Pro-Modelle. Die Kapazitäten reichen von 6,4 beziehungsweise 7,68 TByte bis zu 25,6 beziehungsweise 30,72 TByte.

In Desktop-PCs wird PCIe 6.0 noch Jahre auf sich warten lassen. Der Chef des Controller-Herstellers Silicon Motion hatte im Sommer 2025 bei AMD und Intel kein Interesse feststellen können. In Rechenzentren könnten jedoch 2026 die

ersten Server mit PCIe 6.0 einziehen. AMD arbeitet an den Epyc-Kernen Zen 6, Intel am Xeon 7 alias Diamond Rapids.

Andere Hardware ist bereits verfügbar: Nvidias ConnectX-8 SuperNICs, Broadcoms PCIe-Switch-Chips Atlas 3 PEX90144 und Marvell's Retimer-Chips Alaska P beherrschen PCIe 6.0. Auch Diodes hat entsprechende Switches und Retimer im Angebot. Zu Terminen oder Preisen der Micron 9650 gibt es noch keine Informationen. (ll@ct.de)



Die erste PCIe-6.0-SSD erscheint nur in den Bauformen E1.S und E3.S.

Speicherkrise: Langfristige Knappheit erwartet

Die **Speicherkrise schlägt nun auch auf die Festplatten durch**. Seagate und Western Digital (WD), zwei der drei verbliebenen Hersteller, haben nach eigenen Angaben ihre Jahresproduktion 2026 über langfristige Verträge mit Hyperscalern bereits nahezu verkauft. Mit Kunden wie Amazon, Google und Microsoft sollen be-

reits Verhandlungen über Lieferungen ab 2027 laufen.

Seagate möchte den wachsenden Bedarf nicht mit mehr Laufwerken decken, sondern mit der Steigerung der Kapazität pro Laufwerk. Auch WD will in den kommenden Monaten Modelle mit höherer Kapazität auf den Markt bringen. Seagate nutzt für seine Modelle mit mehr als 24 TByte bereits Heat Assisted Magnetic Recording (HAMR), WD will im kommenden Jahr mit der Serienfertigung von HAMR-Festplatten starten.

Bei Flash-Speicher sind zwar mehr Unternehmen involviert, trotzdem erwartet der Chef des SSD-Controller-Herstellers Phison, Khein-Seng Pua, keine schnelle Entspannung der aktuellen Knappheit. Das Ungleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage bei Speicherchips würde bis mindestens 2030 anhalten, auch wenn einige Hersteller den Bau neuer Fabs planen.

Die Hersteller könnten aufgrund der Knappheit die Preise diktieren, sagte er in einem Gespräch mit einem chinesischen

Journalisten (Video via ct.de/ycxf). Insbesondere kleine Hersteller hätten zwei Probleme: Zum einen kommen sie immer schwieriger überhaupt an Speicher, zum anderen haben sich die Bezahlmodelle gewandelt. Früher konnten Abnehmer zum Beispiel Speicherbausteine bezahlen, nachdem sie diese auf SSDs gelötet und dann verkauft hatten. Jetzt verlangen die Chiphersteller Vorkasse, teilweise mit dreijährigen Rahmenverträgen. Hat ein Hersteller dafür kein Eigenkapital, scheitert das Geschäft.

Die Diskrepanz zwischen SSD-Herstellern mit und ohne eigene Speicherproduktion zeigt sich bereits im deutschen Handel. Bei Samsung sind Preissteigerungen von etwa 50 Prozent bei Modellen mit bis zu 2 TByte Kapazität zu beobachten. Bei Herstellern ohne eigene Flash-Produktion wie Kingston, Lexar und Patriot sind die Preise dagegen teilweise um den Faktor 3 hochgeschossen. (ll@ct.de)



Der Phison-Chef Khein-Seng Pua erwartet in diesem Jahr Pleiten kleinerer SSD-Hersteller.

Interview bei YouTube: ct.de/ycxf

Antidepressive Ströme

Medizinisches Headset für Hirnstimulation in den USA auf Rezept



Bild: Flow Neuroscience

Ein Headset behandelt Depressionen mit Elektrostimulation des Gehirns. Das Gerät ist seit Dezember in den USA zugelassen. Auch in Deutschland kämpft der Hersteller um die Zulassung als verschreibungsfähige Standardtherapie.

Von Arne Grävemeyer

Etwa 9,5 Millionen Menschen in Deutschland leiden laut der AOK an Depressionen, mehr als 5 Millionen sind jährlich von einer depressiven Episode betroffen. Ein in Schweden entwickeltes Headset stimuliert den präfrontalen Kortex mit schwachem Gleichstrom und soll sich so wohltuend auf die neuronale Aktivität auswirken – eine Hoffnung für Betroffene.

Anders als europäische Stellen hat die FDA (Food and Drug Administration) als zuständige Behörde in den USA das Flow FL-100 als medizinisches Gerät der Klasse III eingeordnet und verschreibungspflichtig zugelassen. Hierzulande ist das Headset dagegen seit 2018 als CE-zertifiziertes Medizinprodukt der Klasse IIa frei verkäuflich und damit rezeptfrei bestellbar. Im Online-shop des Herstellers Flow Neuroscience kostet es 459 Euro, man kann es aber auch monatlich mieten.

Strom steigert die neuronale Aktivität

Das Headset wirkt auf den ersten Blick wie eine falsch positionierte VR-Brille. Es lässt die Ohren frei und drückt stattdessen zwei runde Aufsätze auf die obere Stirn. Das

akkubetriebene Gerät stimuliert den präfrontalen Kortex hinter der Stirn mittels transkranieller Gleichstromstimulation (transcranial Direct Current Stimulation, tDCS) und soll damit die Symptome von Depressionen lindern.

Die tDCS gilt als kleine Cousine der transkraniellen Magnetstimulation (TMS), bei der starke Magnetfelder die Frontallappen der Großhirnrinde stimulieren. Es handelt sich dabei um ein seit Jahrzehnten in der psychiatrischen Behandlung etabliertes Verfahren. Die Hirnstimulation via Headset gilt als sanfter und der Patient kann sie zu Hause anwenden, da sie keine größeren Risiken birgt und keine großen Klinikgeräte erfordert.

Der Ansatzpunkt bezieht sich darauf, dass Mediziner bei depressiven Patienten eine verringerte Aktivität der Hirnregionen im präfrontalen Kortex beobachteten, denen man zuschreibt, Stimmungen und Emotionen zu steuern. Der leichte Stromfluss zwischen den auf der Haut liegenden Elektroden beeinflusst die Polarisierung der Nervenzellmembranen und steigert die neuronale Aktivität.

In Deutschland derzeit nicht auf Rezept

„Vor allem gilt die Hirnstimulation als eine Antithese zum Versuch, medikamentös eine chemische Balance wiederherzustellen“, sagt Phil Ritter, Geschäftsführer der deutschen Flow-Neuroscience-Tochter, gegenüber c't. Allerdings werde das Headset in den Partnerpraxen und -kliniken sowohl als Monotherapie ohne zusätzliche Maßnahmen als auch in Kombination mit Antidepressiva oder mit kognitiver Verhaltenstherapie angewendet.

In Deutschland arbeiten derzeit über 30 Fachkliniken und Praxen mit dem Headset. Der Hersteller hofft, dass es in

Zukunft als Kassenleistung verschrieben werden kann.

Seit 2024 ist Flow Neuroscience in Deutschland mit Krankenkassen und dem Gemeinsamen Bundesausschuss im Gesundheitswesen im Gespräch. Das Gremium entscheidet über die Inhalte der gesundheitlichen Versorgung und welche Leistungen die gesetzlichen Krankenkassen erstatten. „Unser Ziel ist es, dass die Hirnstimulation per Headset in Zukunft als Standardtherapie ärztlich verschrieben werden kann, anstatt dass es sich der Patient privat anschaffen muss“, sagt Ritter. Derzeit diskutiere das Gremium, ob noch eine Erprobungsstudie erforderlich ist.

Eine internationale Studie von Forschern aus London und Texas von 2024 bestätigt die Wirksamkeit der tDCS (Links zu den erwähnten Studien unter ct.de/y4j1). Sie führten die Untersuchung in Form einer Doppelblindstudie durch, mit einer Kontrollgruppe, die nur eine Scheinbehandlung erhielt. Demnach erlebten 57,5 Prozent der tatsächlich behandelten Teilnehmer, dass ihre Symptome verschwanden. Bei der Kontrollgruppe, die nur eine Scheinbehandlung genossen hatte, erlebten 29,4 Prozent, dass ihre Symptome zumindest zeitweilig vollständig nachließen.

Erst im Februar 2026 veröffentlichte ein internationales Forscherteam aus São Paulo und von der LMU München eine Studie zur Rückfallwahrscheinlichkeit nach sechs Monaten. Demnach erlebten etwa 75 Prozent der Teilnehmer, die kontinuierlich zweimal wöchentliche Sitzungen mit dem Headset durchführten, auch nach sechs Monaten keinen Rückfall in depressive Symptome. (agr@ct.de) **ct**

Erwähnte Studien: ct.de/y4j1

Plasma 6.6 bringt Assistent für Ersteinrichtung

Das KDE-Projekt hat Version 6.6 von Plasma veröffentlicht. Die Linux-Desktopumgebung hat jetzt einen Ersteinrichtungsassistenten, der die Konfiguration von Plasma auf vorinstallierten Systemen erleichtert.

Ein Neuzugang in Plasma 6.6 ist der Ersteinrichtungsassistent namens Plasma Setup, mit dem etwa Benutzerkonten und die Netzwerkverbindung unabhängig vom eigentlichen Installationsprozess konfiguriert werden können. Das bietet sich besonders für Systeme an, die bereits mit einer vorinstallierten Linux-Distribution mit Plasma-Desktop ausgeliefert werden.

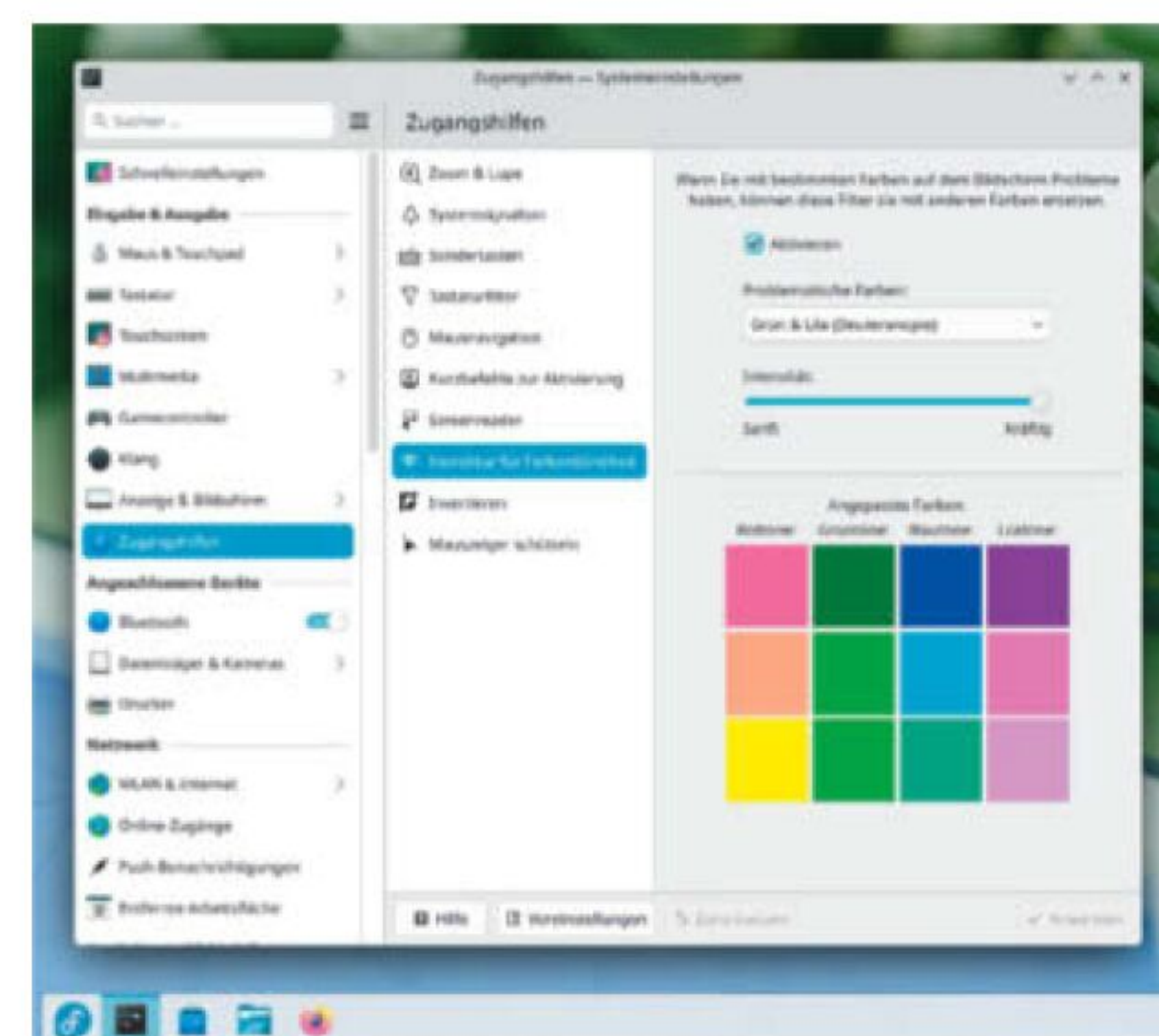
Die Entwickler schicken außerdem SSDM in den Ruhestand und ersetzen es durch den Plasma Login Manager (PLM). Für die meisten Desktopanwender ändert sich dadurch nichts, denn PLM ist ein Fork von SSDM und sieht erst einmal identisch aus. Es braucht aber anders als SSDM keine lokale Sitzung oder einen ange-

schlossenen Monitor, wenn sich Nutzer über einen entfernten Client anmelden wollen. Außerdem akzeptiert PLM nur das Breeze-Theme, es lässt sich also keinen alternativen Anstrich geben.

Dem Screenshot-Werkzeug Spectacle spendiert das Plasma-Team OCR-Funktionen (Optical Character Recognition). Mittels Tesseract und ImageMagick kann es Text aus Bildern extrahieren. Nutzer können sich in Plasma 6.6 fortan per QR-Code mit dem WLAN verbinden. Systeme mit einer Kamera können QR-Codes scannen, die Zugangsinformationen wie SSID und Passwort enthalten. Zudem kann man selbst QR-Codes zu verbundenen Netzen generieren, um die Zugangsinformationen zu teilen.

Weiterhin gibt es einige Verbesserungen im Bereich Barrierefreiheit: Im Menü Zugangshilfen in den Systemeinstellungen finden sich Farbfiler, um die Bedienung des Systems mit Farbenblindheit zu erleichtern. Die Zoom- und Lupenfunktion verfügt über einen neuen Tracking-

modus, um die Maus in der Anzeige zu zentrieren. Der neue Modus „Reduzierte Bewegung“ deaktiviert oder minimiert viele Animationen auf dem Plasma-Desktop. Ebenfalls neu mit an Bord ist eine virtuelle Tastatur namens Plasma Keyboard. (ndi@ct.de)



Plasma 6.6 verfügt über neue Farbfiler, um die Bedienung des Systems mit Farbenblindheit zu erleichtern.



Ihre FortiGate läuft – aber schützt sie auch?
Als Fortinet-Kompetenzzentrum schaffen wir mit unserem Experten Review Klarheit und Sicherheit.

FORTINET



Bei 2F-IT arbeiten Fortinet Top-Experten – ausgezeichnet, zertifiziert, anerkannt

Warum Unternehmen uns vertrauen

- 100+ geprüfte Fortinet-Umgebungen
- Top-Fortinet-Expertenteam Deutschland
- Beratung, Review & Betrieb – alles aus Expertenhand

Unser Fortinet Review – Klarheit in nur 3 Schritten

Verständlicher Prüfbericht für IT & Management

- Aufnahme des IST-Zustands
- Sichtung von Architektur & Dokumentation
- Prüfung aller relevanten Fortinet-Zugänge

Priorisierte Maßnahmen mit Risiko-Fokus

- Technische Analyse der Konfigurationen
- Bewertung von Design & Architektur
- Klare Findings nach Best Practices

Klarer Umsetzungs- & Härtingsplan

- Vorstellung des Prüfberichts
- Priorisierte Handlungsempfehlungen
- Klarer Umsetzungs- & Härtingsplan

Fortinet
Review anfragen



**Wir sind auf der
@secITbyheise!**

18 –19.03.2026 · HCC Hannover ·
Glashalle - G13
Fortinet Reviews · Live-Demos ·
Experten-Gespräche

Strategische Projektberatung & Migration

Planung, Migration & Umsetzung
von Fortinet-Projekten – sicher
und strukturiert

Managed Security Services

Betrieb Ihrer Fortinet-Umgebung
als Full- oder Co-Managed Service
SLA · 24/7 Monitoring ·
Experten-Support

Glas speichert Daten für Jahrtausende

Microsoft-Forschende haben ein System entwickelt, das Informationen mithilfe von Lasern in Glas schreibt und für 10.000 Jahre speichert. Dank neuester Fortschritte sei die Herstellung nun günstiger und die Schreibgeschwindigkeit höher als zuvor.

Etablierte Datenspeicher wie Magnetbänder oder Festplatten erreichen nach nur wenigen Jahren oder Jahrzehnten das Ende ihrer Lebensdauer. Eine langlebige Alternative sollen Datenspeicher aus Glas sein, in die Informationen mithilfe eines Lasers geschrieben werden.

Ein Team von Microsoft Research in Cambridge präsentiert im Fachmagazin Nature nun Fortschritte bei der Entwicklung seines vollautomatisierten Archivierungssystems mit dem Namen Silica, das Daten für mehr als 10.000 Jahre verlustfrei speichern können soll. Die bierdeckelgroßen Glasscheiben erreichen bei einer Datendichte von 1,59 Gbit pro mm³ eine Gesamtspeicherkapazität von 4,84 TByte.

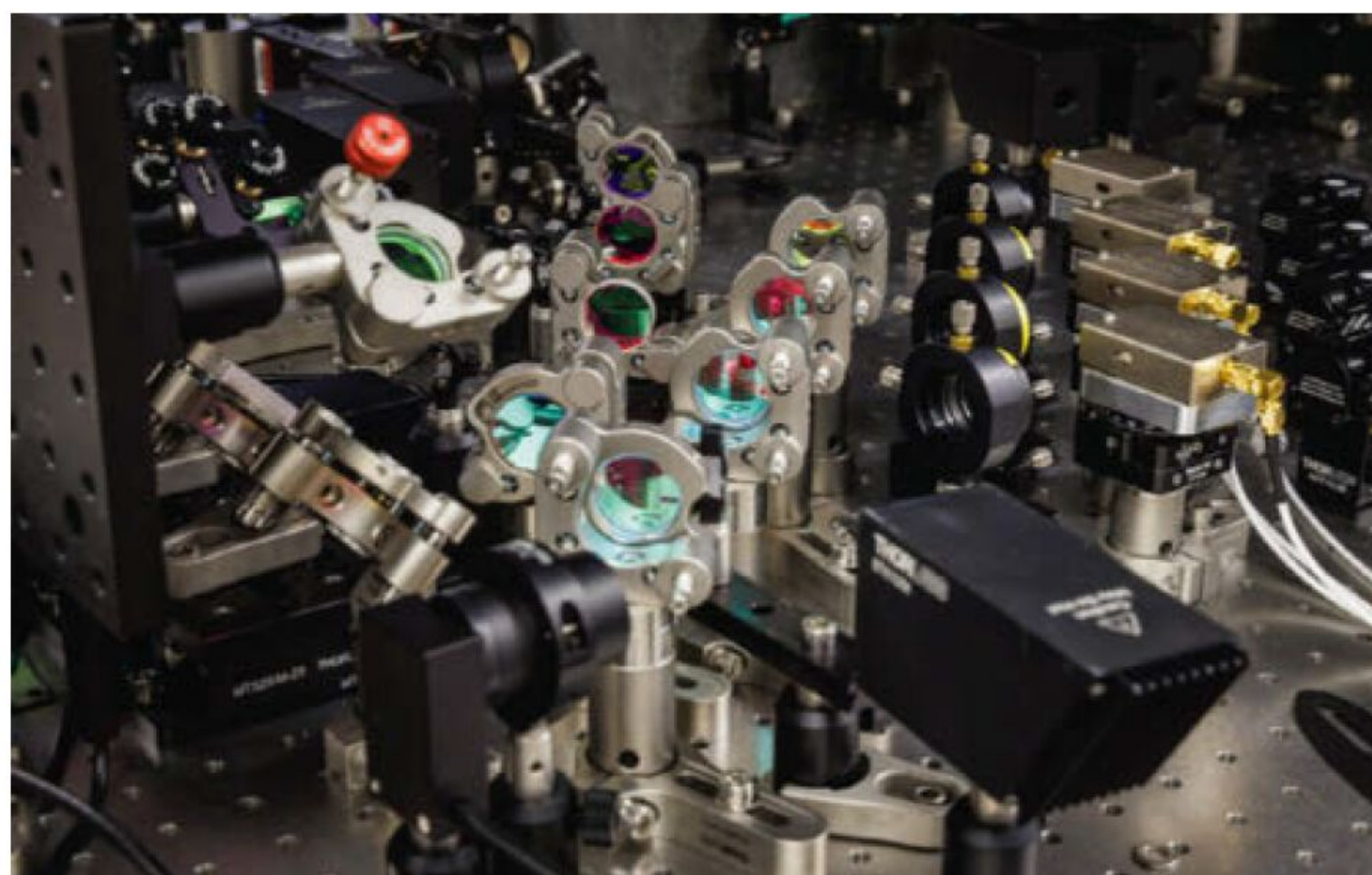
Das Microsoft-Team kodiert seine Daten in Form von dreidimensionalen Pixeln, sogenannten Voxeln. Ein Laser schreibt die Daten in das Glas, indem er dessen optische Eigenschaften manipu-

liert. Da der Laser das Glas nachhaltig verändert, können Glasspeicher anders als Festplatten nicht erneut beschrieben werden.

Pro Laserstrahl beträgt die Schreibgeschwindigkeit aktuell bis zu 25,6 Megabit pro Sekunde. Bei paralleler Nutzung von vier Laserstrahlen konnten die Wissenschaftler den Wert auf 65,9 Megabit pro Sekunde steigern.

Das Auslesen der Daten erfolgt automatisiert mithilfe eines Mikroskops und einer Kamera. Ein speziell trainiertes neuronales Netzwerk übersetzt die aufgenommenen Bilder in digitale Informationen zurück. Spezielle Korrekturverfahren gleichen Fehler während des Schreibens oder Lesens aus.

In ihrer neusten Publikation fertigten die Forschenden ihre Plättchen aus Borosilikatglas, das günstiger ist als das zuvor verwendete Quarzglas und etwa für Labor- oder Küchengeräte verwendet wird. Sie schätzen, dass die Glasplättchen die Daten bei 290 °C bis zu 10.000 Jahre verlustfrei speichern könnten – bei Raumtemperatur vermutlich weit länger. Den Einfluss von Witterung, etwa durch mechanischen Druck oder chemische Korrosion, berücksichtigte die Studie hingegen nicht. (spa@ct.de)



Das Team kombiniert mehrere Laserstrahlen, um Daten schnell und effizient auf den Glasträger zu schreiben.

Bild: Microsoft Research

Recyclbare Tinte für 3D-Druck

Tinte für den 3D-Druck basiert häufig auf fossilen Polymeren. Eine neuartige wasserbasierte Tinte, die zu 70 Prozent aus Lignin besteht, könnte eine nachhaltige Alternative darstellen. Lignin ist ein Abfallprodukt der Papierindustrie und lässt sich alternativ direkt aus Biomasse gewinnen. Chemische oder thermische Nachbehandlungen sind bei der Aus-

härtung nicht nötig. Durch Zugabe von Wasser lässt sich die Tinte vollständig recyceln, ohne an Leistungsfähigkeit zu verlieren. Um die Markteinführung zu ermöglichen, will das Team des Helmholtz-Zentrums Hereon nun den Herstellungsprozess weiter skalieren und mögliche Anwendungsfehler untersuchen.

(spa@ct.de)

Jetzt neu: Sonderheft c't Quantencomputer

Seit über hundert Jahren fordert die Quantenphysik unser Verständnis von Realität heraus. Teilchen können an mehreren Orten gleichzeitig sein, Katzen scheinbar sowohl tot als auch lebendig. Diese bizarre Welt bildet



die Grundlage für eine neue Maschine, die schneller und leistungsfähiger sein soll als alle Rechner zuvor: den Quantencomputer. Entsprechend groß ist der Hype, doch die Forschung ist komplex. Quantencomputer können bestimmte Probleme lösen – aber nicht alle und nicht sofort.

Dieses **Sonderheft bringt Ordnung in den Quantendschungel**. Es vermittelt die Grundlagen der Quantenphysik, erklärt Qubits und Quantencomputer und zeigt realistische Anwendungen. Es beleuchtet den Stand der Technik und ordnet Risiken für die moderne Verschlüsselung ein. Besonderes Highlight: Das Heft leitet Sie Schritt für Schritt durch die Programmierung Ihres ersten eigenen Quanten-Codes, den Sie auf einem realen Quantencomputer ausführen können.

Das Sonderheft c't Quantencomputer gibt es ab sofort als Heft im heise shop und im Handel für 14,90 Euro. In digitaler Form erwerben Sie es für 12,99 Euro über den heise shop oder direkt in unseren Android- und iOS-Apps.

PQC: Neue Verschlüsselungs-Empfehlungen des BSI

Das BSI läutet das Ende für klassische Verschlüsselungsverfahren ein. Ab 2032 sollen gängige Algorithmen wie RSA oder ECC nur noch in Kombination mit einem Post-Quanten-Verfahren laufen.

Die Frage, wann oder ob Quantencomputer jemals in der Lage sein werden, klassische Verschlüsselungsverfahren wie RSA oder ECC zu knacken, ist für das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) nicht relevant. Seit Jahren zeichnet sich ab, dass neue, quantencomputerresistente Verfahren die alten ersetzen müssen, damit gigantische Quantencomputer in der Zukunft heute verschlüsselte Daten nicht entschlüsseln können (Store now, decrypt later).

Solche Verfahren aus dem Bereich der Post-Quanten-Kryptografie (PQC) werden seit vielen Jahren erforscht: Erst 2022 standardisierte das US-amerikanische NIST

nach einem jahrelangen Auswahlverfahren eine Handvoll Kandidaten.

Das BSI behält die laufenden Entwicklungen im Auge und aktualisiert Verschlüsselungsempfehlungen regelmäßig Anfang des Jahres in seiner technischen Richtlinie. Nachdem in den letzten Versionen immer wieder Neuerungen zu PQC-Verfahren ihren Platz gefunden haben, steht in der jüngsten Fassung TR-02102-1 der folgende Hinweis: „Der alleinige Einsatz von klassischen Schlüsselaustauschverfahren wird nur noch bis Ende 2031 empfohlen [...]. Für Anwendungen mit sehr hohem Schutzbedarf sollte die Umstellung bereits bis Ende 2030 erfolgen.“ Digitale Signaturen sollen erst ab 2036 auf hybride Verfahren umgestellt werden.

Schon im November 2024 hatte das BSI zusammen mit Behörden 17 weiterer europäischer Staaten eine gemeinsame Erklärung veröffentlicht, in der die nötigen Schritte für die Umstellung auf PQC-



Bild: Superstar/Shutterstock.com

Als Cybersicherheitsbehörde des Bundes kümmert sich das BSI unter anderem um quantensichere Verschlüsselungsverfahren.

Verfahren erklärt werden. Mittlerweile haben sich drei weitere Länder der Erklärung angeschlossen, zudem hat die EU-Kommission im Juni 2025 einen offiziellen Fahrplan zum Umgang mit PQC-Verfahren herausgebracht. (wid@ct.de)

Technische Richtlinie und weitere Unterlagen: [ct.de/yc2j](https://www.ct.de/yc2j)

Angriffsflächen reduzieren. BSI-konform härten. IT entlasten.

Wenn Sie sich mit Regularien wie NIS2, DORA, B3S oder BSI-Grundsatz beschäftigen, merken Sie schnell: Systemhärtung ist stets ein zentraler Baustein, um Angriffsflächen präventiv und nachhaltig zu reduzieren. Die manuelle Umsetzung scheitert oft an der Komplexität: Tausende Einstellungen, Betriebssystem-Unterschiede, regelmäßige Updates und notwendige Dokumentationen überfordern häufig selbst erfahrene IT-Teams.

Was ist die Lösung? Automatisierung. Doch selbst entwickelte GPOs und Skripte waren gestern! Mit dem Enforce Administrator lassen sich große, komplexe und hybride Windows- und Linux-Systeme quasi auf Knopfdruck zentral härten. So werden die Angriffsflächen Ihrer IT-Landschaft systematisch reduziert und Ihr IT-Team wird von repetitiven Aufgaben entlastet.



Secur|Ty
made in EU



FB PRO GMBH
System Hardening & Secure Configuration

Erleben Sie es selbst! Eine kostenlose Demo buchen Sie unter www.fb-pro.com/ct



Bild: Andreas Wodrich / heise medien

Dunkelkammer

Stromanbieter Lichtblick versammelt Lieferbeginn

Der Wechsel des Stromlieferanten gehört inzwischen zum Alltag und sollte reibungslos vonstattengehen. Doch es kann auch einiges schiefgehen.

Von Tim Gerber

Am 3. September schloss Marc P. einen Vertrag mit dem Hamburger Stromanbieter Lichtblick, künftig seinen Haushalt mit Elektroenergie zu beliefern. Mit Schreiben vom 4. September bestätigte das Unternehmen den Vertrag. Lieferbeginn sollte demnach der 23. Oktober sein. Das Schreiben enthielt weitere Details zur Höhe des monatlichen Abschlags sowie die Bitte, den Zählerstand zum Lieferbeginn abzulesen und via Internet an den Stromversorger zu übermitteln.

Das wollte Marc P. pflichtgemäß am 22. Oktober erledigen. Doch im Kundenportal von Lichtblick war zu lesen, dass eine Eingabe der Zählerstände erst ab Vertragsbeginn, also einen Tag später möglich sein werde. Da sein Account im Kundenportal von Lichtblick noch nicht freigeschaltet war, übermittelte er den Zählerstand stattdessen online an den Netzbetreiber.

Am folgenden Wochenende versuchte Marc P. dann, die Meldung seines Zählerstands an Lichtblick nachzuholen. Doch obwohl nun bereits der 25. Oktober war und die Lieferung ja am 23. Oktober hätte beginnen sollen, meldete das Kundenportal erneut, dass eine Zählerstandeingabe erst ab Lieferbeginn möglich sei.

Am 4. November zeigte die Lichtblick-App auf seinem Smartphone Marc P. eine Auftragsbestätigung an. In einer Verlaufsübersicht hieß es, dass sein Vertrag beim aktuellen Anbieter aktuell gekündigt und

seine Lieferstelle beim Netzbetreiber angemeldet werde. Die Belieferung sollte demnach nun am 29. Oktober beginnen. Zählerstände konnte der Kunde aber immer noch nicht übermitteln, obwohl auch dieses Datum ja längst überschritten sei.

Ungereimtes

Wegen all dieser Ungereimtheiten wandte sich Marc P. per Mail an Lichtblick, erhielt aber lediglich eine automatische Eingangsbestätigung. Die Mitarbeiter an der Telefonhotline wussten auch keine Erklärung oder Abhilfe. Dafür gab es bald neue Überraschungen: Am 5. Dezember erhielt Marc P. von Lichtblick eine Endabrechnung für den Zeitraum vom 23. bis zum 28. Oktober. Sein Vertrag sei aufgrund seiner Kündigung beendet worden.

Über das Kundenportal kontaktierte Marc P. erneut den Service von Lichtblick und bat um Aufklärung der Sache. Er habe

keine Kündigung ausgesprochen, sondern wolle, dass der Vertrag wie vereinbart vom 23. Oktober 2025 bis zum 22. Oktober 2026 erfüllt werde. Als am 9. Dezember noch immer keine Antwort eintraf, versuchte der Kunde sein Glück an der Telefonhotline. Doch dort wurde ihm lediglich bestätigt, dass sein Vertrag beendet sei. Aus welchem Grund wusste die Mitarbeiterin nicht zu sagen, sondern sagte lediglich zu, den Vorgang an eine Fachabteilung weiterzugeben.

Sicherheitshalber erkundigte sich Marc P. nun bei seinem Netzbetreiber. Der bestätigte ihm, dass seit dem 29. Oktober die Firma Lichtblick als Lieferant für seinen Anschluss registriert sei. Darauf rief er erneut bei Lichtblick an und fragte nach seinem Vertrag. Nun hieß es, eine „Reaktivierung“ seines Vertrags sei nur mit zwei Tagen Vorlauf in der Zukunft möglich, nicht jedoch rückwirkend zum 29.10.2025.

Finster ward's

Empört wandte der Kunde sich per E-Mail an Lichtblick. Nach Auswertung der Endabrechnung sowie der ihm erteilten telefonischen Auskünfte gehe er davon aus, dass Lichtblick den Stromliefervertrag einseitig beendet und die Belieferung zum 28.10.2025 eingestellt habe. Eine entsprechende Mitteilung sei ihm indessen weder zugegangen noch im Kundenportal für ihn hinterlegt.

Laut Kundenportal bestehe eine Belieferung ab dem 29.10.2025, was insofern

mit den Angaben des Netzbetreibers übereinstimme. Ein neuer Vertrag ab dem 29.10.2025 sei von ihm aber weder abgeschlossen noch bestätigt worden. Auch

habe er den bestehenden Vertrag weder gekündigt noch einer Vertragsänderung zugestimmt, noch hätte er sich vertragswidrig verhalten.

Deshalb fordere er von Lichtblick, den bestehenden Stromliefervertrag zu erfüllen. Dies umfasse insbesondere die Sicherstellung einer unterbrechungsfreien Belieferung zu den vertraglich vereinbarten Konditionen ab dem 23.10.2025 bis zum 22.10.2026. Auch bat er um Bestätigung des Fortbestehens des Vertragsverhältnisses bis zum 16. Dezember. Doch es geschah reinweg gar nichts. Auch nach den Feiertagen und dem Jahreswechsel reagierte der Stromanbieter nicht. So informierte Marc P. am 24. Januar die Redaktion.

Erhellte

Erhellte

Wir fragten am 28. Januar bei Lichtblick an, was im Fall von Marc P. eigentlich schief laufe und warum man den Kunden nicht ordentlich beliefern könne. Bereits einen Tag später bestätigte ein Unternehmenssprecher unsere Vermutung, dass es sich um einen Systemfehler gehandelt habe. Der Anmeldeprozess an den Netzbetreiber sei mehrfach ausgelöst worden. Der habe die erste Anmeldung bestätigt und die weiteren Anmeldungen dann

**VOR
SICHT
KUNDE!**

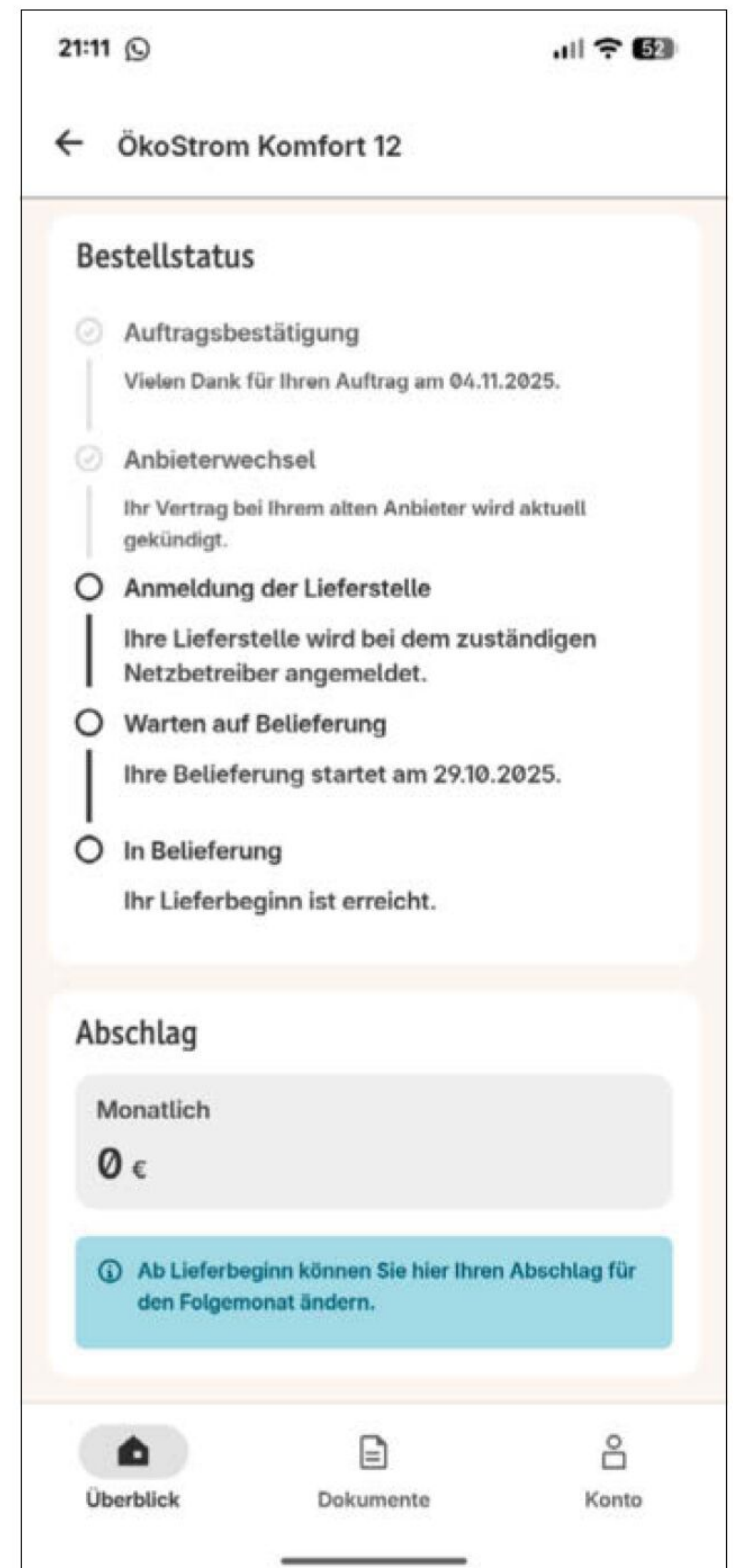


Bild: Screenshot / Marc P.

Die App von Lichtblick zeigt unerklärliche Aktivitäten und Verläufe.

wohl abgelehnt. Das System von Lichtblick habe diesen Vorgang als Vertragsstornierung verstanden und weiterbehandelt. Inzwischen habe man das aber bereinigt und die Reaktivierung des Vertrags bereits eingeleitet. Zudem habe man „den Fall für interne Zwecke zur Qualitätsverbesserung miteinfließen lassen“.

Für uns sind solche Missgriffe bei Energieversorgern nichts Ungewöhnliches. Im vergangenen Jahr haben wir eine ganze Sammlung von Fällen peinlichen Versagens dieser Branche veröffentlicht und als Krönung entsprechend kommentiert. Fehler können passieren, zumal im Massengeschäft. Aber dass die Stromversorger meistens nicht in der Lage sind, auf die aus Fehlern resultierenden Beschwerden zu reagieren, sollte endlich den Gesetzgeber auf den Plan rufen. Hierfür müssen Strafen her, wie sie Telekommunikationsprovidern schon seit Jahren drohen, wenn sie ihre Kunden hängen lassen.

(tig@ct.de) **ct**

Service im Visier

Immer wieder bekommen wir E-Mails, in denen sich Leser über schlechten Service, ungerechte Garantiebedingungen und überzogene Reparaturpreise beklagen. Ein gewisser Teil dieser Beschwerden ist offenbar unberechtigt, weil die Kunden etwas überzogene Vorstellungen haben. Vieles entpuppt sich bei genauerer Analyse auch als alltägliches Verhalten von allzu scharf kalkulierenden Firmen in der IT-Branche.

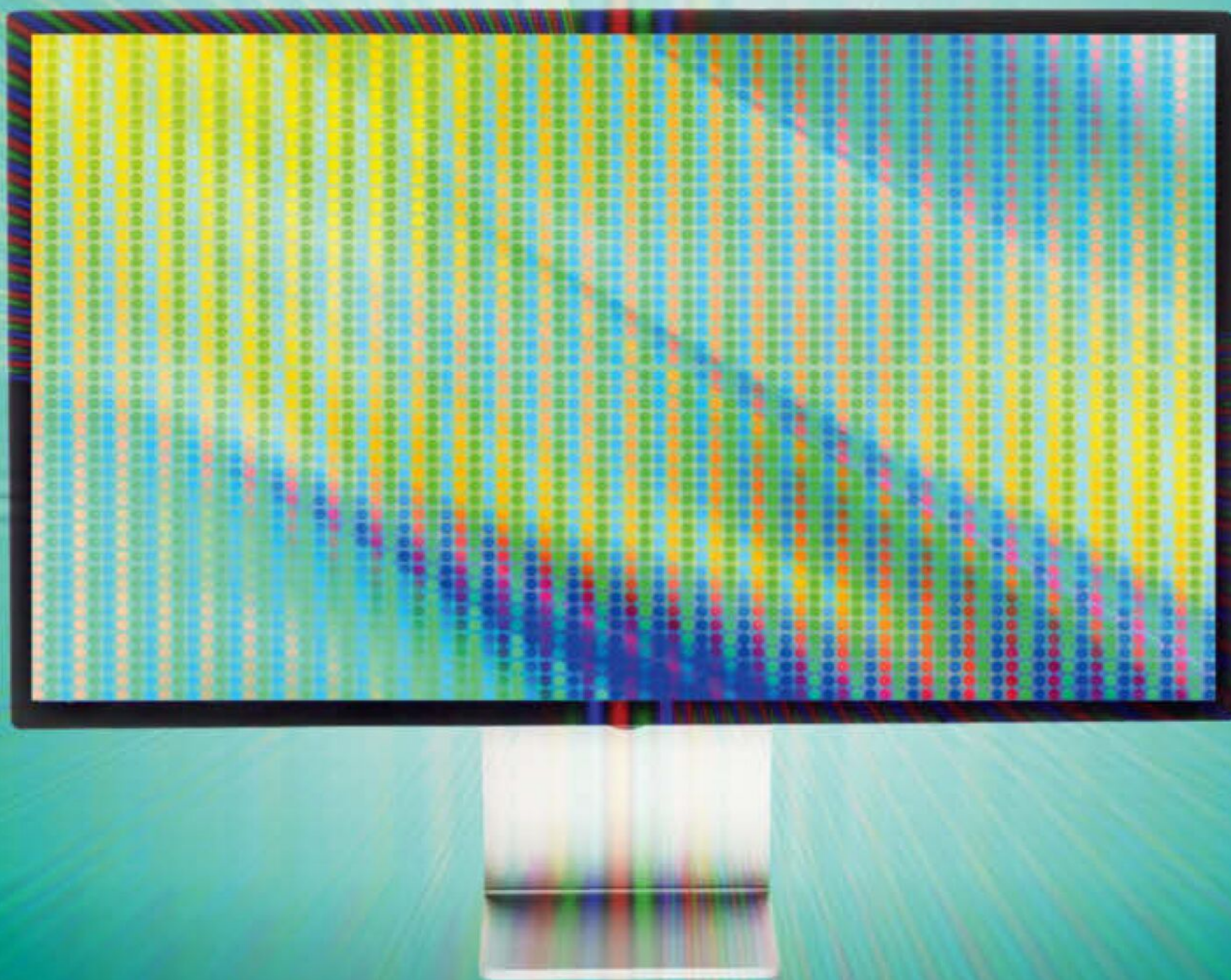
Manchmal erreichen uns aber auch Schilderungen von geradezu haarsträubenden Fällen, die deutlich machen, wie einige Firmen mit ihren Kunden umspringen. In unserer Rubrik „Vorsicht,

Kunde!“ berichten wir über solche Entgleisungen, Ungerechtigkeiten und dubiose Geschäftspraktiken. Damit erfahren Sie als Kunde schon vor dem Kauf, was Sie bei dem jeweiligen Unternehmen erwarten oder manchmal sogar befürchten müssen. Und womöglich veranlassen unsere Berichte ja auch den einen oder anderen Anbieter, sich zukünftig etwas kundenfreundlicher und kulanter zu verhalten.

Falls Sie uns eine solche böse Erfahrung mitteilen wollen, senden Sie bitte eine chronologisch sortierte knappe Beschreibung Ihrer Erfahrungen an: vorsichtkunde@ct.de.

Pixelflut

Worauf es beim Monitorkauf wirklich ankommt



Worauf es beim Monitorkauf ankommt Seite 50
Test: Hochauflösende Monitore ab 27 Zoll ... Seite 54
Was USB-C-Anschlüsse können Seite 60

Beim Monitorkauf zählt mehr als die Pixelzahl. Wir klären, was für Office, Gaming und Kreativarbeit wichtig ist und wo Sie Geld sparen können.

Von Ulrike Kuhlmann

Die Preisspanne für aktuelle 4K-Monitore ist gewaltig. Sie reicht von einsteigerfreundlichen 300 Euro bis weit über 2000 Euro. Wer bei der Auswahl nur auf die Auflösung schießt, ärgert sich anschließend womöglich über winzige Schrift und müde Augen. Denn mehr Pixel bedeuten im Alltag nicht automatisch mehr Qualität und nicht jeder braucht feinste Auflösung. Entscheidender ist die Pixeldichte eines Displays – und die kann bei einem 4K-Monitor höher sein als bei einem 6K-Modell.

Abseits der Pixelzählerei lauern weitere Fallstricke bei der Ausstattung. Wir klären, weshalb HDR-Funktionen manchmal wenig bringen, warum Notebook-Nutzer haargenau die USB-Ausstattung prüfen sollten und warum mehr Pixel nicht unbedingt mehr Schärfe erzeugen.

Wer den Monitor nur für Office-Anwendungen nutzt, sollte auf ein solide verarbeitetes Gerät mit guter Mechanik und kontraststarker Darstellung achten, braucht aber weder ausgefeilte HDR-Funktionen noch besonders hohe Bildwiederholraten. Schnelle Umschaltzeiten und kurze Latenzen sind vor allem für Gamer interessant, sie benötigen zudem Signaleingänge mit Spezialfunktionen. Kreativprofis brauchen stattdessen ein hardwarekalibrierbares Display mit echter HDR-Unterstützung.

Auflösung vs. Pixeldichte

Displays mit einer Auflösung ab 4K, also 3840×2160 Pixel, bezeichnet man auch als ultrahochauflösend. Allerdings sagt die bloße Anzahl der Bildpunkte nichts über die Bildschärfe aus. Verteilt man die über acht Millionen Pixel wie bei TV-Geräten auf einer sehr großen Bildfläche mit beispielsweise 85 Zoll Diagonale (2,16 m), ist jeder Bildpunkt wesentlich größer beziehungsweise gröber, als wenn dieselbe Pixelanzahl auf 27 Zoll respektive 68 Zentimeter Diagonale untergebracht wurde.

Das Verhältnis spiegelt die sogenannte Pixeldichte wider: Dots per inch (dpi), also

Pixel pro Zoll. Der 27-zöllige 4K-Monitor mit seiner Pixeldichte von 163 dpi löst deutlich feiner auf als der 75-Zöller gleicher Auflösung mit gerade mal 59 dpi. Eine derart geringe Pixeldichte taugt nicht für Monitoranwendungen, man findet sie aber in Smart TVs, auf die man üblicherweise aus deutlich größerem Abstand schaut – aus fünf Metern fällt die etwas grobkörnige Darstellung nicht ins Gewicht.

Der Test auf Seite 54 vergleicht sechs Monitore mit 5K- und 6K-Auflösung, die je nach Auflösung und Bildgröße zwischen 140 und 224 dpi erreichen. Bei so hohen Pixeldichten erscheinen Schriften derart winzig, dass man die Darstellung hochskalieren muss. Dann passt zwar weniger Inhalt auf die Desktopfläche, da jeder Buchstabe und jedes Objekt mehr Pixel belegt. Doch weil Icons und Schriften bei der Skalierung zunächst vergrößert und erst danach gerendert werden, bleibt die Schärfe erhalten. Das unterscheidet Skalieren vom Zoomen, bei dem bereits gerenderte Pixel vergrößert werden und die Darstellung deshalb unschärfer oder matschiger wird.

Die Skalierung findet man unter Windows in den Anzeigeneinstellungen. Microsoft bietet für jeden Monitor eine sinnvolle und anpassbare Skalierung. Als Bildschirm-auflösung empfiehlt sich stets die native

Auflösung des Displays. Am Mac lässt sich die Skalierung in den Systemeinstellungen von macOS unter Displays auswählen. Wer einen Monitor am Notebook als Zweitdisplay betreibt, kann für die beiden Displays sowohl unterschiedliche Auflösung als auch unterschiedliche Skalierungsfaktoren einstellen.

Pixeldichten von mindestens 110 dpi sind heute Standard, viele Monitore erreichen 140 dpi und mehr. Unter 100 dpi sollten Sie nicht gehen. Ein 24-Zöller mit Full-HD-Auflösung (1920×1080 Pixel) hat eine Pixeldichte von nur 93 dpi und kostet ab 60 Euro. Wer ein wenig Geld drauflegt, bekommt für 100 Euro ein Gerät mit WQHD-Auflösung, also 2560×1440 Pixel und 103 dpi auf 25,5 Zoll beziehungsweise 123 dpi auf 23,8 Zoll. Solche Displays wirken schärfer und zeigen bei gleicher Skalierung mehr Bildinhalt.

Eine Frage der Ergonomie

Einige Anforderungen sind für alle Monitore beziehungsweise Einsatzgebiete relevant. Dazu gehört ein sicherer Stand. Wackelt der Monitor, sobald man an die Tischkante stößt, kann man das Display alternativ an einem Schwenkarm befestigen. Die Ergonomie hängt dann vom Arm ab und Sie können auch zwei oder mehr Displays an einem Arm befestigen. Einfache Schwenkarme zur Befestigung eines Displays an der Schreibtischkante bekommt man ab 20 Euro, Arme für drei oder mehr Schirme gibt es ab etwa 100 Euro. Achten Sie auf den Abstand der VESA-Bohrlöcher im Displayrücken, mit denen der Arm befestigt wird; bei PC-Monitoren sind 10×10 Zentimeter üblich, es kann aber auch mehr sein.

Außerdem sollte man das Display neigen und zur Seite drehen können. Mit einer Höhenverstellung lässt es sich ohne Zeitschriftenstapel an den Nutzer anpassen. Wer viel surft, profitiert von der Möglichkeit zur Drehung um 90 Grad ins Hochformat (sogenannte Pivot-Funktion), denn am hochkant gedrehten Display muss man nicht so viel scrollen. Bei überbreiten oder gekrümmten Displays ist das allerdings unmöglich.

Wichtig für die Ergonomie ist eine gute Entspiegelung. Wenn sich Lichtquellen in der Umgebung scharf am Display abbilden, weiß das Auge nicht, worauf es fokussieren soll; das strengt unnötig an. Das Display sollte entweder mattiert sein, dann hellen Lichtquellen in der Umgebung die Schirmoberfläche zwar ein wenig auf, es entsteht aber keine scharfe Abbil-

c't kompakt

- Je höher die dpi-Zahl, umso schärfer ist die Darstellung. Bei sehr hoher Pixeldichte verliert man durch die nötige Skalierung aber Arbeitsfläche.
- Wer hochauflösende Monitore mit hohen Bildwiederholfrequenzen betreiben möchte, braucht ein Notebook mit einer modernen Display-Schnittstelle.
- Für Gaming, Film und Videoproduktion ist HDR ein Gewinn, fürs Office meist irrelevant.

Auflösungsvergleich



Bild: Martina Bruns / heise medien

Ein 27-Zöller mit 3840×2160 Pixeln (4K) und ein 75-Zöller mit 4K-Auflösung stellen dieselbe Menge Bildinhalt dar. Doch weil die Pixel des 75-Zöllers auf einer größeren Bildfläche untergebracht sind, ist dessen Pixeldichte deutlich geringer und seine Darstellung damit gröber gerastert.

dung von Fenster oder Lampen. Oder der Monitor besitzt eine sehr gute dielektrische Entspiegelung, die Reflexionen des Umgebungslichts insgesamt reduziert, aber helle Objekte spiegelt. Selbst wer vornehmlich im Dunklen am Monitor sitzt, sollte die Entspiegelung berücksichtigen, weil schon ein helles T-Shirt störende Reflexionen verursachen kann.

Wenn Sie mit einem überbreiten Monitor liebäugeln, sollten Sie auf eine leichte Krümmung des Displays achten. Biegen sich die Monitorseiten leicht zum Nutzer, sieht dieser alle Punkte auf dem Schirm aus ähnlicher Entfernung. Dann muss das Auge weniger neu fokussieren, wenn der Blick über den Schirm wandert. Gamer lieben eine besonders starke Krümmung, weil sie so besser ins Spielgeschehen eintauchen können. Für den Desktop taugen sehr stark gebogene Schirme dagegen kaum.

Die Krümmung wird in „R“ angegeben, die Zahl davor nennt den Radius des Kreises, den die aneinandergestellten Monitore bilden. Je kleiner der Radius, umso stärker ist das Display gebogen. Für den Desktop im Büro empfehlen sich maximal 1800R, Monitore für Gamer haben bis zu 800R. Für kleinere Monitore mit Diagonalen unter 30 Zoll bringt die Krümmung nichts.

Mehr Hertz

Schließt man ein 4K-Display an einen alten Rechner mit HDMI 1.4 an, bekommt

es maximal 30 Bilder pro Sekunde (30 Hz). Das reicht für Standbilder, also statische Inhalte, allerdings bewegt sich der Mauszeiger ebenso ruckelig wie Fenster, die man auf dem Desktop verschiebt. Als Minimum für ergonomisches Arbeiten gelten 60 Hz.

Viele Gamer, die schnelle Spiele am PC spielen, wünschen sich wesentlich höhere Bildraten. Manche Monitore zeigen bis zu 600 Bilder pro Sekunde, das

allerdings meist bei reduzierter Auflösung. Bildwiederholraten von 90 oder 120 Hz, die auch manche Smartphones erreichen, empfinden viele Menschen als angenehm. Doch je mehr Bilder der Monitor pro Sekunde anzeigen soll, desto mehr Daten pro Sekunde muss der Anschluss übertragen.

Bandbreite und Videoeingang

Um die maximale Auflösung, Farbtiefe und Bildwiederholrate eines Monitors ausreizen zu können, benötigen die Grafikeinheit im PC oder Notebooks sowie die Anschlüsse in ihren Geräten ausreichend Übertragungsbandbreite. Die jeweils erforderliche Bandbreite lässt sich überschlagen, indem man die Displayauflösung mit der Bildwiederholfrequenz und der Farbtiefe (meist 8 oder 10 Bit) pro Farbkanal multipliziert. Werden die im Monitorbereich üblichen RGB-Signale mit 4:4:4-Abtastung zugespielt, sind es dreimal 8 oder 10 Bit. Eine Unterabtastung mit 4:2:0 aus dem Videobereich reduziert zwar die nötige Bandbreite, pro Farbe steht dann aber nicht mehr die volle Farbauflösung zur Verfügung.

Ein Beispiel: Bei 4K-Auflösung mit 60 Hertz Bildwiederholfrequenz und 10 Bit pro Farbkanal ergibt sich eine theoretische Bandbreite von $3840 \cdot 2160 \cdot 60 \cdot 3 \cdot 10 = 14,93$ Gbit/s. Hinzu kommt ein Faktor von 1,2 bis 1,3 für Sync-Offsets, Schwarzschilder und Austastlücke bei der Panelansteuerung, die tatsächlich erforderliche Bandbreite steigt dadurch auf 18 bis 20 Gbit/s. Ein solches Display benötigt mindestens



Bild: Andreas Wodrich / heise medien

Einige überbreite Monitore können ihre Schirmfläche für zwei Quellen aufteilen und die Bildinhalte nebeneinander darstellen.

HDMI 2.0, besser HDMI 2.1 oder DisplayPort 1.2 sowohl im Monitor als auch im Zuspierer. Die Tabelle unten zeigt einige oft benötigte Werte nebst der erforderlichen Videoanschlüsse. Wer die jeweiligen Bandbreiten ausrechnen will, kann auch Online-Rechner wie extron.de/product/video-tools.aspx hinzuziehen. Kann Ihr Notebook die nötige Bandbreite für den neuen Monitor nicht liefern, sollten Sie bei der Monitorauflösung abspecken; bei einem PC können Sie vielleicht die Grafikkarte aufrüsten.

Viele aktuelle Monitore lassen sich per USB-C anschließen. Sie nehmen darüber DisplayPort-Signale entgegen sowie Daten für eingebaute USB-Anschlüsse und versorgen im Gegenzug das Notebook mit Strom. Das ist praktisch, weil man nur ein Kabel ans Notebook stecken muss, um arbeitsbereit zu sein. Allerdings sollte man genau prüfen, welche Ausbaustufe der USB-C-Anschluss im Monitor hat, wie viele Daten er zur angeschlossenen Peripherie weiterreichen kann und wie viel Watt er dem Notebook per Power Delivery (USB-PD) zur Verfügung stellt. Üblich sind in neueren Monitoren bis zu 65 Watt, was für die meisten, aber nicht alle Notebooks ausreicht. Worauf Sie beim USB-C-Anschluss achten müssen, erklärt der Artikel auf Seite 60.

Manche Monitore enthalten außer dem USB-C-Anschluss auch einen Umschalter für Tastatur und Maus, genannt KVM für Keyboard, Video, Mouse. Wer zwei Rechner mit demselben Monitor koppeln möchte, sollte auf einen solchen KVM-Umschalter achten, denn damit benötigt man nur ein Tastatur-Maus-Set für beide PCs.

Achtung: Beim Anschluss per USB-C müssen Sie stets auf die passenden Kabel achten. So müssen diese voll beschaltet sein und dürfen nicht beliebig lang sein. In der Praxis wird es ab zwei Metern schwieriger, dann sinken die Übertragungsraten. Mehr zur Kabelkunde in unserer FAQ [1].

Was ist mit HDR?

Während im TV- und Streaming-Bereich ganz viel über das Hochkontrastformat High Dynamic Range (HDR) geredet wird, spielt es bei PC-Monitoren nur für wenige Anwendungen eine Rolle. Bei Text und Tabellen bringt HDR ebenso wenig wie beim Programmieren oder bei der 3D-Konstruktion. Solange man als Farbraum sRGB fürs Web, Social Media oder zu druckende Werke nutzt, hilft der höhere Dy-

namikumfang von HDR ebenfalls nicht weiter. Hier kommt es vielmehr auf Farbgenauigkeit und eine gleichmäßige Ausleuchtung des Schirms an; Profis arbeiten sogar mit kalibrierten Schirmen.

Wer dagegen an seinem PC oft OpenWorld- oder Storytitel spielt oder Videos von Netflix & Co. streamt, profitiert von einer guten HDR-Wiedergabe. Bessere HDR-Monitore zeigen plastischere Bilder, deutlich hellere Spitzlichter etwa bei Explosionen oder Reflexionen und sie zeichnen dunkle Szenen besser durch, wodurch das Bild kontraststärker wirkt.

Ein HDR-Monitor sollte pro Farbe mindestens 10 Bit auflösen, HDR 10 beherrschen und mindestens den VESA-Standard DisplayHDR 600, also in der Spitze 600 cd/m² hell leuchten; besser ist DisplayHDR 1000 oder das bei OLED-Monitoren übliche HDR True Black. Den besten HDR-Eindruck erzielen OLEDs dank ihres satten Schwarz und der hohen In-Bild-Kontraste. Auch LCDs können bei der HDR-Wiedergabe glänzen, wenn sie mit einem lokal dimmbaren Backlight (Full Array Local Dimming, FALD) aus Mini-LEDs arbeiten. Das findet man aktuell aber nur in wenigen teuren Monitoren.

In der Videoproduktion und dem Colorgrading ist HDR Teil des Workflows: Der Monitor muss deshalb definierte Standards wie HDR 10 beherrschen, eine hohe reproduzierbare Maximalleuchtdichte haben und sich kalibrieren lassen, am besten in Hardware. Dabei werden die Korrekturwerte direkt in einer Look-up-Tabelle im Monitor gespeichert und nicht wie bei der Software-Kalibrierung im Treiber der Grafikkarte abgelegt. Nur dann bleibt die Kalibrierung unabhängig vom Zuspierer und von der genutzten Anwendung. Man benötigt dafür entweder ein externes Colorimeter oder der Monitor muss eins

eingebaut haben. Die Möglichkeit zur Kalibrierung ist auch für Arbeiten in der Druckvorstufe und für Fotografen entscheidend.

Energiebedarf

Über den Energiebedarf eines Monitors entscheidet in erster Linie das LED-Backlight beziehungsweise die Schirmgröße und die eingestellte Leuchtdichte. Displays mit hoher Pixeldichte benötigen mehr Energie und mit der Bildfläche steigt der Energiebedarf. Am meisten sparen lässt sich deshalb, wenn man die Schirmleuchtdichte reduziert: Mehr als 120 cd/m² müssen es in normaler Arbeitsumgebung nicht sein. Das schont den Geldbeutel und die Augen.

Fazit

Beim Monitorkauf sollte man sich vorab genau überlegen, welche Ausstattung zwingend und welche optional ist. Die Preise sind in den letzten Jahren erfreulich gefallen, sogar OLED-Monitore bekommt man heute schon für unter 500 Euro. Auch bei den ultrahochauflösenden Monitoren hat sich einiges getan, so gibt es 5K-Displays ab 600 Euro und 6K für 1350 Euro. Allerdings werden die wenigsten eine derart hohe Auflösung benötigen, zumal für eine scharfe Darstellung die Pixeldichte ohnehin entscheidender ist.

Wer die wichtigsten Anforderungen kennt und den maximalen Preis festlegt, kann sich mithilfe von Preisvergleichen schnell die bestmöglichen Geräte zusammenstellen und dann anhand der zusätzlichen Ausstattung das jeweilige Wunschgerät herausfiltern. (uk@ct.de) **ct**

Literatur

[1] Christof Windeck, FAQ: USB-C-Kabel, c't 15/2025, S. 162

Erforderlicher Anschluss je nach Displayauflösung

Auflösung	Rohdatenrate	Eff. Übertragungsrate (~x1,2)	HDMI-Version	DisplayPort-Version	USB-C-Version	Thunderbolt-Version
1920 × 1080 (Full HD) ¹	~3,7 Gbit/s	~4,5 Gbit/s	HDMI 1.4	DP 1.1	USB-C mit DP 1.2 Alt Mode	Thunderbolt 1
2560 × 1440 (WQHD) ¹	~6,6 Gbit/s	~8 Gbit/s	HDMI 1.4	DP 1.2	USB-C mit DP 1.2 Alt Mode	Thunderbolt 1
3840 × 2160 (4K UHD) ¹	~14,9 Gbit/s	~18 Gbit/s	HDMI 2.0	DP 1.4	USB-C mit DP 1.4 Alt Mode	Thunderbolt 2
5120 × 2880 (5K) ¹	~26,5 Gbit/s	~32 Gbit/s	HDMI 2.1	DP 1.4 (4 Lanes) / 2.0	USB-C mit DP 1.4 (4 Lanes) oder USB4	Thunderbolt 3
7680 × 4320 (8K) ¹	~59,7 Gbit/s	~72 Gbit/s	HDMI 2.1 (mit DSC empfohlen)	DP 2.0 / 2.1	USB4 (40–80 Gbit/s)	Thunderbolt 5 (oder 4 mit DSC)

¹ bei 60 Hz, 10 Bit Farbauflösung und 4:4:4 Abtastung, ohne DSC-Kompression, VRR etc.



Bild: Melissa Ramson / heise medien

4+, 5 und 6

Sechs Displays von 27 bis 40 Zoll bis 6K-Auflösung

Unsere farbstarken Kandidaten sind knackscharf und großzügig ausgestattet. Im Vergleichstest prüfen wir, wie gut sie ihre Vorzüge in der Praxis ausspielen.

Von Benjamin Kraft

Ob man im Büro seitenlange Texte durcharbeitet oder in der Kreativwerkstatt detaillierte Fotoretusche betreibt: Mehr Pixel sind besser. Je höher die Pixeldichte, gemessen in Pixel pro Zoll (dots per inch, dpi), desto schärfer sind die Konturen, egal ob an Objekten im Bild oder an den Rändern von Buchstaben. Während die Auflösung die Anzahl der horizontalen und vertikalen Bildpunkte benennt, die der Bildschirm zur Darstel-

lung nutzt, beschreibt die Pixeldichte die Anzahl der Bildpunkte auf einer Fläche mit einem Zoll Höhe und Breite. So ergibt beispielsweise dieselbe 4K-Auflösung (3840×2160 Pixel) auf einem 27-Zoll-Display 163 dpi, auf einem 32-Zöller hingegen nur 138 dpi.

Um 5K-Displays (5120×2880 Pixel, DQHD) war es abseits von Apples iMacs oder Displays speziell für den Mac wie das Studio Display eine ganze Zeit lang sehr ruhig. Inzwischen bringen die Hersteller wieder mehr Geräte mit dieser Auflösung auf den Markt. Zudem haben die Firmen auch die nächste Auflösungsstufe 6K für sich entdeckt (6016×3384 Pixel). In dieser Klasse hatte Apple bereits Ende 2019 mit seinem Pro Display XDR vorgelegt, war lange Zeit der einzige Anbieter eines solchen 6K-Monitors [1] und etablierte für beide Auflösungen seine Referenzpixeldichte von 218 dpi. LG definiert 6K als 6144

$\times 3456$ Pixel, was auf 31,5 Zoll Diagonale einer Pixeldichte von 224 dpi entspricht.

Für diesen Vergleich haben wir sechs Kandidaten mit einer Pixeldichte von 140 bis 224 dpi ins Labor geholt: vier neue und zwei Wiedervorsteller zu Preisen von 680 bis 2000 Euro. Der größte Neuzugang ist der gebogene und überbreite Dell UltraSharp U4025QW im Format 21:9. Weil er auf seinem 40-Zoll-Panel 5120×2160 Pixel zeigt, sozusagen 4K-Plus, hat er die kleinste Auflösung und Pixeldichte. Mit 5K-Auflösung auf kleinerer Diagonale tritt Philips' 27-Zöller Brilliance 27E3U7903 an. Asus' ProArt PA32QCV und LGs UltraFine 32U990A zeigen 6K-Auflösung bei einer Displaydiagonale von 31,5 Zoll. Bereits vergangenes Jahr hatten wir uns die zwei 5K-Displays Asus ProArt PA27JCV und BenQ PD2730S angeschaut und betrachten sie in diesem Testumfeld erneut [2].

Ausstattung

Durchweg setzen die Hersteller IPS-Panels ein, die Hochkontrastinhalte gemäß VESA-Standard DisplayHDR 400, 500 oder 600 wiedergeben können. Alle decken neben dem im Web und in Office-Anwendungen gebräuchlichen sRGB-Farbraum auch den erweiterten Farbraum DCI-P3 mit satterem Rot und Grün ab. LG und Philips geben an, auch 99,5 Prozent des in der professionel-

c't kompakt

- 5K- und 6K-Displays zeichnen mit ihrer Pixeldichte von 218 dpi ein sehr scharfes Bild.
- Über Thunderbolt binden sie Peripherie oder ein zweites Display an und versorgen das Notebook mit Strom.
- Sie decken den großen Farbraum DCI-P3 ab, eignen sich aber nur eingeschränkt für anspruchsvolle Fotobearbeitung.

len digitalen Fotografie und Bildbearbeitung wichtigen Farbraums Adobe RGB darstellen zu können. Der kleinere Asus-Monitor soll immerhin noch 95 Prozent davon zeigen; beim großen Schwestermodell macht Asus merkwürdigerweise keine Angaben, gibt ihm aber einen Adobe-RGB-Modus mit.

Fünf der sechs Geräte haben zusätzlich zu einer HDMI-Buchse auch einen DisplayPort, nur Philips lässt ihn weg. Ohne Ausnahme besitzen sie einen USB-C-Eingang, nutzen daran aber unterschiedliche Protokolle. Die Spanne reicht von relativ einfachem USB 3.2 Gen2 mit 10 Gbit/s beim ProArt PA27JCV bis Thunderbolt 5 plus USB4 v2 und 80 Gbit/s beim LG UltraFine 32U990A. Die anderen vier kombinieren Thunderbolt 4 und USB4, jeweils mit einer Datenrate von 40 Gbit/s. Was Sie über Thunderbolt und USB-C wissen müssen und worin sich die beiden Anschlüsse unterscheiden, lesen Sie im Artikel auf Seite 60. In jedem Fall können daran angeschlossene Notebooks ein DisplayPort-Signal zum Monitor senden und ihrerseits Energie mit 90 bis 140 Watt tanken. Das reicht für alle Klapprechner, die nicht ausgewiesene Gaming-Notebooks mit High-End-GPUs sind.

Über einen zweiten USB-Upstream stellen die Displays eine Datenverbindung mit 5 bis 20 Gbit/s zu einem zweiten PC her. Die Buchse liefert keine Display-Signale und üblicherweise nur 15 Watt. Letzteres stört nicht weiter, wenn es sich um einen Desktop-Rechner mit eigener Stromversorgung handelt. Schließt man eine Maus und eine Tastatur am USB-Hub des Monitors an, kann er als KVM-Umschalter (Keyboard, Video, Maus) dienen und nimmt die Eingabegeräte sowie an-

geschlossene Peripherie mit, wenn der Signaleingang umgeschaltet wird. Das klappt nur bei LG nicht automatisch; stattdessen muss man am UltraFine 32U990A die Eingabegeräte umständlich manuell umschalten.

Via Picture-in-Picture (PiP, Bild im Bild) und Picture-by-Picture (PbP, geteilter Bildschirm) stellen alle Probanden das Bild zweier Quellen gleichzeitig dar, der Asus ProArt PA279JCV sogar drei. Die meisten Kandidaten erlauben es, die an ihrem USB-Hub hängenden Eingabegeräte zwischen den Quellen umzuschalten, nur der kleine Asus nicht.

Er ist auch der einzige, der keinen USB-C-Ausgang hat, um darüber per Thunderbolt oder USB4 Peripherie anzubinden. Das kann ein schnelles Speichermedium sein, aber auch ein zweiter Monitor, der per Daisy-Chaining das DisplayPort-Signal des ersten erhält und so entweder als gespiegelte oder als erweiterte Anzeige genutzt werden kann.

Ergonomie

Bei Geräten dieser Preisklasse darf man neben sinnvoller Ausstattung auch gute Verarbeitung und sinnvolle Ergonomiefunktionen erwarten. Im ersten Punkt schlagen sich die Kandidaten bis auf den Philips-Monitor gut, im zweiten streut das Feld stark.

Philips muss sich die Frage gefallen lassen, warum man einem Display eine Glasscheibe aufsetzt – selbst, wenn man sich das vom Vorbild Apple Studio Display abgeschaut und das Glas entspiegelt hat. Die Anzeige des teuren LG-Monitors, die ohnehin schon recht weit oben steht, lässt sich nur wenige Zentimeter nach unten senken. Seitlich drehen lässt sich dieser



Mit dem kabellosen Controller „Hotkey Puck“ schaltet man beim BenQ PD2730S schnell Presets um oder passt Bildeinstellungen mit dem Klick-Drehrädchen an.

Monitor anders als der Rest mit dem gesamten Fuß.

Bis auf den Dell UltraSharp U4025QW lassen sich alle Kandidaten im Hochformat nutzen. Allerdings sollte man die Bildschirme dazu komplett nach oben fahren und nach hinten neigen, damit ihre untere Ecke bei dieser perspektivischen Neuausrichtung nicht an der Tischkante oder dem Standfuß aneckt. Bei BenQ, LG und Philips muss man zusätzlich aufpassen, nicht die Kabel (und die Stecker) zu knicken, wenn man das Panel hochkant dreht. Außerdem verdeckt der Ständer beim LG-Monitor in dieser Ausrichtung alle Anschlüsse. An einen Ausschnitt für die Kabelführung im Ständer haben die Designer offenbar ebenso wenig gedacht wie an die Drehung in die umgekehrte Richtung, die das Problem verhindert hätte. Ebenfalls ärgerlich: Bei mehreren Kandidaten gibt es keine oder eine zu schwach ausgeprägte Mittelrastung, um das Display im Breitformat wieder gerade auszurichten. So braucht man unnötig lange, um eine leichte Schiefelage zu korrigieren.



Zwei Typ-C-Buchsen am UltraFine 32U990A beherrschen Thunderbolt 5 und USB4 v2 mit 80 Gbit/s, die anderen USB und 10 Gbit/s. Im Hochformat verdeckt der Ständer sämtliche Anschlüsse.



Die Anschlüsse des Philips-Monitors werden zum Teil vom Ständer verdeckt und sind schlecht zu erreichen. Gut zu erkennen: der Stromsteckerstummel des internen Netzteils.



Asus ProArt PA27JCV

Asus' 27-Zöller mit 5K-Auflösung beherrscht als einziger Kandidat kein Thunderbolt, seine Typ-C-Buchsen sind auf USB 3.2 mit 10 Gbit/s beschränkt. Auch auf einen USB-C-Ausgang verzichtet Asus. Asus legt weder ein DisplayPort- noch ein USB-Kabel von Typ C auf Typ A bei.

In der Werkseinstellung macht das blickwinkelstabile IPS-Panel eine gute Figur, es trifft den D65-Weißpunkt sowie die RGB-Eckpunkte des Farbraums DCI-P3 punktgenau, die maximale Helligkeit und der Kontrast sind mit 530 cd/m² und gut 1400:1 hoch. Ist Adobe RGB gewählt, fällt das Grün hingegen zu blass aus – das passt zu dem, was Asus verspricht.

Für die professionelle Fotobearbeitung ist der Monitor zu ungleichmäßig ausgeleuchtet; die Helligkeit fällt zu den Seiten ab, die Abweichung zum über die Fläche gebildeten Mittelwert betrug bis zu 16 Prozent. Eine Uniformity-Option fehlt im sehr umfangreichen, gut navigierbaren Monitormenü.

Der ProArt PA27JCV beherrscht PbP mit bis zu drei Quellen gleichzeitig und splittet in dieser Spielart eine Anzeigehälfte zusätzlich horizontal auf. Eine Möglichkeit, die Eingabegeräte per Monitormenü zwischen den Quellen umzuschalten, fehlt. Mit dem mechanischen Schalter trennt man den Monitor komplett vom Netz; will man im Standby ein USB-Gerät laden, muss man die Energiespareinstellungen größtenteils außer Kraft setzen. Dann zieht das Display im Standby satte 15 Watt.

- ↑ akkurate Farbdarstellung
- ↑ PbP mit drei Quellen
- ↓ kein Thunderbolt/Daisy-Chaining
- Preis: 680 Euro



Asus ProArt PA32QCV

Der 31,5-Zoll-Bildschirm des größeren ProArt-Monitors zeigt 6016 × 3384 Pixel und 219 dpi, also etwas weniger als LGs 6K-Display. In den Teilbereichen Helligkeit, Kontrast und Farbraumabdeckung kommt das AU-Optronics-Panel dem von LG sehr nahe, ohne es einzuholen. Die Farbräume sRGB und DCI-P3 deckt es annähernd genau ab, wenngleich bei DCI-P3 das letztenQuäntchen Grünsättigung fehlt. Soll er Adobe RGB darstellen, liegt sein Grün stärker daneben.

Weil die Helligkeit zu den Seiten teils sichtbar abfällt, ist die Ausleuchtung ungleichmäßig: Die Bildmitte ist um bis zu 25 Prozent heller, der mittlere Helligkeitswert liegt mit knapp 19 Prozent nicht weit darunter. Eine Uniformity-Funktion fehlt. Der PA32QCV besitzt einen Thunderbolt-Ein- und Ausgang; seine USB-Ports übertragen aber nur 5 Gbit/s.

Die Disziplin Mechanik entscheidet Asus für sich: Einstellbereiche und -möglichkeiten sind vorbildlich, die Standfestigkeit ebenfalls. Um USB-Geräte weiterhin mit Strom zu versorgen, wenn das Display schläft, muss man die Energiesparfunktionen deaktivieren. Dann geht jedoch die Leistungsaufnahme im Standby hoch.

Unser erstes Testgerät zeigte an verschiedenen Rechnern Geisterbilder, beispielsweise von länger nicht bewegten Explorer-Fenstern. Sie verschwanden nach längerem Ausschalten oder schnellen Bildfolgen nach einigen Minuten wieder. Bei einem zweiten Exemplar trat das Phänomen nicht auf.

- ↑ kontrastreiches Bild, satte Farben
- ↓ USB nur mit 5 Gbit/s
- ↓ ungleichmäßig ausgeleuchtet
- Preis: 1400 Euro



BenQ PD2730S

27 Zoll, 5K, 218 dpi – die Eckdaten entsprechen denen der anderen 27-Zöller in diesem Vergleich. Doch anders als der kleine Asus-Monitor hat der BenQ PD2730S Thunderbolt 4 mit Daisy-Chaining und sein Panel steckt nicht wie bei Philips hinter einer spiegelnden Glasscheibe. Dafür muss man bei ihm ohne Adobe-RGB-Farbraum auskommen.

Richtig eingestellt zeigt das Panel satte, akkurate Farben und erzielt einen hohen Kontrast, doch BenQ hat die Presets Display-P3 (ab Werk) sowie sRGB ziemlich verhunzt: Die Helligkeit ist darin auf 220 cd/m² beschränkt und weil Schwarz als Dunkelgrau erscheint, liegt der Kontrast nur bei 648:1. Außerdem sind die Einblickwinkel für ein IPS-Panel überraschend klein.

Auslöser ist laut BenQ die in den meisten Presets nicht abschaltbare, sehr effektive Uniformity Compensation. Für die Bildbearbeitung sollten Nutzer eines der beiden User-Profile an die eigenen Bedürfnisse anpassen und die Uniformity Compensation deaktivieren, idealerweise gefolgt von einer Kalibrierung.

Gut gefallen die hohe Standfestigkeit, die mechanischen Einstellmöglichkeiten und die Bedienung mit dem beigelegten IR-Controller Hotkey Puck. Mit seinen Drehrädchen und Tasten schaltet man beispielsweise zwischen Signaleingängen und Farbräumen um. Dual-View zeigt die Bildschirmhälften in unterschiedlichen Farbräumen, etwa für den Direktvergleich zwischen sRGB und Display-P3.

- ↑ hoher Kontrast, satte Farben
- ↑ komfortable Bedienung
- ↓ vermurkste Presets
- Preis: 1100 Euro



Dell UltraSharp U4025QW

Der gebogene, überbreite 40-Zöller im 21:9-Format zeigt auf seinem blickwinkelstabilen IPS-Black-Panel 5120 × 2160 Pixel (140 dpi). Mit seiner Bildwiederholfrequenz von 120 Hertz gibt er als Gaming-Display in Rollen-, Aufbau- oder Strategiespielen ein gutes Bild ab, für schnelle Shooter ist er nicht flink genug.

In Werkseinstellung erzielt das Display einen mittleren Kontrast von 1200:1. Die RGB-Eckpunkte des DCI-P3-Farbraums trifft es zwar punktgenau, zeigt in den Modi „DCI-P3“ und „Display P3“ aber geringfügig zu blasses Grün, obwohl er im Standard-Modus mehr schafft. In sRGB gelingt dem U4025QW wieder eine Punktlandung. Der HDR-Modus lässt sich nicht mit Uniformity Compensation kombinieren, die eine gleichmäßigere Helligkeitsverteilung bewirkt, aber die Leuchtdichte auf 222 cd/m² deckelt und den Kontrast auf knapp 700:1 verschlechtert. Unser Exemplar hatte einen Pixelfehler, ein dauerhaft leuchtendes grünes Subpixel. Dell tauscht das Panel in einem solchen Fall im Rahmen der dreijährigen Herstellergarantie kostenlos aus.

Der USB-C-Eingang liefert bis zu 140 Watt, der LAN-Portschaft 2,5 Gbit/s und es gibt sieben USB-Buchsen für Peripherie. Durchdachte Details: Drei nach vorn zeigende USB-Ports fahren bei Bedarf unten aus dem Rahmen heraus. Im PbP-Betrieb teilt der U4025QW den Bildschirm auf Wunsch im Verhältnis 1:1, 1:3 oder 1:4. Als KVM-Umschalter kann der Monitor die Ethernet-Verbindung fest einem Signaleingang zuordnen.

- ↑ große Anzeigefläche
- ↑ durchdachte Ausstattung
- ↓ Uniformity reduziert Kontrast

Preis: 1550 Euro



LG UltraFine 32U990A

LGs IPS-Black-Panel mit 31,5 Zoll Bilddiagonale kommt mit 6144 × 3456 Pixeln auf 224 dpi, etwas mehr als bei Asus. Auch beim Kontrast ist sein IPS-Black-Panel einen Hauch besser, die Helligkeit von 780 cd/m² ist die höchste im Testfeld. Zudem ist es gleichmäßiger ausgeleuchtet, liegt aber im Adobe RGB-Farbraum beim Grün leicht, im P3-Farbraum mehr daneben. Die satten Farben verändern sich auch bei seitlicher Draufsicht kaum.

LG setzt HDMI und DisplayPort in der neuesten Revision 2.1 um. Zwei der fünf USB-C-Buchsen verwenden Thunderbolt 5 und USB4 v2. Aktiviert man im Monitormenü „Thunderbolt-Out“ und schließt ein Display an die Daisy-Chain-Buchse an, fällt die Bildwiederholrate am UltraFine auf 50 Hertz, ohne erkennbaren Vorteil am zweiten Monitor. Obwohl für den KVM-Betrieb alles vorhanden ist, muss man die USB-Peripherie umständlich händisch umschalten; ein Shortcut dafür fehlt.

An ihrem Doppelscharnier kann man die Anzeige zwar neigen, aber nur um sechs Zentimeter in der Höhe verstellen. Drehen lässt sich der Monitor nur mit dem gesamten Fuß und nach Berührungen wackelt das Display einige Sekunden mit sacht mitwippender Fußplatte nach. Dreht man es ins Hochformat, muss man achtgeben, die Kabel mitsamt Stecker nicht abzuknicken, anschließend verdeckt der Ständer alle Anschlüsse. Ergo: VESA-Arm ausdrücklich empfohlen. Das Netzteil hat LG als schweren Klotz ausgelagert.

- ↑ rundum sehr gutes Bild
- ↑ neueste Schnittstellen
- ↓ fehlende Einstellmöglichkeiten

Preis: 2000 Euro



Philips Brilliance 27E3U7903

Philips' Designteam hat sich offensichtlich Apples Studio Display zum Vorbild genommen. Der 27E3U7903 ist aber nicht nur 600 Euro billiger, sondern auch noch besser ausgestattet: Er hat zusätzlich zum Thunderbolt-Eingang auch einen solchen Ausgang, eine HDMI-Buchse, einen LAN-Port und eine Mischung aus USB-A- und USB-C-Buchsen. Zudem lässt er sich besser einstellen und zeigt 70 Bilder pro Sekunde.

Dem Philips-Monitor fehlt allerdings der Schliff der Apple-Hardware: Sein Kunststoffgehäuse knarzt beim Anfassen, die Webcam mit Folgemodus wirkt wie nachträglich aufgesetzt und produziert trotz WQHD-Auflösung unscharfe Bilder. Sein Ständer verdeckt die Anschlüsse und ein Stromkabelstummel baumelt aus dem Gehäuse.

Ein glückliches Händchen hat Philips bei der Wahl des IPS-Black-Panels bewiesen. Es deckt in Werkseinstellung den P3-Farbraum nahezu perfekt ab und trifft auch im Farbraum Adobe RGB die Eckpunkte des Farbdreiecks. Aufgrund seines sehr niedrigen Schwarzwerts erzielt der Monitor mit knapp 1600:1 den höchsten mittleren Kontrast im Testfeld und leuchtet bis zu 590 cd/m² hell. Das Display ist allerdings schlecht ausgeleuchtet, die Abweichung vom Mittelwert beträgt 17 Prozent, zur Bildmitte sogar bis zu 29 Prozent. Obendrein lässt die teilentspiegelte, gegen Fingerabdrücke beschichtete Glasfront Schriften ausfransen, bei seitlichem Draufblick stören feine farbige Artefakte.

- ↑ hoher Kontrast, exakte Farben
- ↓ Anzeige hinter Glas
- ↓ sehr ungleichmäßig ausgeleuchtet

Preis: 1000 Euro



Reichlich Vielfalt: Die Unterseite von Dells UltraSharp U4025QW birgt zahlreiche Ein- und Ausgänge sowie Anschlüsse. Drei weitere USB-Ports fahren bei Bedarf aus dem unteren Displayrand heraus.

Und noch einmal Philips: Alle anderen Hersteller haben sich entweder für ein ausgelagertes Netzteil oder ein internes Netzteil entschieden; dann steckt man das Stromkabel direkt am Monitor ein. Als Zwitterlösung ragt aus dem Brilliance 27E3U7903 ein 50 Zentimeter langer, fest angebrachter Stromkabelstummel, in den man das Kaltgerätekabel stecken muss.

Stromsparen ad absurdum

Um die strengerer EU-Richtlinien zur Leistungsaufnahme erfüllen zu können, fragen die Hersteller via Monitormenü einige Punkte ab, wenn man das Gerät das erste Mal in Betrieb nimmt. Das hat unerwartete Nebenwirkungen. Gibt man beispielsweise an, das Gerät in Europa zu betreiben, deckeln manche

Hersteller die maximale Helligkeit. Meist geschieht das sanft, etwa indem eine Warnung angezeigt wird, wenn der Nutzer die Helligkeit über einen gewissen Wert erhöht (Dell). Ärgerlich wird es, wenn die Hersteller den Anwender bevormunden und ein hartes Limit einziehen, das keine Reserven für besonders helle Umgebungen lässt.

In anderen Fällen schlägt der Hersteller von sich aus vor, den Stromsparmodus abzuschalten (Asus, Philips), beispielsweise damit am Monitor angeschlossene USB-Geräte auch im Display-Standby mit Strom versorgt werden. Nebenwirkung: Unter Umständen findet das Gerät im Standby nicht in den Tiefschlaf und zieht dauerhaft 12 bis 15 Watt aus der Steckdose.

Fazit

Während 4K-Displays immer günstiger werden, sodass Office-Modelle von namhaften Herstellern inzwischen ab 160 Euro und solche zur Bildbearbeitung ab 400

Monitore von 4K+ bis 6K-Auflösung von 27 bis 40 Zoll Bilddiagonale

Modell	ProArt PA27JCV	ProArt PA32QCV	PD2730S
Hersteller, URL	Asus, asus.de	Asus, asus.de	BenQ, benq.eu
Displaydiagonale / Auflösung (Pixeldichte)	27" (68,6 cm) / 5120 × 2880 (218 dpi)	31,5" (80 cm) / 6016 × 3384 (219 dpi)	27" (68,6 cm) / 5120 × 2880 (218 dpi)
Paneltyp / Seitenverhältnis / max. Bildwiederholfrequenz	IPS (mattiert, plan) / 16:9 / 60 Hz	IPS (mattiert, plan) / 16:9 / 60 Hz	IPS (mattiert, plan) / 16:9 / 60 Hz
Ausstattung			
VESA-Montage	✓ (100 × 100 mm)	✓ (100 × 100 mm)	✓ (100 × 100 mm)
Signaleingänge / Ausstattung & Anschlüsse / Lieferumfang	DP 1.4, HDMI 2.1, USB-C (DP 1.4 + USB 10 Gbit/s + USB-PD 96 W), USB-C (USB 10 Gbit/s + USB-PD 15 W) / Lautsprecher (2 × 2 W), USB-Hub: 3 × USB-A (10 Gbit/s) + 1 × USB-C (10 Gbit/s) / Netzteil (intern); Kabel: HDMI, USB-C, Netz	DP 1.4, HDMI 2.1, USB-C (DP 1.4 + TB4/USB4 40 Gbit/s + USB-PD 96 W) + 1 × USB-C (USB 5 Gbit/s) / Lautsprecher (2 × 2 W), USB-Hub: 2 × USB-A (5 Gbit/s) + 1 × USB-C (USB-PD 15 W + USB 5 Gbit/s) + 1 × USB-C (DP 1.4 + USB-PD 15 W + TB4/USB4 40 Gbit/s) / Netzteil (intern); Kabel: HDMI, Thunderbolt 4, Netz	DP 1.4, HDMI 2.1, USB-C (DP 1.4 + TB 4/USB4 + USB-PD 90 W), USB-C (USB 10 Gbit/s + USB-PD 15 W) / Lautsprecher (2 × 3 W), USB-Hub: 3 × USB-A (10 Gbit/s) + 1 × USB-C (10 Gbit/s) + USB-C (TB 4/USB4) / Netzteil (intern), Hotkey Puck G3 (IR-Drehrad-Controller); Kabel: DP, HDMI, Thunderbolt 4, USB-A-C, Netz
KVM / PiP / PbP / Daisy Chain	✓ / ✓ / ✓ / -	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓
Höhenverstellung/Neigung/Drehung/Pivot (beidseitig)	✓ / ✓ / ✓ / ✓ (✓)	✓ / ✓ / ✓ / ✓ (✓)	✓ / ✓ / ✓ / ✓ (-)
Maße (B × H × T) / Gewicht	61,2 cm × 40,8-53,8 cm × 21,5 cm / 5,91 kg	71,4 cm × 48,8-61,8 cm × 24 cm / 9,3 kg	61,4 cm × 42,7-57,7 cm × 24,2 cm / 8,3 kg
Besonderheiten	Adaptive Sync, DisplayHDR 500	Adaptive Sync, DisplayHDR 600, Umgebungslichtsensor	DisplayHDR 400
Messwerte			
Helligkeitsregelbereich	21...530 cd/m²	9...628 cd/m²	19...218 (455)³ cd/m²
Leistungsaufn. Soft-off / Standby / 120 cd/m² / max.	0,4 W / 1,1 (9,4)¹ W / 27 W / 49 W	0,5 W / 0,8 (12)¹ W / 37 W / 85 W	0,3 W / 0,6 W / 27 W / 40 W
Kontrast min. / erw. Sichtfeld (Abweichung)	1412:1 (24,5 %) / 807:1 (66,6 %)	1448:1 (30,9 %) / 807:1 (74,8 %)	1583:1 (390,3 %) / 918:1 (608 %)
Die runden Diagramme geben die Winkelabhängigkeit des Kontrasts wieder. Blaue Farbanteile stehen für niedrige, rötliche für hohe Kontraste. Kreise markieren die Blickwinkel in 20-Grad-Schritten, im Idealfall wäre das gesamte Bild pink. winkelabhängiger Kontrast: Kreise im 20°-Abstand 			
Bewertungen			
Kontrasthöhe / Blickwinkelabhängigkeit	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕⊕	⊖ (⊕⊕)⁴ / ⊖ (⊕)⁴
Ausleuchtung / Farbeindruck	○ / ⊕	○ / ⊕⊕	⊕ / ○ (⊕)⁴
Bedienung / Verarbeitung / Ausstattung	⊕⊕ / ⊕ / ○	⊕⊕ / ⊕ / ⊕	⊕ / ⊕ / ⊕
Preis (Straße) / Garantie	700 € / 3 Jahre (5 Jahre nach Registrierung)	1400 € / 3 Jahre (5 Jahre nach Registrierung)	1100 € / 3 Jahre
¹ ohne Energiespareinstellungen der Ersteinrichtung ² mit aktivierter Uniformity Compensation Helligkeitsregelbereich 21...222 cd/m² und Kontrast im min. Sichtfeld 634:1 ✓ vorhanden — nicht vorhanden ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht			

Euro zu bekommen sind, kosten 5K- und erst recht die seltenen 6K-Displays deutlich mehr. Immerhin geraten auch deren Preise allmählich ins Rutschen.

Bestes Beispiel ist der Asus ProArt PA27JCV, den es inzwischen für unter 700 Euro gibt. Ihm nur das Schildchen „5K-Preistipp“ umzuhängen, wird ihm aber nicht gerecht, denn er gefällt mit einem feinen Bild, guter Farbdarstellung und seiner geschmeidig laufenden Mechanik auch als Monitor für gehobene Ansprüche. Thunderbolt und Daisy-Chaining werden viele Anwender nicht vermissen. Dass beides beim BenQ PD2730S an Bord ist, rechtfertigt seinen höheren Preis von knapp 1100 Euro bei vergleichbarer Darstellungsqualität ein Stück weit, ebenso Details wie der Hot-key Puck. Philips’ Brilliance 27E3U7903 ordnet sich preislich zwischen den beiden ein und bringt auf dem Papier die bessere Ausstattung mit; bei Ergonomie und Bildqualität leistet er sich aber zu viele Patzer.

In der 6K-Klasse kann man nach Anspruch und Preis entscheiden. Der Asus ProArt PA32QCV ist mit knapp 1400 derzeit das günstigste 6K-Display am Markt und dürfte den meisten Nutzern alles bieten, was sie suchen. Das Alles-was-geht-Paket schnürt LG mit dem UltraFine 32U990A, der mit der Schnittstellen-Avantgarde aufwartet und dessen Bild durchweg einen Hauch besser als das des Asus ist. Dafür kostet er aber auch etwa 600 Euro mehr.

Für die professionelle Bildbearbeitung sind alle Kandidaten zu ungleichmäßig ausgeleuchtet, als reine Office-Displays fraglos gut, aber arg teuer. Wer ein solches sucht, sollte sich den überbreiten, gebogenen Dell U4025QW anschauen. Auch der ist mit 1600 Euro nicht gerade billig, dafür aber anders als die anderen auf den Büroeinsatz getrimmt, was sich an vielen Details zeigt, von der üppigen Auswahl an schnellen Schnittstellenwahl bis hin zu durchdachten KVM- und PiP-Einstellungen. In puncto Pixeldichte kommt



Das voluminöse, schwere Netzteil des LG UltraFine 32U990A muss irgendwo auf oder unter dem Schreibtisch untergebracht werden.

er allerdings nicht ans restliche Testfeld heran, seine Auflösung von 5120 × 2160 reicht nur für 140 dpi. (bkr@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Benjamin Kraft, Scharf, bunt, hell, professionell, Apples Pro Display XDR mit 6K, c’t 5/2020, S. 112
- [2] Benjamin Kraft, Nur so semi Pro, Zwei 5K-Displays mit USB-C für gehobene Ansprüche, c’t 13/2025, S. 74

	Ultrasharp U4025QW	UltraFine 32U990A	Brilliance 27E3U7903
	Dell, dell.com/de-de	LG, lg.com	Philips, philips.de
	39,7" / 5120 × 2160 (140 dpi)	31,46" (79,9 cm) / 6144 × 3456 (224 dpi)	27" (68,6 cm) / 5120 × 2880 (218 dpi)
	IPS Black (matt, gebogen 2500R) / 21:9 / 120 Hz	IPS Black (mattiert, plan) / 16:9 / 60 Hz	IPS Black (spiegelnd, plan) / 16:9 / 70 Hz
	✓ (100 × 100 mm)	✓ (100 × 100 mm)	✓ (100 × 100 mm)
	DP 1.4, HDMI 2.1, USB-C (DP 1.4 + USB-PD 140 W + TB4/USB4 40 Gbit/s), 1 × USB-C (10Gb/s) / Lautsprecher (2 × 9 W), USB-Hub: 2 × USB-C (10 Gbit/s, USB-PD 15 W) + 5 × USB-A (10 Gbit/s), LAN (2,5 Gigabit Ethernet) / Netzteil (intern); Kabel: DisplayPort, HDMI, USB-C, USB-A-C, Netz	DP 2.1, HDMI 2.1, 1 × USB-C (DP 2.1 + TB 5/USB4 v2 80 Gbit/s + USB-PD 96 W) + 1 × USB-C (USB 10 Gbit/s) / Lautsprecher (2 × 5 W), USB-Hub: 2 × USB-C (10 Gbit/s) + 1 × USB-C (USB-PD 15 W + USB 5 Gbit/s) + 1 × USB-C (DP 2.1+ USB-PD 96 W + TB5/USB4 v2 80 Gbit/s) / Netzteil (extern); Kabel: HDMI, DisplayPort, Thunderbolt 5, Netz	HDMI 2.1, 1 × USB-C (DP 1.4 + USB-PD 96 W + TB4/USB4), 1 × USB-C (10 Gbit/s + PD 15 W) / Lautsprecher (2 × 5 W), USB-Hub: 2 × USB-A (10 Gbit/s) + 1 × USB-C (USB-PD 15 W + USB 10 Gbit/s) + 1 × USB-C (DP 1.4 + USB-PD 15 W + TB4/USB4 40 Gbit/s), LAN (Gigabit Ethernet) / Netzteil (intern); Kabel: HDMI, Thunderbolt 4, USB-C, Netz
	✓ / ✓ / ✓ / ✓	– / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓
	✓ / ✓ / ✓ / – (–)	✓ / ✓ / – / ✓ (–)	✓ / ✓ / ✓ / ✓ (✓)
	94,5 cm × 47,2–62,2 cm × 25,3 cm / 12,2 kg	71,8 cm × 55,4–61,2 cm × 19,2 cm / 9,5 kg	62,3 cm × 41,7–56,6 cm × 17,6 cm / 8,1 kg
	DisplayHDR 600, HDMI VRR, Umgebungslichtsensor, PbP-Verhältnisse 1:1, 1:3 oder 1:4	DisplayHDR 600	DisplayHDR 600, Umgebungslichtsensor
	35...368 ² (HDR: 606) cd/m ²	49...780 cd/m ²	39...590 cd/m ²
	0,4 W / 0,4 W / 36 W / 55 (HDR: 77) W	0,5 W / 0,6 W / 39 W / 79 (HDR:115) W	0,6 W / 0,6 (2) ¹ W / 28 W / 63 W
	1192:1 (38,9 %) / 666:1 (84,3 %)	1500:1 (30,3 %) / 863:1 (72,9 %)	1597:1 (24,3 %) / 944:1 (65,9 %)
	⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ○
	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕⊕	⊖ / ○
	⊕⊕ / ⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕ / ⊕	⊕ / ○ / ⊕
	1600 € / 3 Jahre	2000 € / 2 Jahre	1000 € / 2 Jahre
	³ in den User-Presets; im Werks-Preset „Display-P3“ stattdessen 648:1 (156,4 %) / 377:1 (245 %) ⁴ in den User-Presets und ohne Uniformity Compensation		

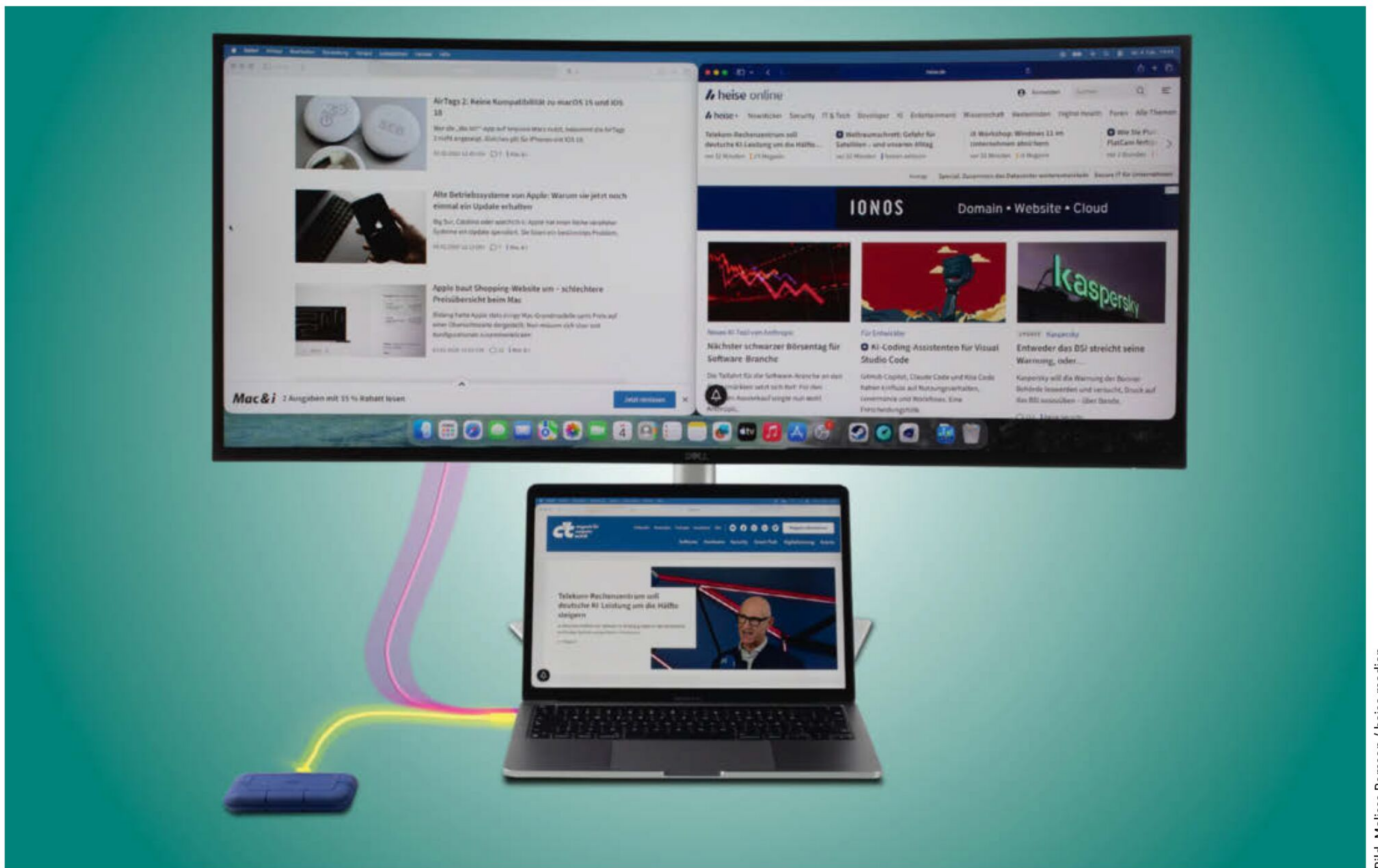


Bild: Melissa Ramson / heise medien

Eine Buchse, viel dahinter

Was USB-C und Thunderbolt am Monitor bringen

Immer mehr Monitore haben Typ-C-Buchsen als Ein- und Ausgänge. Was sie können, hängt davon ab, ob sie USB 3.x, USB4 oder Thunderbolt nutzen. Eine Übersicht.

Von Benjamin Kraft

Eine Typ-C-Buchse an aktuellen Monitoren beherrscht in der Regel USB 3.2 mit 5 oder 10 Gbit/s, nimmt DisplayPort-Signale an und liefert bis zu 65 Watt ans angeschlossene Mobilgerät. Das reicht für die meisten Mobilarbeiter, die ihr Notebook im Wechsel im Büro und im

Homeoffice sowie bei Auswärtsterminen einsetzen, völlig aus. Neuere Geräte der gehobenen Preisklasse wie die 5K- und 6K-Displays in unserem Vergleichstest auf Seite 54 verwenden USB4, Thunderbolt 4 oder Thunderbolt 5. Diese neueren Schnittstellen sind nicht nur schneller, sondern auch flexibler als ihre Vorgänger.

Was genau über eine Typ-C-Verbindung transportiert wird, hängt von allen Elementen der Kette ab: den Fähigkeiten des Kabels, den darüber miteinander verbundenen Geräten und der Schnittstelle, über die sie kommunizieren. Dabei reicht die Spanne von lahmem USB 2.0 mit 480 Mbit/s (brutto rund 60 MByte/s) über USB 3.2 bis Thunderbolt 5 mit DisplayPort 2.1, 240 Watt und bis zu 120 Gbit/s (15 GByte/s).

Buchsenträger

Einer der Hauptkritikpunkte an jüngeren USB-Generationen ist, dass die Spezifika-

tion viel erlaubt und wenig vorschreibt. Dieses Laissez-faire führt zu einem Wildwuchs von möglichen Kombinationen, die überdies oft für den Käufer und Nutzer nicht mal erkennbar sind. Zwar existieren mehr oder minder verständliche Logos, die anzeigen sollen, über welche Fähigkeiten ein USB-Anschluss verfügt, doch

c't kompakt

- USB4 und Thunderbolt 4 und 5 sind moderne, schnelle und vor allem komfortable Schnittstellen.
- Der Funktionsumfang ist bei Thunderbolt klarer definiert als bei USB4.
- Nur mit den richtigen Kabeln stehen alle Funktionen einer USB-C-Buchse bereit.

sind auch die nicht vorgeschrieben. USB4 kann nicht nur mehr als seine Vorgänger, seine Spezifikation schreibt auch mehr verpflichtend fest. Die vereinfachten Piktogramme bleiben indes optional und bergen viel Verwirrungspotenzial: Ob eine Buchse Bildsignale ausgibt und wie hoch die Ladeleistung per USB-PD ist, verraten sie auch auf den zweiten Blick nicht.

Thunderbolt ist da rigoroser: Soll eine Buchse das Thunderbolt-Logo tragen, muss sie den kompletten Funktionsumfang der angegebenen Generation abdecken. Welche Generation das ist, steht aber anders als bei den Kabeln nicht direkt am Anschluss. Thunderbolt 4 und 5 umfassen übrigens nicht nur alle Fähigkeiten der jeweiligen Vorgängergeneration, sondern auch die von USB4. Sofern das Kabel nichts einschränkt, funktioniert ein USB4-Gerät deshalb immer an einem aktuellen Thunderbolt-Port; umgekehrt muss das nicht der Fall sein.

Grafikfähige USB4- und Thunderbolt-Buchsen findet man zwar auch an hochpreisigen Mainboards und immer mehr Monitoren, vor allem aber bei Mini-PCs wie Apples Mac mini oder den diversen NUC-artigen Barebones sowie bei Notebooks. Sofern ein USB4-Port die Grafikausgabe beherrscht, sollte er immer das ausgeben können, was die zuliefernde Grafikeinheit liefern kann. Da die USB4-Spezifikation zunächst DisplayPort 1.4a vorsah und bei USB4 2.0 auf DP 2.1 erhöht hat, gibt die jeweilige Generation das Limit

Technischer Vergleich: Protokolle an der USB-C-Buchse

Feature	USB 3.2	USB4 (v1)	USB4 v2.0	Thunderbolt 4	Thunderbolt 5
Protokoll-Datenrate min / max	5 Gbit/s (Gen1) / 20 Gbit/s (Gen2×2)	20 Gbit/s (Gen3×1)/ 0 Gbit/s (Gen3×2)	20 Gbit/s (Gen3×1)/ 80 Gbit/s ¹ (Gen4×2)	40 Gbit/s / 40 Gbit/s	80 Gbit/s / 120 Gbit/s ¹
USB-3.2-Datenrate min / max	5 Gbit/s (Gen1) / 20 Gbit/s (Gen2×2)	5 Gbit/s (Gen1) / 20 Gbit/s (Gen2×2)	5 Gbit/s (Gen1) / 20 Gbit/s (Gen2×2)	5 Gbit/s (Gen1)/ 10 Gbit/s (Gen2)	5 Gbit/s (Gen1)/ 10 Gbit/s (Gen2)
USB Power Delivery min / max	15 W / 100 W	15 W / 240 W (PD 3.1 EPR) ²	15 W / 240 W ²	15 W / 100 (140 ²) W	15 W / 140 (240) W
Topologie	Stern/Hub	Stern/Hub (MST optional)	Stern/Hub (MST optional)	Daisy-Chain + Hub	Daisy-Chain + Hub
Geräte in Kette (davon Displays bei 60 Hz)	— (1 × 4K) ³	— (2 × 5K) ³	— (2 × 5K oder 1 × 8K) ³	6 (2 × 4K oder 1 × 8K)	6 (2 × 6K)
PCIe min / max	—	— / PCIe 3.0 x4 (32 Gbit/s) ²	PCIe 4.0 x4 (64 Gbit/s) / PCIe 4.0 x8	PCIe 3.0 x4 (32 Gbit/s)	PCIe 4.0 x4 (64 Gbit/s)
max. Kabel-Länge (passiv)	1 m	0,8 m	0,8 m	2 m	1-2 m
— nicht vorhanden / nicht unterstützt ¹ im asymmetrischen Modus auch 120/40 Gbit/s möglich ² optional ³ erfordert je nach Konfiguration DP1.4 oder 2.1 sowie zwingend MST					

vor: bei USB4 de facto 5K-Auflösung, bei USB v2 8K, jeweils bei 60 Hertz. Die Thunderbolt-Spezifikation schreibt vor, dass TB 4 entweder ein 8K-Display oder zwei 4K-Monitore ansprechen kann, Thunderbolt 5 zwei 6K-Displays, ebenfalls jeweils bei 60 Hz. So zumindest die Theorie.

Beschränkungen

In der Praxis gibt es trotz der vermeintlichen Klarheit diverse Grauzonen. Ein gutes Beispiel sind die ersten beiden Generationen von Apples M-Prozessoren, die uns schon zum Erscheinen Kopfzerbrechen bereiteten [1]: Die Displaycontroller in den Basisversionen des M1- und des M2-SoCs (System-on-Chip) können nur zwei Displays ansteuern, wobei bei Mac-

Books das eingebaute bereits mitzählt. Maximal ist bei ihnen also ein weiteres Display möglich, weshalb Apple die USB4-fähigen USB-C-Buchsen nur gemäß Thunderbolt 3 zertifizieren lassen konnte statt wie bei allen anderen Mobilprozessoren üblich mit Thunderbolt 4. Der Mac mini steuert mit den gleichen SoCs je ein Display per HDMI und per Thunderbolt an. Immerhin darf das an der Thunderbolt-Buchse bis zu 6K-Auflösung zeigen.

Die Beschränkung auf ein (externes) Display ist wohl der Grund, warum Apple die USB-C-Buchsen bei MacBooks mit diesen SoCs stets nur eindeutig USB4 nennt, bei Thunderbolt aber vage bleibt und keine Generation angibt. Die Pro-, Max- und Ultra-Varianten der M1- und

Alte Kennzeichnung von USB-C-Buchsen

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

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



Anders als USB4-Kabel (links) sind Thunderbolt-Kabel stets als solche zu erkennen. Die Zahl neben dem Blitz verrät die Thunderbolt-Generation und damit den Funktionsumfang.

M2-Chips sowie auch alle Basisvarianten ab dem M3 können hingegen mehr als zwei Displays ansteuern.

Blümchenkette

Einer der größten Unterschiede zwischen den beiden Schnittstellen ist, wie man Peripherie daran anschließt. USB ist für eine Sterntopologie ausgelegt, in der alle Geräte direkt oder via Hub mit dem Host verbunden sind. Bei Thunderbolt bilden sie stattdessen eine Kette, in der ein Gerät in das vorige gesteckt wird – man spricht vom Daisy-Chaining. Daher haben Thunderbolt-Geräte in der Regel zwei Typ-C-Buchsen. Eine Zeit lang waren beispielsweise externe Grafikkarten für Notebooks in Thunderbolt-Gehäusen in Mode, in die man den Monitor steckte und dann dahinter beispielsweise eine schnelle SSD oder einen lokalen Speicher (DAS, Direct Attache

Storage). Zu den Ausnahmen, die nur einen TB-Port haben, zählen Thunderbolt-SSDs, die ohnehin ans Ende einer Kette gehören. Allerdings kam mit Thunderbolt 4 auch Hub-Support hinzu, der auf USB4 basiert.

Haben Monitore mehrere USB-C-Buchsen, können sie auch Daisy-Chaining beherrschen. Weil ein reiner USB4-Ausgang am Monitor nur DisplayPort-Signale und per USB-PD Strom liefert, aber weder PCIe-Signale tunneln noch USB-Daten ausgeben kann, ergibt sich eine sehr kurze Kette mit maximal zwei Monitoren. Will man also beispielsweise den USB-Hub des zweiten Monitors benutzen, muss man ihn separat direkt mit dem Rechner (oder dem USB-Hub des ersten Monitors) verbinden. Zudem muss der Grafikchip des Rechners ebenso wie das erste Display zwingend die DisplayPort-Technik MST (Multi-Stream Transport) beherrschen.

Thunderbolt-Ketten dürfen bis zu sechs Geräte umfassen, von denen bei Thunderbolt 4 zwei 4K-Displays mit 60 Hertz sein dürfen, bei Thunderbolt 5 zwei 6K-Monitore. Je mehr hochauflösende Displays in der Kette hängen, umso weniger Durchsatz bleibt allerdings für die weiteren Kettenglieder übrig.

Die verfügbare Bandbreite der Schnittstelle wird dynamisch zwischen Daten- und Displaysignalen aufgeteilt: Je mehr DisplayPort-Pakete fließen, desto weniger bleibt für Daten übrig. Bei Thunderbolt 4 sind das 40 Gbit/s je Richtung, bei Generation 5 das Doppelte. Allerdings beherrscht TB 5 noch einen weiteren Kniff, denn die vier 40-Gbit-Datenleitungen lassen sich auch asymmetrisch zusammenfassen, um mehrere hochauflösende Displays in einer Kette anzubinden. Dann stehen 120 Gbit/s in Richtung der Moni

tore zur Verfügung, 40 Gbit/s auf dem Rückkanal. Ähnliches beherrscht auch USB4 2.0, das wie Thunderbolt 5 bis zu 80 Gbit/s überträgt und die von Thunderbolt seit Version 4 bekannte Fähigkeit besitzt, PCIe-Verbindungen zu tunneln. Typisch USB sind beide im Standard als mögliche Optionen definiert, also nicht verpflichtend umzusetzen.

Strippenzieherinfo

In der Welt von USB-C kommt dem Kabel eine zentrale Bedeutung zu, denn es ist viel mehr als ein Bindeglied und bestimmt darüber, was zwischen den Geräten übertragen wird. Wer schon die Namen der USB-Generationen verwirrend findet, wird sich bei der Typisierung und Beschriftung ob der Flut der verschiedenen Kabelvarianten und Logos beim USB Implementers Forum (USB-IF) bedanken wollen. Immerhin zeigen die neuen Logos, die das USB-IF an den Buchsen empfiehlt, verständlicher, was der jeweilige Anschluss ausgibt. Verpflichtend sind die Piktogramme allerdings immer noch nicht.

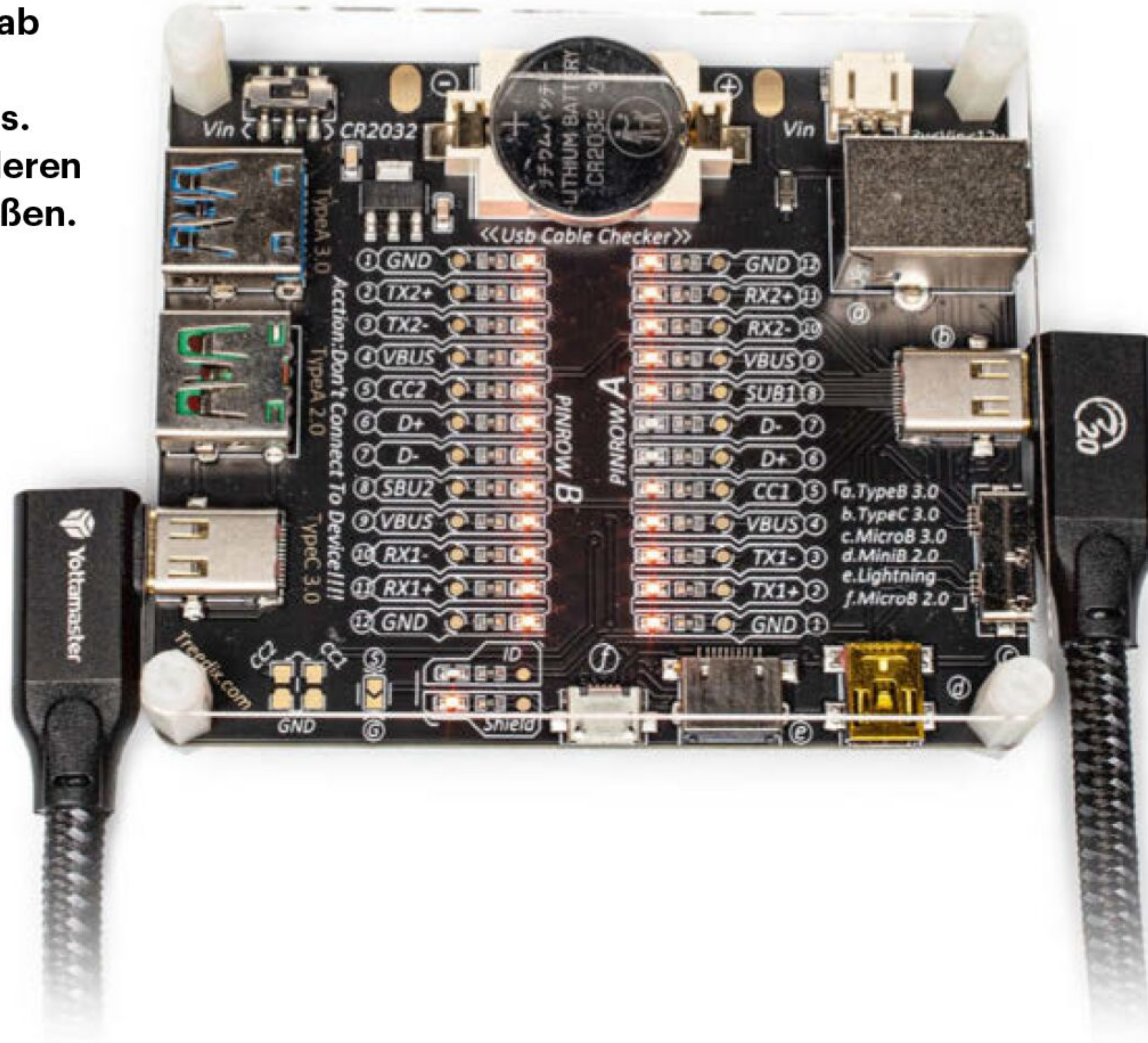
Zum billigsten Exemplar zu greifen, ist beim USB-C-Kabel keine gute Idee, denn erst qualitativ höherwertige Strippen sind für hohe Datenraten und Ladeleistungen geeignet. Für volles Tempo bei USB4 und Thunderbolt benötigt das Kabel beispielsweise vier verdrehte und geschirmte Adernpaare. Soll das Kabel mehr als die von der USB-C-Spezifikation vorgeschriebenen 60 Watt (20 Volt mal 3 Ampere) bereitstellen, muss im Stecker ein kleiner Chip (E-Marker) sitzen, der den angeschlossenen Geräten die maximal mögliche Leistung mitteilt. Mittlerweile sind nach Power Delivery 3.1 bis zu 240 Watt möglich (48 Volt mal 5 Ampere).

Kennzeichnung von USB-C-Kabeln ab USB4 und Thunderbolt 5

Das Industriegremium USB-IF empfiehlt einheitliche Logos zur Kennzeichnung von USB-C-Kabeln; leider fehlen sie oft.

Spezifikation		USB 3.2 Gen 1	USB4	USB4	USB4 2.0	Thunderbolt 5
maximale Transferrate		5 Gbit/s	20 Gbit/s	40 Gbit/s	80 Gbit/s	80 (120) Gbit/s
Power Delivery (PD)	Standard					nicht vorgesehen
	Extended (E-Marker)					

Einfache Platinen ab 15 Euro lesen die Kabelbelegung aus. So kann man auf deren Fähigkeiten schließen.



Bei Thunderbolt ist die Situation stets eindeutig. Zum einen ist der Funktionsumfang bei jeder Generation klar vorgegeben. Es gibt keine optionalen Bestandteile, nur verpflichtende. Dazu zählt unter anderem, dass die Kabel stets einen E-Marker tragen. Zum anderen müssen die Hersteller ihre Kabel nach strengen Kriterien validieren lassen. Erst dann dürfen Sie den Donnerkeil auf den Stecker packen, das Markenzeichen von Thunderbolt. Seit Thunderbolt 4 ist auch eine ergänzende Zahl verpflichtend, um auf Anhieb die unterstützte Generation und damit den Funktionsumfang zu erkennen. Wie bei den Buchsen gilt: Thunderbolt transportiert auch immer USB. Wer also ein Kabel sucht, das alle Fähigkeiten abdeckt, ist mit einem zertifizierten Thunderbolt-Kabel auf der sicheren Seite. Dafür kosten diese auch mehr.

Ist unklar, was ein Kabel kann, hilft eine Diagnoseplatine wie der USB-Kabeltester von Treedix weiter, die man ab etwa 15 Euro bekommt [2]. Sie testen, welche Datenleitungen vorhanden sind, können aber nicht die maximale Transferleistung ermitteln oder prüfen, ob ein E-Marker-Chip vorhanden ist, das Kabel also auch für 48 Volt und 5 Ampere taugt. Das schaffen erst teurere Geräte, die ihre Ergebnisse ausführlicher auf einem kleinen eingebauten LCD-Schirm ausgeben, anstatt nur die LEDs auf der Testerplatine zum Leuchten zu bringen. Solche Geräte gibt es ab etwa 50 Euro, sie lohnen sich deshalb nur,

wenn man häufiger Kabel durchmessen muss.

Fazit

USB-C am Monitor macht den Alltag in vielerlei Hinsicht leichter: Notebook und externes Display mit nur einem Kabel zu verbinden, ist bequemer und reduziert auch den Kabelsalat auf dem Schreibtisch. Hat der Monitor einen USB-Hub eingebaut, dockt man so auf einen Schlag auch Peripherie wie Drucker oder USB-LAN-Adapter an, die man nur im Büro braucht. Wer die Möglichkeiten der USB-C-Schnittstelle nutzen möchte, benötigt allerdings das passende, voll ausgebaute Kabel – irgendein beliebiges USB-C-Kabel hilft hier nicht weiter.

USB4 und Thunderbolt beschleunigen die Datenverbindung gegenüber der alten USB-3.x-Generation und ermöglichen hohe Auflösungen. Unter dem Strich bleibt USB4 die günstigere, breiter verfügbare Schnittstelle. Doch auch wenn USB4 2.0 technisch in allen Dingen mit Thunderbolt gleichzieht, ist nur bei Thunderbolt durch die eindeutige Spezifikation und die striktere Zertifizierung der Produkte immer klar, was ein Gerät kann.

(bkr@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Florian Müssig, USB 3.2 ist tot, es lebe USB 4, Das USB-Namenschaos geht weiter, c't 26/2020, S. 140
- [2] Rudolf Opitz, Anschlusskontrolle, c't 6/2024, S. 68

Das Magazin von Fotografen – für Fotografen



2 x c't Fotografie testen

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



35%
Rabatt



ct-foto.de/fotowissen

Jetzt scannen



ct-foto.de/fotowissen

0511 / 647 22 888

leserservice@heise.de



Notstrom für Notebooks

Zwei Powerbanks mit 140 Watt Ladeleistung für Notebooks im Test

Die Hochleistungs-Powerbanks Iniu Bi-B64 und Ugreen PB 205 laden auch Notebooks mit bis zu 140 Watt bei 28 Volt.

Von Rudolf Opitz

Powerbanks, die praktischen USB-Akkus, helfen unterwegs auch ohne Steckdose einem schlappen Smartphone-Akku wieder auf die Beine. Mit Schnellladeverfahren, allen voran der USB-Standard Power Delivery (PD), ist der Energietransfer schnell erledigt. Da sich seit Ende 2024 in der EU alle Smartphones über einen USB-C-Anschluss laden lassen müssen, gibt es keine Probleme mit Adapterkabeln, manche Powerbanks haben sogar ein kurzes USB-C-Kabel fest eingebaut [1]. Ab Ende April 2026 gilt die Ladepflicht via USB-C auch für Notebooks. Die sind aber meist höhere Versorgungsspannungen gewohnt und brauchen mindestens 20 Volt.

Unsere beiden Powerbanks im Test übertreffen diese Vorgabe: Die Iniu Bi-B64 mit einer Kapazität von 99,9 Wattstunden (Wh) und die Ugreen PB205 mit 90 Wattstunden liefern am jeweils ersten USB-C-Anschluss sogar 28 Volt, wenn das Notebook dies anfordert. Bei einem Maximalstrom von 5 Ampere übertragen damit beide Powerbanks stattliche 140 Watt an das zu ladende Gerät. Die merkwürdige Kapazitätsangabe des Iniu-Energiespeichers liegt an der Begrenzung vieler Fluggesellschaften, die Powerbanks nur bis zu 100 Wattstunden im Handgepäck erlauben. Im aufgegebenen Koffer sind sie völlig verboten.

Energieschub

Von den riesigen Zahlen in Milliamperestunden (mAh), die meist groß auf den Verpackungen prangen, sollte man sich nicht zu sehr beeindruckt lassen: 25.000 mAh sehen marketingtechnisch besser aus als 25 Ah. Als Kapazitätsangabe taugt der Wert ohnehin wenig, weil die gespeicherte Energiemenge außerdem von der Span-

nung abhängt. Korrekt ist die Angabe in Wattstunden (Wh), die klein auf den Powerbanks und im Datenblatt steht.

Um die gespeicherte Energie möglichst schnell zu transferieren, verwenden unsere beiden Kandidaten Schnellladeverfahren, hauptsächlich das vom USB Implementers Forum (USB-IF) standardisierte Power Delivery (PD). In Version 3.0 überträgt es bis zu 5 Ampere bei einer Spannung von 20 Volt, maximal also 100 Watt. Für Notebooks und andere energiehungrige Geräte wurde die PD-Version 3.1 um drei weitere Spannungsstufen 28, 36 und 48 Volt erweitert: die Extended Power Range (EPR). Beide Powerbanks im Test stellen am ersten USB-C-Port immerhin 28 Volt bereit. Das benötigen aber erst wenige Notebooks, die meisten sind mit 20 Volt zufrieden.

Der erste USB-C-Anschluss dient bei beiden Powerbanks auch als Ladeport. Zum Laden des eigenen Akkus fordert nur die Iniu B64 bis zu 28 Volt an, dann aber maximal 3,5 Ampere, also etwa 100 Watt. Sie lädt aber auch bei 20 Volt und 5 Ampere mit 100 Watt oder an einem 65-Watt-Netzteil mit 3,25 Ampere – dann eben nur etwas langsamer: Im Test waren es zwei Stunden. Die Powerbank von Ugreen gibt zwar bis zu 140 Watt aus, lädt selbst aber nur mit 65 Watt (20 V, 3,25 A). Für eine Vollladung brauchte die Ugreen PB202 1 Stunde 40 Minuten.

Beide Powerbanks im Test haben zwar je zwei USB-C-Ausgänge und einen USB-A-Port, doch schließt man ein zweites Gerät zum Laden an die Ugreen PB205, wird die Ladespannung des ersten auf 5 Volt zurückgesetzt. Schnellladen hat sich dann für beide Geräte erledigt. Die Iniu B64 hat immerhin für den 140-Watt-Ausgang einen eigenen Zweig, ein Notebook am C1-Ausgang und ein Smartphone an der USB-A-Buchse stören sich gegenseitig also nicht. Allerdings wird die Ladeleistung am C1-Ausgang dann auf 100 Watt begrenzt. Die USB-C2- und die USB-A-Buchse setzten sich im Test wie bei der Ugreen-Powerbank gegenseitig auf 5 Volt zurück. Bei älteren Smartphones ist das nicht so tragisch, da etwa Apple früher bei 5 Volt nur mit einem höheren Strom von 2,4 Ampere lud.

Abgesehen von PD gibt es verschiedene proprietäre Ladeverfahren, von denen Quick Charge des Chiplieferanten Qualcomm das verbreitetste ist. Auch Quick Charge erhöht nach Aushandlung zwischen Quelle und Senke die Ladespan-

nung, nutzt zur Kommunikation aber die USB-2-Datenleitungen und funktioniert auch an USB-A-Ports. PD kommuniziert über eine spezielle Leitung, dem Configuration Channel (CC), die es nur bei USB-C gibt. Daher funktioniert PD nicht am USB-A-Port und auch nicht über USB-C-auf A-Adapterkabel. Weitere Schnellladetechniken gibt es von Samsung und Huawei, die wie Quick Charge die USB-Spannung erhöhen, aber nicht mit diesem kompatibel sind. Der in China besonders stark wuchernde Wildwuchs an Ladeverfahren ist auch der China Academy of Information and Communications Technology (CAICT) aufgefallen, die mit der Universal Fast Charging Specification (UFCS) einen einheitlichen Standard geschaffen hat, der bis zu 100 Watt übertragen soll, aber anders als PD auch über USB-A funktioniert. UFCS wird man wohl nur bei neueren China-Smartphones finden, die Ugreen PB205 bietet ihn über ihren USB-A-Port an.

PD ist aber der wichtigste Ladestandard für Smartphones und Notebooks. Wir haben unsere beiden Powerbanks damit mehrfach ent- und wieder geladen, wobei

Beide Powerbanks haben je zwei USB-C-Ports und einen USB-A-Ausgang. Bei der Iniu B64 (unten) beeinflussen sich C1 und C2+A kaum. Schließt man an die Ugreen PB205 (oben) ein weiteres Gerät an, werden die anderen Ausgänge auf 5 Volt zurückgesetzt.



wir die Leistung in beiden Richtungen auf 60 Watt begrenzt haben, was etwa einem durchschnittlichen Notebook-Netzteil entspricht. Beide Kandidaten lieferten über 85 Prozent der aufgenommenen Energie auch wieder ab. Die Verluste betrugen bei der Iniu B64 nur gut 12 Prozent, die Ugreen PB205 lag mit knapp 14 Prozent nur knapp darüber. Für Lithium-Ionen-Boliden sind das gute Werte, kleinere Powerbanks unter 35 Wh oder 10 Ah haben meist einen schlechteren Wirkungsgrad. Beide Power-

banks lassen sich gleichzeitig laden und entladen (Pass-Through-Laden), womit sie theoretisch etwa an Mini-PCs den Job einer unterbrechungsfreien Stromversorgung übernehmen könnten.

Bei den Lade- und Entladetests fielen einige Unterschiede zwischen den beiden 140-Watt-Powerbanks auf: Die Ugreen PB205 verringerte bei 10 Prozent Restladung die Ladespannung auf 5 Volt, die Inui B64 behielt die vorgegebenen 20 Volt bis zum Schluss bei. Die PB205 zeigt die Restladung über eine zweistellige 7-Segment-Anzeige am Rand an, die B64 meldet zudem die gerade abgegebene Leistung und die bei dieser Last verbliebene Restlaufzeit in Stunden – sehr praktisch.

140-Watt-Powerbanks

Gerät	Bi-B64	PB205
Hersteller, URL	Iniu, iniu-shop.com	Ugreen, ugreen.com/en-de
Akku ¹	Li-Ion	Li-Ion
Kapazität ¹	27 Ah / 100 Wh	25 Ah / 90 Wh
Anschlüsse	2 × USB-C, 1 × USB-A	2 × USB-C, 1 × USB-A
Maße (L × B × H) / Gewicht	18,3 cm × 9 cm × 2,7 cm / 595 g	16,3 cm × 8,1 cm × 2,7 cm / 492 g
Lieferumfang	USB-C-Kabel (5 A), Tasche, Kurzanleitung	USB-C-Kabel (5 A), Tasche, Kurzanleitung
Power Delivery (Profile Quelle)	fixed: 5, 9, 12, 15 V (3 A), 20 V (5 A), EPR 28 V (5 A), PPS: 3,3–21 V (5 A)	fixed: 5, 9, 12, 15 V (3 A), 20 V (5 A), EPR 28 V (5 A), PPS: 5–21 V (5 A)
Power Delivery (Profile Senke)	fixed: 5, 9, 15 V (3 A), 20 V (5 A), EPR 28 V (3,5 A, max. 100 W)	fixed: 5, 9, 12, 15 V (3 A), 20 V (3,25 A, max. 65 W)
Powerbank-Ladezeit bei 60 W	2 h	1:40 h
Quick Charge	nur A1: QC2: 5, 9, 12 V; QC3: 3,7–12 V	C1: QC2: 5, 9, 12 V, QC3: 5–12 V; C2/A1: QC2: 5, 9, 12 V; QC3: 3,7–20 V
andere Schnelladeverfahren	Apple 5 V, 2,4 A, BC 1.2 DCP; nur A1: Samsung AFC (5, 9 V)	Apple 5 V, 2,4 A, BC 1.2 DCP; C1: SCP (Huawei) 5–10 V (2,2 A); C2/A1: Huawei: FCP: 5, 9, 12 V; Samsung: AFC 9, 12 V; nur A1: Huawei SCP 3,3–10 V (2,3 A); UFCS: 5,5–11 V (3 A)
Bemerkungen	Pass-Through-Laden	Pass-Through-Laden, Laden mit geringem Strom (Auffrischladung)
Messergebnisse und Bewertung		
Kapazität Laden	98,8 Wh	96,1 Wh
Kapazität Entladen	86,5 Wh	81,8 Wh
Verlust	12,2 %	13,7 %
Laden und Entladen gleichzeitig	✓	✓
USB-A-Abschaltstrom	< 14 mA	< 40 mA
Mobilität	○	○
Ausstattung	⊕	○
nutzbare Kapazität (Entladen)	⊕	⊕
Garantie	3 Jahre	2 Jahre
Preis	82 €	50 €
¹ Herstellerangabe C1,2: USB-C 1, C 2 A1: USB-A-Buchse ✓ vorhanden — nicht vorhanden ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht		

Fazit

Beide Powerbanks sind ihr Geld wert und haben genug Kapazität, um auch einen größeren Notebookakku einmal komplett zu füllen. Die Ugreen PB205 ist mit 50 Euro deutlich günstiger und etwas leichter als das Iniu-Modell. Doch lädt sie selbst mit 60 Watt langsamer auf, hat keine unabhängigen Ausgänge und stoppt das Laden von Notebooks, die 20 Volt benötigen, bei 10 Prozent Restladung. Die Inui Bi-B64 kostet zwar mehr und braucht in der Notebooktasche viel Platz, bietet aber eine bessere Ausstattung und sehr hohe Leistung sowohl beim Laden als auch beim Entladen. Beide Powerbanks halten aber ihr Versprechen, auch anspruchsvolle Notebooks schnell zu laden, wenn gewünscht mit 28 Volt und beeindruckenden 140 Watt. (rop@ct.de) ct

Literatur

[1] Rudolf Opitz, Launische Stromspeicher, Powerbanks mit Power Delivery für Smartphones und Notebooks, c't 21/2024, S. 98



Außenseiter

„Made in Germany“-Smartphone Gigaset GS6 Pro mit Wechselakku im Test

Das Gigaset GS6 wird in Deutschland montiert und ist trotz wechselbarem Akku wasserdicht. Die Kamera genügt gehobenen Ansprüchen allerdings nicht.

Von Steffen Herget

Wer ein Smartphone eines deutschen Herstellers sucht, verengt seine Auswahl maximal, wird jedoch immerhin bei Gigaset fündig. Das aktuelle Topmodell des Unternehmens ist das GS6, das ab 339 Euro zu haben ist.

Gigaset bietet das GS6 mit und ohne den Namenszusatz Pro an, man könnte also meinen, dass man mit dem teureren Modell auch das technisch bessere bekommt. Das stimmt aber nicht, denn das Pro hat bloß mehr internen Speicher: 256

statt 128 GByte. Ansonsten gleichen sich beide wie ein Ei dem anderen. Das Upgrade lässt sich Gigaset mit 110 Euro teuer bezahlen. Wer das nicht ausgeben will, kauft bei knapp werdendem Speicher einfach eine MicroSD-Karte und steckt sie in das GS6. Das spart Geld.

Das Label „Made in Germany“ verdient sich Gigaset damit, dass das Unternehmen die Geräte in seinem Werk in Bocholt zusammenbaut. Die allermeisten Bauteile stammen weiterhin aus Asien, da macht das GS6 keinen Unterschied zu allen anderen aktuellen Smartphones.

Gigaset hat das GS6 zweckmäßig designed. Kantiger Rahmen, Rückseite aus Kunststoff, flaches Display ohne gebogene Ränder, und das alles in Schwarz. Einziger kleiner Farbtupfer ist der orangene Einschaltknopf mit geriffelter Oberfläche. Mit gut einem Zentimeter Dicke ist das Smartphone ziemlich mopsig geraten, aber immerhin steht das Kameraelement dadurch nicht besonders weit aus der Rückseite hervor. Am linken Rand besitzt das GS6

eine programmierbare Zusattaste, die sich dreifach belegen lässt: Einzelklick, Doppelklick und Gedrückthalten lösen unterschiedliche, definierbare Aktionen aus oder starten Apps.

Das OLED-Display ist mit 6,7 Zoll (17 Zentimeter) in der Diagonale eher im größeren Spektrum angesiedelt. Wie bei den meisten aktuellen Smartphones braucht man zum Bedienen hin und wieder beide Hände. Der ins Display eingelassene optische Fingerabdrucksensor arbeitet schnell und erkannte den Finger im Test meist im ersten Versuch, dürfte aber ein wenig höher sitzen. Der Bildschirm erreichte im Test eine Helligkeit von gut 800 cd/m², dies reicht für die meisten Lebenslagen aus. Nur bei direkter Sonneneinstrahlung wäre es gut, wenn er heller strahlte. Das Panel unterstützt eine Bildwiederholfrequenz von bis zu 120 Hertz, die das Smartphone automatisch an den Inhalt anpasst. In den Einstellungen lässt es sich auf maximal 60, 90 oder 120 Hertz festnageln. Die Optionen halten zudem offen, den Farbkontrast für bessere Ablesbarkeit in drei Stufen zu erhöhen.

Nicht schnell, aber konstant

Der MediaTek-Prozessor Dimensity 7300 wurde schon im Mai 2024 vorgestellt, treibt aber noch immer viele Mittelklasse-smartphones an. Das tut er zwar nicht besonders schnell, aber verlässlich und ohne durch Abwärme bedingte Drosselung. In Benchmarks reißt das Gigaset-Smartphone keine Bäume aus, den Alltag meistert es jedoch in der Regel ohne Probleme. Hier und da leistet es sich kurze Ladepausen oder kleine Ruckler, damit lässt es sich leben. Schön wäre gewesen, wenn der Hersteller dem Pro-Modell auch etwas mehr RAM verpasst hätte, denn beide Modelle sind mit 8 GByte eher knapp ausgestattet. Das merkt man beim Wechsel zwischen Anwendungen: Parallellaufende Apps muss das GS6 schneller aus dem Speicher werfen als Telefone mit größerem Arbeitsspeicher.

Nun zu etwas Positivem: Der Akku ist nicht fest mit der Smartphoneelektronik verklebt, man kann ihn leicht auswechseln. Dazu zieht man die dünne Plastikabdeckung ab, zückt den Schraubendreher und löst fünf kleine Kreuzschrauben. Zwei Flachkabel, eines für den Akku und eines für die Qi-Ladespule, wollen noch abgezogen werden, dann ist der Akku frei. Noch listet Gigaset den Austauschakku nicht in seinem Shop, für andere Smart-

M365 sicher und effektiv administrieren

M365 für Administratoren – Sicheres & effizientes
Verwalten der Microsoft-Plattform

Lerne das Wichtigste zu Informationssicherheit,
Power Platform, Datensicherheit und Datenschutz.

**5 Tage
geballtes
Wissen**

 **Jetzt Tickets sichern** unter heise-academy.de



phones des Herstellers kosten sie zwischen 20 und 35 Euro.

Der 5300 mAh starke Akku verschafft dem GS6 Pro allenfalls mittelmäßige Laufzeiten – und das ist einigermaßen überraschend. Es macht in allen Tests zwischen vier und satten acht Stunden früher schlapp als das Nothing CMF Phone 2 Pro, das den gleichen Chip, aber sogar ein minimal größeres Display sowie einen um 300 mAh schwächeren Akku besitzt. Dass der Hersteller bei seinen Laufzeitangaben recht konservativ ist, hilft da auch nicht: Die angegebenen „bis zu 14 Stunden Videostreaming“ haben wir über WLAN nur um fast zwei Stunden überboten. Geladen wird mit USB Power Delivery 3.0 über Kabel mit maximal 30 Watt, drahtlos nimmt das GS6 bis zu 15 Watt auf.

Trotz Wechselakku wasserdicht

Mit dem Wechselakku bekommt man beim GS6 auch ein Gehäuse, das nicht wie bei den meisten Smartphones komplett verklebt ist. Die Plastikrückseite, die man auch zum Einlegen einer Speicherkarte abnehmen muss, hat eine umlaufende Gummilippe, die das Smartphone abdichten soll. Gigaset sichert nach IP68 Schutz vor Staub und Wasser zu. Das Smartphone soll also das Untertauchen in anderthalb Metern Tiefe für bis zu 30 Minuten überstehen. Ein kurzes Bad im Spülbecken machte dem GS6 im Test jedenfalls nichts aus. Gleichzeitig vereinfacht das Gigaset-Design Reparaturen im Vergleich zu verklebten Smartphones mit Glasrückseiten, zumindest theoretisch – Ersatzdisplays etwa bietet Gigaset derzeit nicht an.

Die Kamera des GS6 Pro konnte im Test nicht überzeugen. Mit der Hauptkamera bekamen wir immer wieder leicht verwackelte Fotos, die höchstens als Schnappschüsse taugten. Nimmt das Licht ab, wird es noch schlimmer: Der Nachtmodus frisst nahezu alle Details auf, eine gemaserte Holzoberfläche etwa verliert jegliche Struktur und wird zur eintönigen Fläche. Das Ultraweitwinkel mit 8-Megapixel-Sensor fängt zwar viel Inhalt ein, verwischt jedoch Konturen und liefert ebenfalls keine scharfen Bilder. Die dritte Kamera ist ein weitgehend nutzloses Makro mit einer Auflösung von mickrigen zwei Megapixel.

Gigaset installiert auf dem GS6 eine App namens „Offline Kommunikation“. Damit lassen sich Sprachnachrichten direkt zwischen Smartphones austauschen, selbst wenn sie weder über WLAN noch Mobil-

funk online sind. Klingt erst einmal praktisch, ist aber ein klassisches Beispiel für Over-Engineering, das Probleme lösen soll, die es gar nicht gibt. Erstens funktioniert die App nur unter GS6-Modellen. Zweitens nutzt die App Bluetooth zur Übertragung, man ist demnach auf den Nahbereich beschränkt, also: auf Rufweite.

Nur zwei Android-Upgrades

Insgesamt ist die Software auf dem Gigaset GS6 Pro sehr clean, der Hersteller erspart seinen Kunden Bloatware. Auch eigene Apps als Alternative zu den Angeboten von Google gibt es nicht – mit Ausnahme der „Offline Kommunikation“. Kein Wunder also, dass Gigaset nahezu die komplette Palette an Google-Apps mitliefert. Kurioses Detail: Gigaset installiert anstelle der aktuellen KI-App Gemini noch immer den Google Assistant. Startet man die App, wird man dazu aufgefordert, doch lieber Gemini auszuprobieren.

Käufer bekommen das GS6 mit Android 15. Aktuell ist diese Version nicht

mehr, im Juni 2025 hat Google bereits Android 16 auf den Markt gebracht. Gigaset verspricht zumindest Upgrades auf Android 16 und 17. Weitere neue Versionen des Betriebssystems sind für das GS6 derzeit nicht geplant. Sicherheitspatches will Gigaset immerhin sieben Jahre lang liefern.

Fazit

Die stärksten Kaufargumente für das Gigaset GS6 Pro sind sein wechselbarer Akku und die leichtere Reparierbarkeit. Dass das Smartphone trotz abnehmbarer Rückseite wasser- und staubdicht ist, ist ein weiterer Pluspunkt. Die Performance reicht aus und auch das Display gefällt. Das nicht mehr aktuelle Betriebssystem und nur noch zwei Updates ziehen unsere Einschätzung allerdings runter. Außerdem enttäuscht die Kamera. In dieser Preisklasse findet man Smartphones mit besserer Ausstattung, etwa in der Poco-Serie von Xiaomi, der Galaxy-A-Familie von Samsung oder bei Nothing.

(sht@ct.de) 

Gigaset GS6 Pro

Android-Smartphone	
Hersteller, URL	Gigaset
Betriebssystem / Security Level	Android 15 / Dezember 2025
Funktionsupdates / Sicherheitspatches laut Hersteller bis min.	Android 17 / November 2032
Ausstattung	
Prozessor / Kerne × Takt	MediaTek Dimensity 7300 / 4 × 2,5 GHz, 4 × 2 GHz
Grafik / KI-Einheit	ARM Mali-G615 MC2 / MediaTek NPU655
RAM / Flash-Speicher / Kartenslot	8 GByte / 256 GByte / ✓ (MicroSD)
SIM-Slots / eSIMs / LTE / 5G (mmWave) / SAR-Wert	1 × Nano-SIM / 1 × eSIM / ✓ / ✓ (–) / k.A.
WLAN / Bluetooth / UWB / Standortdienste	Wi-Fi 6E / 5.4 / – / GPS, Glonass, BeiDou, Galileo
NFC / Fingerabdruck / Face-Lock	✓ / ✓ (Display) / ✓
USB-Anschluss / Kopfhöreranschluss	USB-C 2.0, OTG / –
Akku / wechselbar / max. Ladestrom / drahtlos ladbar	5300 mAh / ✓ / 30 W / ✓ (15 W)
Maße / Gewicht / Schutzart	16,3 × 7,6 × 1,05 ... 1,32 cm / 230 g / IP68
Display	
Diagonale / Technik / Auflösung / Punktdichte	6,7 Zoll / OLED / 2800 × 1260 Pixel / 462 dpi
Helligkeitsregelbereich / Ausleuchtung / max. Bildrate	1,93 ... 1449 cd/m² / 95% / 30-120 Hz
Kameras	
Hauptkamera: Auflösung / Blende / OIS / Sensorgröße	64 MP / f/1,8 / – / k.A.
Ultraweitwinkel: Auflösung / Blende / OIS / Sensorgröße	8 MP / f/2,2 / – / k.A.
Frontkamera: Auflösung / Blende / OIS / Sensorgröße	32 MP / f/2,2 / ✓ / k.A.
Videoauflösung (Frame-Raten) Hauptkamera	VGA (30, 60 fps), HD (30, 60 fps), Full-HD (30, 60 fps), 4K (30 fps)
Videoauflösung (Frame-Raten) Frontkamera	VGA (30 fps), HD (30 fps), Full-HD (30 fps)
Benchmarks, Lauf- und Ladezeiten	
Ladezeit 50 % / 100 %	0:33 h / 1:29 h
Laufzeiten¹ lokales Video 4K / Stream WLAN / Stream 5G / 3D-Spiel	11:05 h / 15:46 h / 10:40 h / 14:02 h
Geekbench V5 Single, Multi / V6 Single, Multi	769, 2755 / 1013, 2934
3DMark Wild Life / Wild Life Extreme / Steel Nomad Light	3166 / 856 / 351
Bewertungen	
Performance / Akku	○ / ○
Display / Kamera	⊕ / ⊖
Software / Ausstattung	⊕ / ○
Preis UVP	339 € (128 Gbyte), 449 € (256 Gbyte)
¹ gemessen bei 200 cd/m² ✓ vorhanden – nicht vorhanden ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht	



Schneller Leser

Der RW540 von Lexar liest und beschreibt Speicherkarten im noch jungen Format MicroSD Express.

MicroSD-Karten mit dem schnellen Express-Interface sind selten und teuer: Für eine Speicherkarte mit 512 GByte muss man mindestens 100 Euro auf den Tisch legen. Notwendig sind sie bislang lediglich als Spielspeicher für die Switch 2. Wer sie am PC betreiben möchte, braucht dazu einen Kartenleser nach Express-Standard und einen schnellen USB(-C)-Anschluss.

Im Test der Express-Speicherkarten (siehe c't 4/2026, S. 64) hatten wir einen Sandisk-Reader benutzt, nun hat auch Lexar einen im Programm. Der RW540 hat nur einen einzigen Slot für MicroSD-Karten, das schwarze Plastikgehäuse eine rutschfeste Unterseite. Das USB-C-Kabel ist 30 Zentimeter lang, für A-Buchsen liegt ein Adapter bei.

Im Test mit verschiedenen Speicherkarten erreichten wir ähnliche Werte wie mit dem Sandisk-Reader, beim Lesen kamen wir auf bis zu 890 MByte/s. Der Reader beherrscht auch den DDR208-Übertragungsmodus; mit einer Teamgroup-Karte haben wir im Test 160 MByte/s gemessen.

Leider steckt im Lexar-Reader ein Lüfter zur Wärmeabfuhr. Dieser rauscht mit 1,6 sone los, sobald die Firmware einen Zugriff auf die Speicherkarte feststellt – auch wenn der Zugriff nur wenige Sekunden dauert.

Erst wenn der Preis des Lexar RW540 deutlich unter den des geräuschlosen Sandisk sinkt, wird er zu einer Alternative dazu. (ll@ct.de)

Lexar RW540

Kartenleser für MicroSD-Express-Karten	
Hersteller, URL	Lexar, lexar.com
Systemanf.	USB-Anschluss
Maße & Gewicht	72 × mm 41 mm × 11 mm, 68 g
Preis	90 €

Make:

BEREIT, AUS IDEEN PROJEKTE ZU MACHEN?



**Dann bist du bei uns
genau richtig!**

**Für nur
19,90 €
statt 29 €**

**Jetzt bestellen:
make-magazin.de/miniabo**

Make im Abo lesen und sparen:

- ✓ 2 Ausgaben als **Heft** und
- ✓ **Digital** im Browser, als PDF und in der App
- ✓ Zugriff auf das **Online-Artikel-Archiv**
- ✓ **Inkl. Geschenk** z. B. Make: Tasse



leserservice@make-magazin.de



0511/592 99 077

Hofwächter

Ring Floodlight Cam Pro im Test



LED-Strahler mit Bewegungsmelder leuchten hierzulande manch einen Garagenhof aus. Ersetzt man sie durch ein Kamerasystem mit Flutlicht, bekommt man noch ein wenig mehr Sicherheit.

Von Sven Hansen

Die Überwachungskamera Floodlight Cam Pro der Amazon-Tochter Ring kombiniert zwei Funktionen in einem Gerät. Zwei justierbare LED-Strahler mit 2000 Lumen leuchten die Umgebung großzügig aus, die Kamera mit 4K-Auflösung dient als Bewegungsmelder für die Beleuchtung, zeichnet Video in ihrem Sichtfeld von horizontal 140° auf und sendet es in die Ring-Cloud.

Das System benötigt einen 230-Volt-Anschluss und eine stabile WLAN-Verbindung. Die hoch aufgelösten Videos mit 3840 × 2160 Pixel benötigen eine sichere Bandbreite von rund 20 Mbit/s. Die Cam Pro funkt sowohl im 2,4- als auch im 5-GHz-Band. Sie bietet sich somit als Update für einen LED-Strahler mit Bewegungsmelder an. Sie ist für 280 Euro in den Farben Weiß und Schwarz zu haben. Ebenfalls mit an Bord ist eine 85 dB(A) laute Sirene. Sie lässt sich allerdings nur ma-

nuell aktivieren. Man muss den Eindringling also schon live in der App erwischen, um Rabatz machen zu können. Das integrierte Mikrofon und ein kleiner Lautsprecher sorgen dafür, dass man sich mit ihm sogar unterhalten könnte.

Installation

Ohne die Ring-App läuft im Ring-Universum nichts. Ein aktives Konto ist Voraussetzung für die Einrichtung der Floodlight Kamera. Immerhin ist die für iOS und Android erhältliche App gut gemacht und hilft Schritt für Schritt bei Installation und Einrichtung. Das umfasst auch die Installation der Hardware, die bei dieser Produktkategorie durchaus anspruchsvoll ist. Wer nicht mit der 1,2 Kilogramm schweren Einheit auf der Leiter jonglieren mag, sollte einen Fachmann mit der Installation betrauen.

Die solide Montageplatte wird mit zwei Schrauben an der Wand befestigt. Eine integrierte Wasserwaage sorgt für die perfekte Ausrichtung, auch wenn man LED-Strahler und Kamera später dank ihrer Kugelgelenke in alle Richtungen kippen und neigen kann. Der 230-Volt-Anschluss ist nicht ganz so durchdacht. Es ist nur eine schnöde Lüsterklemme mit Schlitzschrauben verbaut, sodass man früher oder später mit dem Schraubendreher und hängender Kamera auf der Leiter steht. Immerhin sorgt eine Aufhängevorrichtung dafür, dass die Kamera bei der Installation nicht an den Elektrokabeln zerzt.

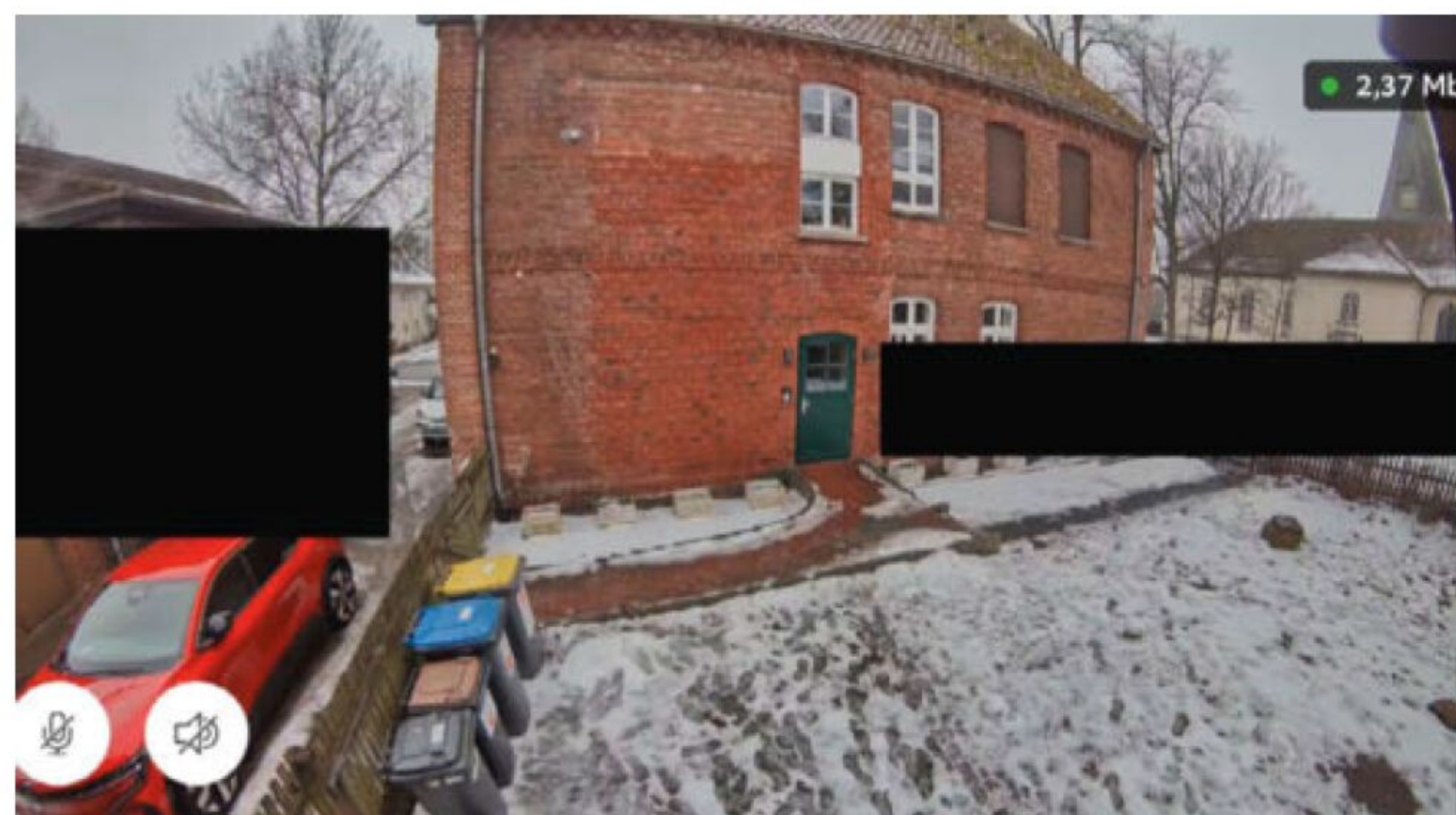
Sitzt die Grundplatte, wird das Gehäuse aufgesetzt und mit zwei fummeligen Muttern verschraubt. Aber keine Sorge: Wenn sie einem aus der Hand fallen, liegen in der Packung noch zwei Ersatzexemplare parat. Die fertige Installation ist nach IP65 geschützt und trotz Wind und Wetter.

Anmeldung

Ist alles montiert und die Installation wieder unter Strom gesetzt, zeigt die Kamera durch ein Aufleuchten den Boot-Vorgang an. Die Einrichtung in der App ist schnell erledigt. Über einen QR-Code erkennt sie das Produkt, das man im nächsten Schritt im WLAN anmeldet und mit dem Kundenkonto verknüpft. Dieser Schritt dient auch dem Diebstahlschutz. Einmal angemeldete Ring-Produkte lassen sich keinem anderen Account mehr zuordnen. War dann doch mal ein Dieb zu doof, kann man das Produkt per App als gestohlen melden. Falls der neue Besitzer den Support kontaktiert, wird er dort entsprechend empfangen.

An erhöhter Position angebracht, deckt die Kamera mit ihrem Weitwinkelobjektiv einen sehr breiten Bereich ab. Das ist gut für solch einen Hofwächter, man hat aber auch schnell die Fenster des Nachbarn oder öffentliche Wege im Blick. Beides darf man aus Gründen des Datenschutzes nicht überwachen. In den Privatsphäre-Einstellungen lassen sich Videobereiche gezielt auf Chipebene ausblenden, damit man die Kamera rechtskonform betreiben kann. Leider sind es bei der Floodlight Cam Pro nur zwei quadratische Zonen. Man kann diese zwar in der Größe verändern, aber nur schlecht an die tatsächlich oft komplexeren Gegebenheiten anpassen. Das ist bedauerlich, denn insgesamt mangelt es nicht an Einstellungsmöglichkeiten.

So lassen sich sowohl die Bewegungserkennung wie auch die Benachrichtigungsfunktionen äußerst granular justieren. Das ist wichtig, um nervige Fehlalarme oder ein ständiges An- und Ausschalten der Beleuchtung zu unterbinden. Die



Nur zwei mehr schlecht als recht justierbare Privatzonen sind nicht genug, um Nachbarn und öffentliche Bereiche präzise abzudecken.

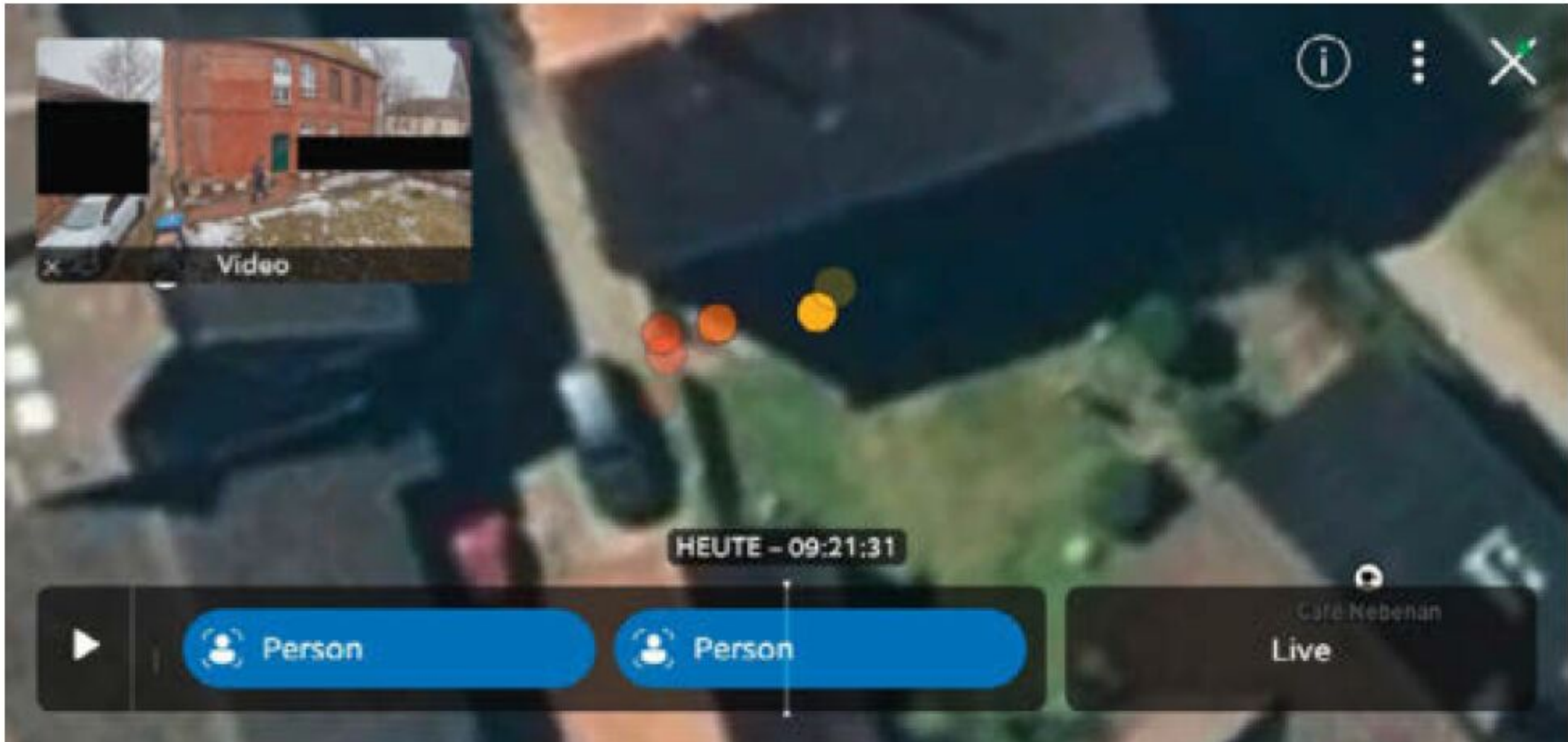
Kamera ist dabei deutlich empfindlicher als ein gewöhnlicher Bewegungsmelder und kann etwa zwischen Personen, Tieren und Fahrzeugen unterscheiden. Es lohnt sich in jedem Fall, sich ein wenig mehr Zeit für die Ersteinrichtung zu nehmen.

Das Gerät ist mit einem Radarsensor ausgestattet, der Bewegungen im Umkreis von etwa zehn Metern auch bei absoluter Dunkelheit erfassen kann. Er wird erst aktiv, wenn man die Funktion „Vogelperspektive“ in der App konfiguriert hat. Ein Einrichtungsassistent hilft dabei, Kamera-bild und Radarsensor in Deckung zu bringen. Danach werden zu den Videoaufzeichnungen auch Radarinformationen in Vogelperspektive eingeblendet. Man kann verfolgen, wie sich Mensch oder Tier auf dem Gelände bewegt haben.

Anfänger-KI

Beleuchtung und Live-Ansicht per App funktionieren auch ohne Ring-Abo, für die Speicherung in der Cloud und erweiterte Funktionen muss man zahlen. Das Basic-Abo kostet 4 Euro monatlich beziehungsweise 40 Euro jährlich für ein einzelnes Gerät, dessen Video-Log man für ein halbes Jahr abrufen kann. Mit dem Standard-Paket für 10 Euro monatlich (100 Euro jährlich) verknüpft man alle Ring-Produkte eines Haushalts mit der Cloud, speichert Videoereignisse zeitlich unbegrenzt und bekommt eine Live-Videoübersicht auf der Webseite. Für 20 Euro monatlich

Der Radarsensor ermöglicht es, die Vogelperspektive einzunehmen. Dabei werden Bewegungspfade von Personen oder Tieren durch eine Abfolge von Punkten angezeigt.



oder 200 Euro jährlich ergänzt Ring-Premium das Paket um Daueraufzeichnung sämtlicher Kameras rund um die Uhr. KI soll bei der Auswertung dieser Videoflut helfen, im Test funktionierte das nicht wirklich gut. Natürlichsprachliche Suchanfragen nach dem Muster „war da in letzter Zeit ein grünes Auto in der Einfahrt?“ lieferten nur Nieten.

Fazit

Der Sprung von Doof-Licht zum Hoflicht mit Objekterkennung ist gewaltig, der Preis von 280 Euro ist es ebenso. Die Einrichtungsmöglichkeiten des Systems sind vielfältig, Fehlalarme selten, doch ausgerechnet beim Schutz der Privatsphäre hapert es. Nur zwei wenig konfigurierbare Privatzonen sind für ein solches Produkt einfach zu wenig. Der Schutz benachbarter Anlieger oder Passanten ist beim jetzigen Stand der Firmware nur halbherzig implementiert.

Wenn die WLAN-Abdeckung nicht optimal ist, sollte man zu günstigeren Varianten der Serie greifen. Die Floodlight Cam Pro regelt bei schwachem Netz die Videoqualität deutlich herunter – da kann man gleich zum Vormodell mit 2K-Auflösung oder zur noch günstigeren Cam Plus greifen. Ob man sich mit einer Abo-Cam in der US-Cloud generell anfreunden kann, muss jeder für sich entscheiden.

(sha@ct.de) ct

Ring Floodlight Cam Pro

Smarte Überwachungskamera mit Flutlicht	
Hersteller, URL	Ring, ring.com
Schnittstelle	Wi-Fi 6 (2,4 / 5 GHz)
Smart-Home-Integration	Alexa, IFTTT
Maße / Gewicht	22,3 cm × 32,7 cm × 19,8 cm / 1,2 kg
Leistungsaufnahme	2,4 Watt
Garantie	12 Monate
Preis	280 €

Jira verstehen und nutzen

15. April



Jetzt informieren:

heise-academy.de/webinare/jira-verstehen-und-nutzen



Bild: hanahal / stock.adobe.com / Bearbeitung: heise medien

Kleiner Hausverwalter

Smart-Home-Steuerzentrale Homey Pro Mini auf dem Prüfstand

Licht, Heizung, Lautsprecher, Haushaltsgeräte – alles smart, alles vernetzt. Doch sobald unterschiedliche Hersteller und Funkstandards ins Spiel kommen, wird daraus eine technische Herausforderung. Mit dem Homey Pro Mini verspricht Athom eine lokale, unkomplizierte Schaltzentrale. So ganz klappt das aber nicht.

Von Daniel Ziegner

Das Smart Home soll Dinge vereinfachen, endet aber schnell selbst im Chaos – vor allem, wenn Geräte verschiedener Hersteller miteinander kommunizieren

sollen, diese aber nur mehr oder weniger kompatible Protokolle und Standards einsetzen. Abhilfe schafft eine Steuerzentrale – idealerweise lokal im Zuhause.

Die populärste Lösung ist aktuell „Home Assistant“ [1], das schier unbegrenzte Möglichkeiten bietet. Die niederländische Firma Athom verspricht Nutzern eine Alternative: Homey Pro Mini ist eine lokale Smart-Home-Zentrale, die einfach zu bedienen ist – und das für 249 Euro.

Äußerlich erinnert das Gerät an das Apple TV 4K. Im Inneren steckt ein Quad-Core-ARM-Chip mit 1,5 GHz sowie ein Gigabyte RAM. Das Gerät verbindet Geräte über Matter 1.3, Zigbee 3.0 und WLAN und fungiert auch als Thread Border Router. Im Vergleich zum großen Bruder Homey Pro fehlen RF433, Bluetooth, Infrarot und Z-Wave. Die fehlende Konnektivität lässt sich aber über die separate Homey Bridge für 69

Euro ergänzen. Beim Homey Pro für 399 Euro sind die schon ab Werk dabei.

Homey in Betrieb nehmen

Zum Start versorgt man den Homey Pro Mini per mitgeliefertem USB-C-Netzteil mit Strom und bringt ihn mit einem LAN-Kabel zum Router ins Heimnetzwerk. Zum Einrichten braucht man eine App von Homey für Android oder iOS, ein kostenloses Benutzerkonto bei Homey ist dafür erforderlich. Im Test stockte die Installation zunächst beim initialen Update auf die aktuelle Firmware mit einer nichtsagenden Fehlermeldung, lief nach einem Neustart dann aber reibungslos durch.

Nutzer steuern das neue Smart Home über die zur Einrichtung verwendete App, wahlweise über WLAN oder aus der Ferne über das Homey-Benutzerkonto. Eine Konfiguration am Router ist nicht notwen-

dig, es muss also beispielsweise kein Port freigegeben werden. Ohne App kommt man alternativ auch aus dem eigenen WLAN über einen Browser auf das Gerät.

Geräte verbinden

Athom führt auf seiner Website eine Liste kompatibler Komponenten. Matter-Geräte lassen sich direkt verbinden, wofür man in der Smartphone-App entweder den Pairing-Code des Gerätes eingibt oder den aufgedruckten Matter-QR-Code scannt. Das funktionierte im Test nicht immer reibungslos; wiederholt scheiterte die Einrichtung mit einem unbefriedigenden „Pairing Failed“ – etwa bei einem Leuchstreifen von Nanoleaf. Die Lösung führte hier über Nanoleafs eigene Smartphone-App, die erst ein Firmware-Update dafür einspielen musste. Bei anderen Matter-Geräten funktioniert der Prozess problemlos.

Auch Zigbee-Geräte gaben sich im Test störrisch. Nicht jedes Gerät mit diesem Protokoll ist mit dem Homey Pro Mini kompatibel. Heizungsthermostate von Rollei erkannte die Homey-App zwar, die Einrichtung scheitert aber daran, wie Rollei das Protokoll implementiert. Hier wäre ein separates Plug-in für den Homey nötig, das es aber weder vom Hardwarehersteller selbst noch aus der Community gibt. Diese Erweiterungen externer Entwickler nennt Homey „Apps“. Installiert werden sie über den Browser in Homeys App Store.

Letztlich konnten wir im Test die meisten Geräte verschiedener Hersteller erfolgreich verbinden. Dabei nutzten wir erschwingliche Steckdosen von Hama und Meross, Leuchtmittel von Osram und Nanoleaf und Thermostate von Aquara. Auch der Status einer Samsung-Spülmaschine mit WLAN-Anbindung tauchte mit Unterstützung der zugehörigen Smart-Things-App in Homey auf.

Wer in seinem Smart Home bereits Apples HomeKit nutzt, kann die Kontrolle über die verbundenen Komponenten an Homey übertragen. Das erspart doppelte Verbindungen. Andersherum funktioniert es ähnlich: In Homey eingebundene Matter-Geräte tauchen in Apple Home auf. Für Alexa und Google Home dient Homey ebenfalls als Brücke.

Apps installieren

Bei einigen Zigbee-Geräten benötigt man eine spezielle App innerhalb von Homey, um alle Funktionen nutzen zu können. Diese stammen von Athom (unter anderem Apps für Sonos und Spotify Connect,

Ikeas Tradfri-System oder Philips Hue), Entwicklern aus der Homey-Community oder sogar den jeweiligen Smart-Home-Anbietern selbst. Apps von Letzteren gibt es unter anderem von Aquara, Shelly, den Türschlossanbietern Tedee und Yale sowie den Stromanbietern Ostrom und Tibber.

Besonders bei Community-Apps ist der Funktionsumfang vielfach eingeschränkt. Über die App von Homey lässt sich beispielsweise bei Apples HomePods nur die Wiedergabe starten und pausieren, aber keine bestimmte Playlist abspielen.

Und selbst die offizielle Homey-App liefert nicht immer alle Funktionen, die die Smart-Home-App für die jeweilige Hardware bereitstellt. Über die Homey-App bekommt man zum Beispiel bei fernsteuerbaren Meross-Steckdosen über Homey keinen Zugriff auf die Strombedarfsmessung. Beim LED-Leuchstreifen von Nanoleaf wiederum kann man über Homey nur statisch Farben und die Helligkeit steuern, aber keine wechselnden Farbmuster. Will man auch das, muss man weiterhin Nanoleafs eigene App auf dem Smartphone nutzen.

Automatisierung mit Flows, Moods und Zonen

Homey unterteilt das Zuhause in Zonen, denen sich Geräte zuordnen und die sich später für Automatisierungen nutzen lassen. Typischerweise bildet jede Zone einen Raum ab. Verschachtelte Zonen sorgen für mehr Übersicht, indem sie etwa Räume einer Etage zuordnen. Innerhalb einer Zone lassen sich wiederum Geräte gruppieren, um beispielsweise alle Lampen im Wohnzimmer gleichzeitig anzusteuern. Geräte, Gruppen oder Zone können aber jeweils immer nur Teil übergeordneter Zonen sein.

Richtig spannend wird eine Smart-Home-Zentrale erst, wenn man alle Geräte miteinander verzahnt. In Homey passiert das über „Moods“ und „Flows“. Letztere sind Automatisierungen aus einfachen Wenn-Dann-Regeln. Moods beschreibt wiederum Szenen, bei denen man verschiedene Konfigurationen gebündelt abrufen. So lassen sich etwa alle Lampen im Wohnzimmer auf 50 Prozent Helligkeit in der gewünschten LED-Farbe dimmen. Ruft man aus Flows solche Moods ab, macht dies die Automatisierung perfekt.

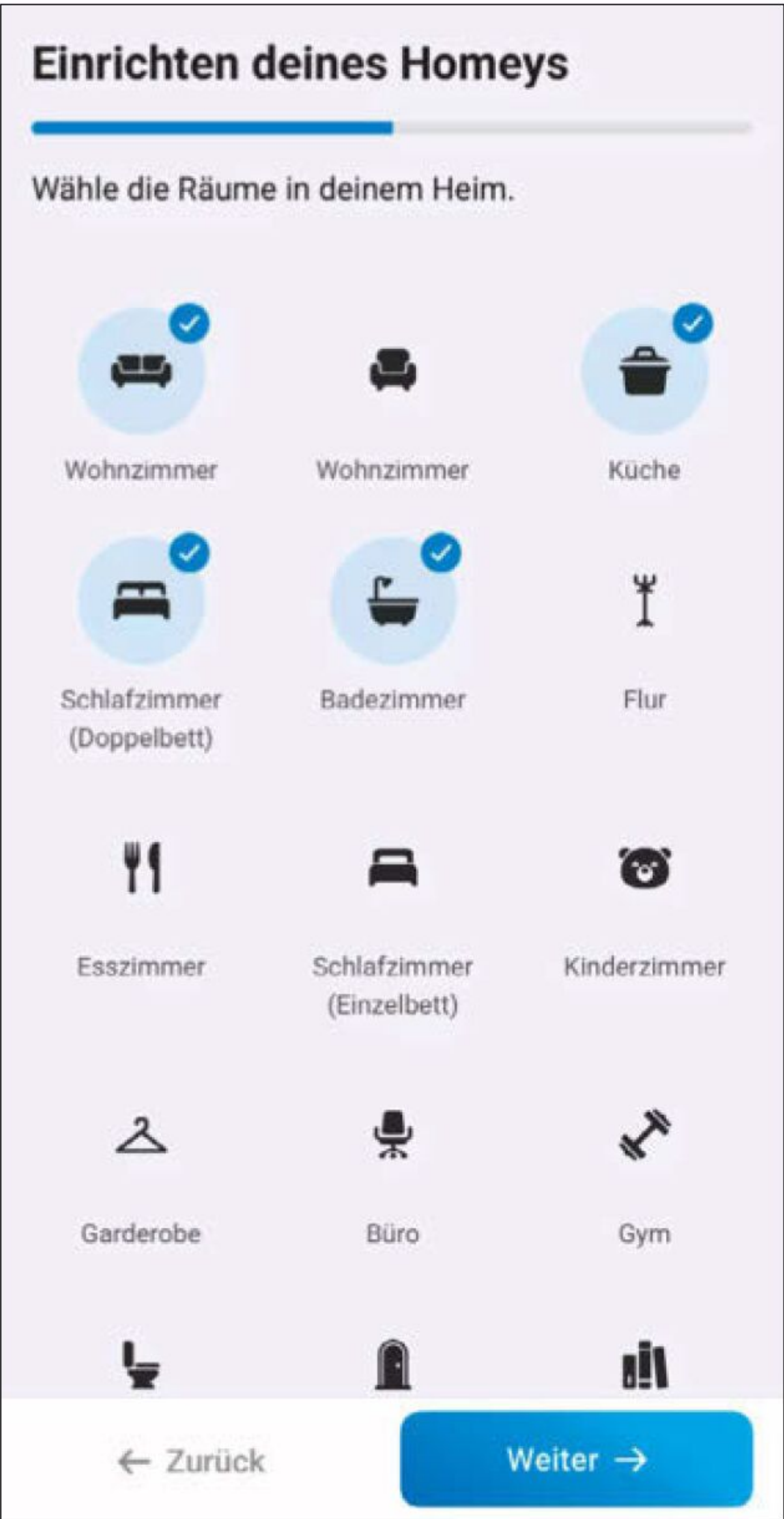
Einfache Flows lassen sich mit wenigen Schritten in der Smartphone-App oder im Browser anlegen. Die Auswahl an möglichen Ereignissen ist groß: Uhrzeiten an bestimmten Wochentagen, An- oder Ab-

wesenheit eines Benutzers im Haushalt (den die Homey-App über seine Standortdaten erkennt) oder der Start eines bestimmten smarten Gerätes. Viele Ausführungen lassen sich zeitlich verzögern, etwa um erst fünf Minuten nach dem Verlassen des Hauses alle Lampen auszuschalten.

Über das Feld „Und“ kann man beliebig viele weitere Bedingungen ergänzen – wenn etwa die Heizung nur dann anspringen soll, wenn Nutzer zu Hause sind, es sich um einen Werktag handelt und die beim Wetterdienst online abgerufene Außentemperatur unter 20 Grad liegt. Noch eine Stufe weiter geht es mit frei anlegbaren Variablen, die einen Text-, Zahlen- oder Ja/Nein-Wert haben können. Sie steuern etwa die Reihenfolge der Aktionen über Verzögerungen.

Advanced Flows

Wirklich nützlich sind diese Variablen in Kombination mit „Advanced Flows“. Hier verknüpft man per Drag & Drop die gewünschten Bedingungen und ergänzt die Logik um ein „Sonst“. Zudem stehen mehr Ein- und Ausgangsoptionen zur Verfügung: Variablen lesen oder schreiben in ihnen



Um die Einrichtung zu erleichtern, bietet Homey bereits eine Auswahl typischer Räume als Zonen an.

beispielsweise JSON-Text, senden HTTP-Requests oder reagieren auf eingehende Webhooks. Es gibt sogar Optionen für eine prozentuale Wahrscheinlichkeit, die ein Zufallselement in die Flows bringt.

Da sich Flows nicht nur über festgelegte Ereignisse, sondern auch über Widgets in der Homey-App oder auf Ihrem Smartphone-Startbildschirm direkt starten lassen, können Sie so Spielereien programmieren, die über klassische Smart-Home-Automatisierungen hinausgehen. Advanced Flows lassen sich allerdings nur über die Weboberfläche des Homey Pro Mini erstellen und bearbeiten. Die mobile App zeigt sie lediglich an.

Wer noch tiefer einsteigen möchte und JavaScript-Kenntnisse mitbringt, installiert über den Homey-App-Store die Erweiterung für Homey Script. Damit lösen Sie sich ganz von den Einschränkungen der grafischen Flow-Erstellung. Über Homey Script kann man außerdem Web-APIs abrufen und eigene Anwendungen für Aufgaben entwickeln, für die es im App Store noch keine geeignete Lösung gibt.

Benutzer einladen, Dashboards erstellen

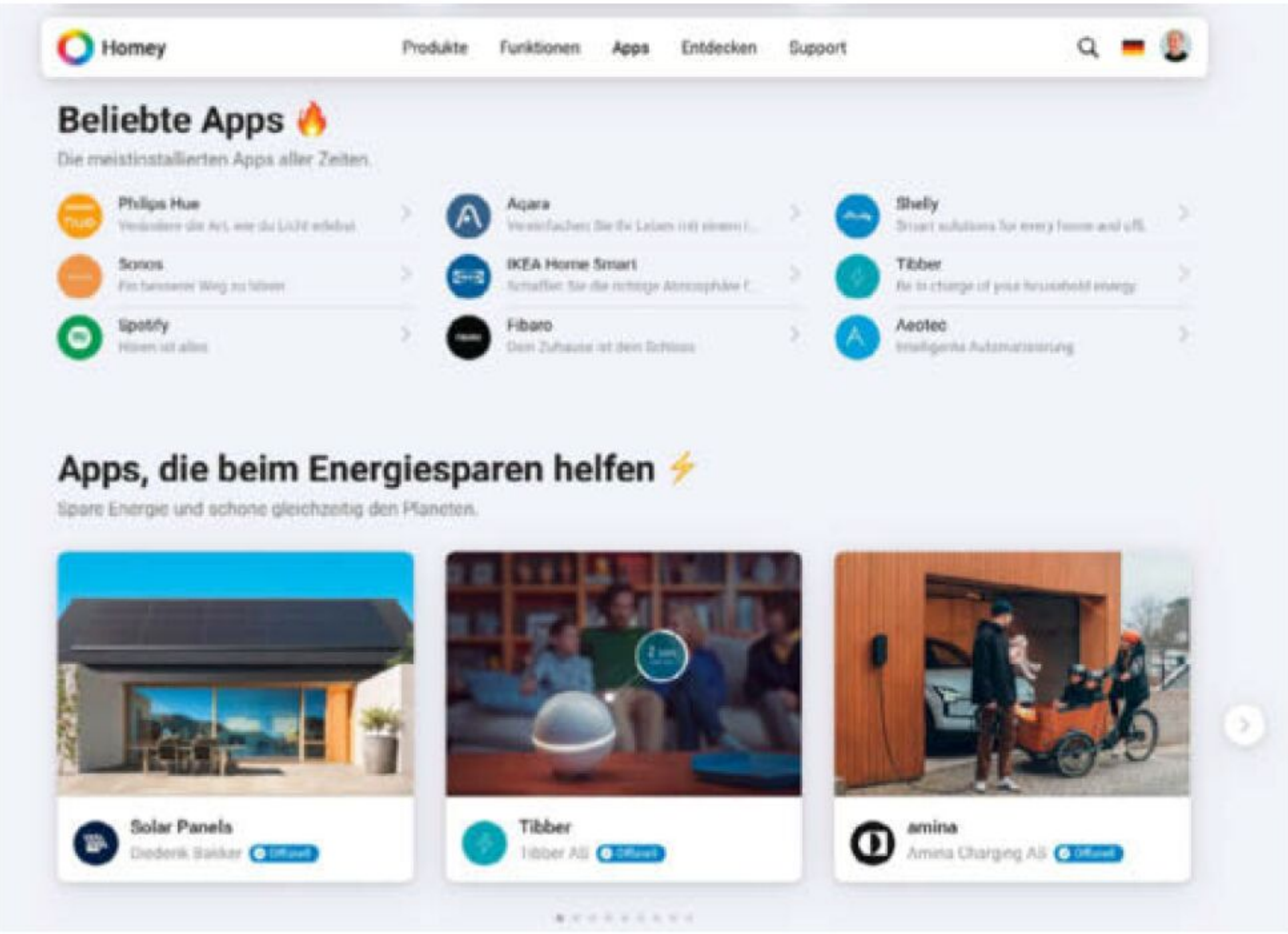
Admins können Mitbenutzer und Gäste einladen, die allerdings jeweils ein eigenes Benutzerkonto bei Homey benötigen. Das kann auch mit mehreren Homey-Geräten verbunden sein, etwa zu Hause und im Büro.

Homey erfasst nicht nur, ob Nutzer an- oder abwesend sind, sondern auch, ob sie gerade schlafen. Üblicherweise legt man dies für das eigene oder fremde Konten manuell über die Homey-App auf dem Smartphone fest. Alternativ kann das Handy die An- und Abwesenheiten seines Nutzers aber auch über die Standortfreigabe seines Smartphones erfassen. Den Schlafstatus zu automatisieren, ist etwas komplizierter, über Schlafracker aber auch möglich.

Über den Schlaf- und Anwesenheitsstatus lassen sich Flows kleinteilig steuern. Das Nachtlicht im Flur schaltet sich etwa nicht ein, wenn Ihr Kind bei Oma übernachtet und das Arbeitszimmer heizt nur, wenn die im Homeoffice arbeitende Person auch daheim ist.

Dashboards und Kiosk-Modus

Wie beim Home Assistant kann man in Homey Dashboards erstellen; allerdings kann man sich die nur in der mobilen App aufrufen. Auf dem Display behält man über frei wählbare Widgets etwa alle Ge-



Die Software von Homey lässt sich mit Erweiterungen („Apps“) von Athom, Smart-Home-Anbietern und Entwicklern aus der Community ausbauen.

räte einer Kategorie im Blick und im Zugriff. Sowohl in den Möglichkeiten für Dashboards selbst als auch der damit nutzbaren Hardware bleibt Homey bislang jedoch weit hinter denen von Home Assistant zurück.

Hinzu kommt, dass Homey die Dashboards in den Einstellungen versteckt. So richtig nützlich sind sie nur im sogenannten Kiosk-Modus, der alle anderen Einstellungen der Homey-App hinter dem Passwort des Benutzerkontos sperrt. Vorteil: Das erlaubt Anwesenden bestimmte Geräte zu steuern, etwa mithilfe eines an der Wand platzierten Tablets, ohne Gefahr zu laufen, dass der die Konfiguration zerstört. Da Homey Dashboards und den Kiosk-Modus nicht im Browser anbietet, muss so ein Tablet mindestens mit Android 7.0 oder iOS bzw. iPadOS 15.1 laufen. Alte Windows-Tablets oder E-Book-Reader sind damit raus.

Fazit

Wer ein Smart Home aufbauen will, steht schnell an einem Scheideweg: Gibt man sich mit den Limitierungen einfacher Steuersysteme wie Apples HomeKit zufrieden oder setzt man seinen eigenen Server mit einer Software wie Home Assistant auf? Der Homey Pro Mini ist ein Mittelweg, der eine einfach zu bedienende App mit der anbieterunabhängigen Flexibilität der populären Open-Source-Lösung verbindet.

Die Automatisierung mit Flows ist gleichzeitig intuitiv und bietet viele Möglichkeiten. Wer nur ein paar Lampen mit Zeitschaltung und Anwesenheitsstatus steuern will, legt sie in ein paar Minuten in der Smartphone-App an. Am Rechner eröffnen Variablen und Advanced Flows größere Möglichkeiten. Um mit den viel-

fältigen Optionen herumzuspielen, muss man keine Gebrauchsanweisung wälzen.

Das Homey Pro Mini hat allerdings Einschränkungen, vor allem gegenüber dem teureren Homey Pro: Mit Matter und Zigbee unterstützt er zwar zwei populäre Standards, dennoch bleiben viele Smart-Home-Geräte ohne zusätzliche Bridge außen vor. Im Vergleich zur 184 Euro teuren Einstiegshardware Home Assistant Green inklusive ZBT-2-Antenne für Matter-over-Thread- und Zigbee-Unterstützung ist der Preis von 250 Euro zudem recht hoch. Die Auswahl an offiziellen und von der Community entwickelten Apps ist wiederum zwar breit, hält aber der Flut an Integrationen für Home Assistant nicht stand.

So nutzerfreundlich das Produkt auch ist, kann es das Chaos aus unterschiedlichen Smart-Home-Standards und fragwürdigen Herstellerimplementierungen nicht ganz überwinden. Ein bisschen muss man also auch hier noch basteln. Dennoch ist das Homey Pro Mini mit robuster Hardware und übersichtlicher App eine gute Wahl für ambitionierte Einsteiger, die sich eher eine funktionierende Heimautomatisierung als ein neues Hobby wünschen.

(nij@ct.de) ct

Literatur

[1] Marvin Strathmann, Held des smarten Heims, Grundlagen zur Smart-Home-Software Home Assistant, c't 13/2024, S. 124

Homey Mini Pro

Smart-Home-Steuerzentrale	
Hersteller, URL	Athom, homey.app/de-de/
Konnektivität	Matter 1.3, Zigbee 3.0, WLAN; zusätzlich über Bridge: RF433, Bluetooth, Infrarot und Z-Wave
Preis	249 € (Homey Mini Pro), 69 € (Bridge)



Die Konferenz für Enterprise-JavaScript

16.–17. Juni 2026 • Mannheim

Trends und Technologien
in der JavaScript-Welt

Jetzt
Frühbuche-
ticket
sichern!

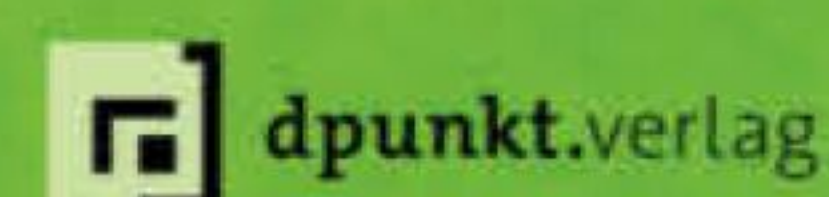
Workshops zu KI, Angular, Security und Eventarchitektur

enterjs.de

Goldsponsor



Veranstalter



Integrate AI

28. April 2026 • Online

KI in deiner Webanwendung –
so machst du es richtig

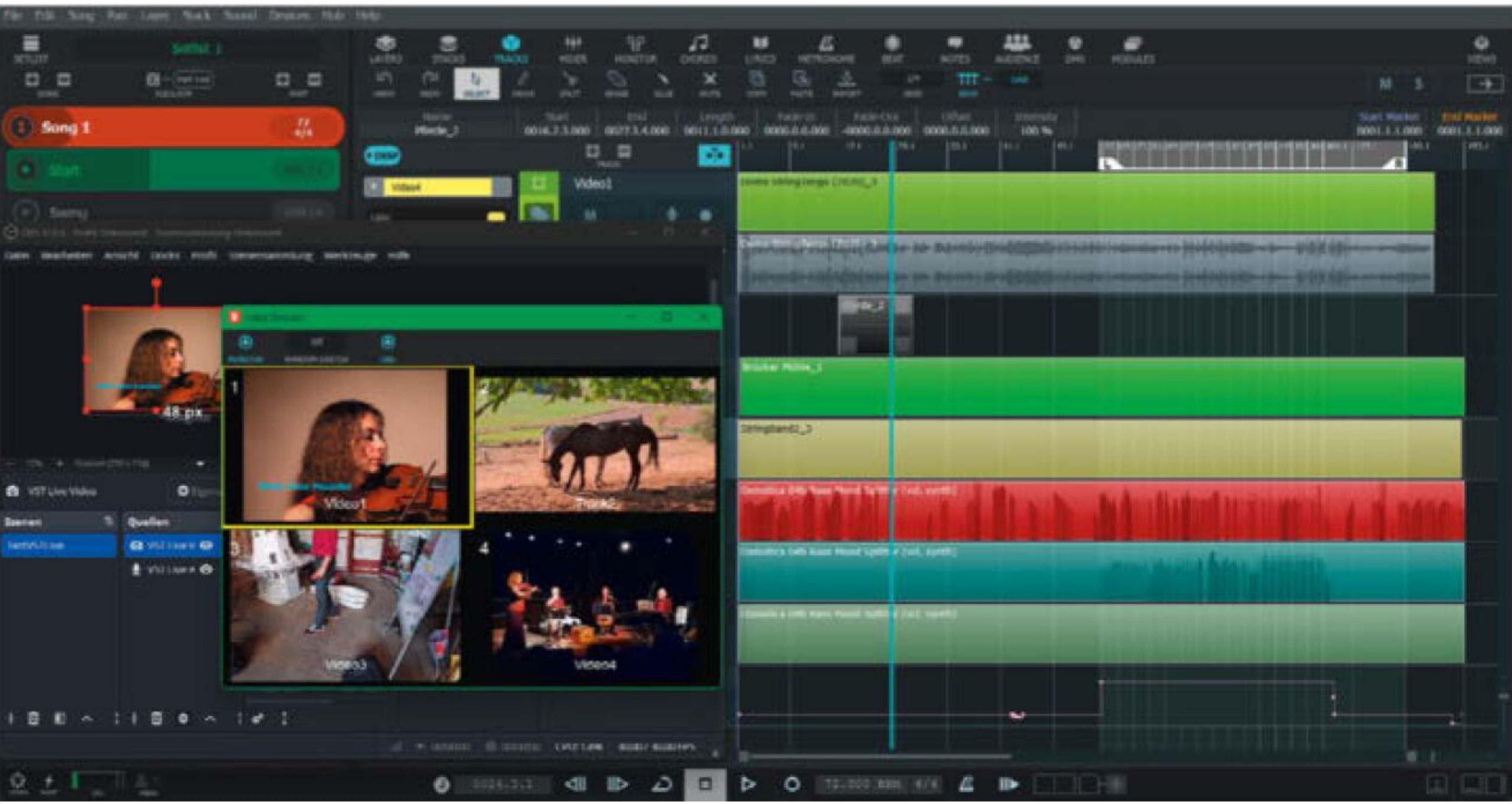
Jetzt
Frühbuche-
ticket
sichern!

Workshop zu LangChain und LangGraph am 7. Mai

enterjs.de/ai.php

Veranstalter





Streamingkünstler

VST Live 3 sendet Audio- und Videoinhalte in alle Welt

Wer von einer eigenen Show wie beim Eurovision Contest (ESC) träumt, kann mit VST Live 3 seine Ideen umsetzen: mit Licht-, Audio- und Videosteuerung. Die Videoshows lassen sich an OBS Studio weitergeben und damit live streamen.

Von Justus Noll

VST Live 3 hilft Musikern dabei, Liveauftritte zu planen, abzuspielen und zu automatisieren. Der Hersteller Steinberg hat für diese Digital Audio Workstation (DAW) im Miniformat die Audio- und Midi-Bearbeitung von Cubase übernommen. Herzstück ist Steinbergs Plug-in-Schnittstelle für virtuelle Studio-Technik (VST). VST Live spielt Songs ab, die sich in mehreren Ansichten, den „Views“, organisieren lassen: Synthesizer-Plug-ins wie der Sampler Halion gehören in die Layer-View, Effekte wie Filter oder Hallgeräte in die Stacks-View. In der zentralen Tracks-View steuert man Licht, Video, Audio oder Text über Spuren. Mit Mixern wie denjenigen für Digital Multiplex (DMX) lassen sich Scheinwerfer bedienen. DMX-Spuren zei-

gen in der Tracks-Ansicht parallel zu den Audiospuren einen eigenen Regler mit Stummschaltung und Solo-Schalter, so dass man für die Lichtsteuerung nicht mehr umständlich zum DMX-Mixer schalten muss. Akkordbezeichnungen, Liedtexte, Metronomsignale und Noten kann das Programm auf angeschlossenen Bildschirmen anzeigen oder über Netzwerkverbindungen an die Geräte von Musikern und Technikern verteilen.

Videoregie und Streaming

Das Programm importiert gängige Audio- und Video-Formate, darunter WAV, AIFF, FLAC, MP3 und AAC sowie MOV und MP4. Version 3 kann mehrzeilige Text- und Akkordspuren wiedergeben. Das Menü führt jetzt zu einem knappen, übersichtlichen Onlinehandbuch. Eine PDF-Version gibt es nicht. Eine Neuerung ist der Videodirektor. Er führt Wiedergabe- und Aufnahmeregie über bis zu sechs Videoquellen, zwischen denen man per Klick umschalten kann. Um den Mix an Streamingplattformen wie Twitch, YouTube oder Facebook Live zu lenken, braucht VST Live als Helfer die freie Software OBS Studio. Im Videodirektorfenster von VST Live stellt man ein, ob Streams zu OBS Studio, auf angeschlossene Monitore oder zu beiden fließen.

Streams lassen sich aufzeichnen. Mit der begleitenden Mobil-App „VST Live Mods“ kann man Texte, Noten oder Akkordfolgen zum Mitlesen auf iPhones verteilen; für Android gibt es sie nicht. Die Steinberg-Software VST Connect leitet Klänge übers Internet in Studioqualität an beliebige Performer weiter.

Monitoring für Studio und Bühne

Den integrierten Monitormixer der Version 3 empfiehlt Steinberg besonders für Setups mit In-Ear-Monitoring, das sich in den vergangenen Jahren vor allem im Live- und Produktionsumfeld etabliert hat. Durch die enge Kopplung von Ohrkanal und Kopfhörer wird das Monitoring weitgehend unabhängig von Raum- und Umweltakustik. Im Studio bleibt das Abhören über konventionelle Lautsprechermonitore sinnvoll, etwa um das Zusammenspiel von Tiefbass und Dynamik zu beurteilen. Über die Send-Kanäle der Audiospuren lassen sich in VST Live mehrere voneinander unabhängige Monitormischungen erstellen und einzelnen Musikern zuweisen. Diese Signale lassen sich bei Bedarf an OBS Studio weiterleiten. Auch auf der Bühne ermöglicht das Programm so individuelle In-Ear-Mischungen pro Musiker. Für weitergehende klangliche Eingriffe stehen in der Stacks-View Spuren zur Einbindung beliebiger VST-Effekte bereit.

Zum Lieferumfang von VST Live gehört Steinbergs Drumkit-Programm Groove Agent SE. Die SE-Version ist gegenüber dem Vollprodukt mit deutlich größerer Soundbibliothek abgespeckt. Rabatt gibts beim Umstieg von den Konkurrenzprodukten Camelot, Cantabile, Gig Performer und MainStage.

Fazit

Die wichtigste Neuerung ist der Videodirektor. Wer Ambitionen als Alleinunterhalter hat, findet hier ein wertvolles Werkzeug, das mit sechs verschiedenen Videoquellen umgehen kann. Das dürfte in vielen Fällen zum Beispiel für eine wirkungsvolle solistische Studio-Live-Regie ausreichen. Im Tandem mit Cubase ist VST Live 3 eine nützliche Ergänzung. (akr@ct.de) **ct**

VST Live Pro 3.0

Streaming-DAW	
Hersteller, URL	Steinberg, steinberg.net
Systemanf.	Windows ab 10, macOS ab 14
Preis	149 € (Updates v2: 40 €, v1: 50 €, Crossgrades von Camelot, Cantabile, Gig Performer und MainStage je 100 €)

Minicam

4K-Webcam mit Gimbal im Test: Obsbot Tiny 3



Die KI-gestützte Webcam Obsbot Tiny 3 löst 4K auf und verfolgt eine oder mehrere Personen über ein Zwei-Achsen-Gimbal – das alles zu einem Preis von 379 Euro. Wir testen, für wen sich die Kamera lohnt.

Von André Kramer

Gemessen am vergleichsweise großen 1/1,28-Zoll-CMOS-Sensor und der Vielzahl an Funktionen von KI-Tracking bis hin zu Spatial Audio ist die Obsbot Tiny 3 erstaunlich klein und leicht. Zum Vergleich: Die ebenfalls schwenkende Webcam Insta360 Link 2 ist doppelt so groß und schwer und hat dennoch einen kleineren 1/2-Zoll-Sensor [1]. Die Tiny 3 steckt in einem robusten Aluminiumgehäuse und haftet magnetisch an Metalloberflächen; für Kunststoffmonitore legt der Hersteller Obsbot einen Clip bei. Aufgrund der geringen Maße hält sie sich auch sicher auf einem schmalen Notebookrand.

Das Kamerabild der winzigen Webcam ist selbst bei schwachem Innenraumlicht weitgehend rauschfrei und detailreich. Die Kamera liefert 4K-Auflösung bei 30 Bildern pro Sekunde oder für flüssige Bewegungen 1080p-Auflösung mit bis zu 120 fps. Die HDR-Verarbeitung dunkelt helles Gegenlicht beispielsweise aus einem rückseitigen Fenster ab und hellt, wenn nötig, dunkle Bildbereiche auf. Über den Zwei-Achsen-Gimbal schwenkt und neigt die Kamera ebenso leise wie zügig. Auch der Autofokus arbeitet zuverlässig.

Mikrofone für Spatial Audio

Die Tiny 3 kombiniert ein omnidirektionales mit zwei gerichteten Mikrofonen und fängt damit Sprache klar ein. Der Spatial-Audio-Modus positioniert bei einem Interview mit

zwei Sprechern diese links und rechts im Audiospektrum – mit Stereokopfhörern deutlich hörbar, vor allem im Vergleich mit einem einzelnen internen Notebookmikrofon. Die Tiny 3 dämpft außerdem Umgebungsgeräusche. Die weiteren Audiomodi, etwa „rein“, „räumlich“ und „Richtung“, gestalten das Thema unnötig kompliziert.

Die Kamera erkennt auf Wunsch die Richtung einer Schallquelle und dreht sich automatisch und zuverlässig zum Sprecher. Sobald eine Person im Bild ist, führt die Kamera über Bilderkennung nach.

Desktopsoftware

Die „Obsbot Center“-Software für Windows und macOS steuert neben Belichtung, Schatten, Mitten, Lichtern und Weißabgleich die KI-Funktionen der Webcam. Mittels „AI Tracking 2.0“ erkennt die Tiny 3 Personen, Gruppen oder Objekte und hält sie im Bild. Über Trackingzonen und Nicht-Tracking-Bereiche lässt sich festlegen, wohin die Kamera folgen darf und wo nicht. Desk- und Whiteboardmodi erkennen Schreibtisch- und Schreibflächen und korrigieren die Perspektive.

Besonders der Einzelmodus arbeitet treffsicher und hält eine einzige sprechende Person im Bild. Das Handtracking folgt manchmal der Hand, manchmal nicht und kann nicht wie versprochen zwischen linker und rechter Hand unterscheiden. Eine Auto-Zoom-Funktion soll den Bildausschnitt an Kopf, Oberkörper oder Ganzkörper anpassen, macht in der Praxis aber keinen Unterschied. Außerdem sind ein Teleprompter und ein Beauty-Filter an Bord. Unterm Strich verwirren vor allem die vielen Schaltflächen des Obsbot Center. Mehr Intelligenz und weniger Schaltflächen wären wünschenswert.

Die Tiny 3 unterstützt Gesten- und Sprachsteuerung. Sprachbefehle und Handzeichen aktivieren Tracking oder Zoom deutlich sicherer als der Auto-Zoom. In ruhigen Umgebungen funktioniert die Sprachsteuerung zuverlässig.

Fazit

Die Obsbot Tiny 3 kombiniert gute 4K-Bildqualität und leistungsfähige Audiofunktionen mit vielen KI-Optionen. Letztere arbeiten zum Teil jedoch unzuverlässig und machen die Steuerungssoftware unnötig kompliziert. Die Kamera ist winzig, der Preis von 379 Euro hoch. Wer streamt und Inhalte präsentiert, findet hier eine technisch spannende Webcam. Für einfache Videokonferenzen ist die Tiny 3 überqualifiziert. Eine weniger kompakte, aber auch nur halb so teure Alternative ist die Insta360 Link 2. (akr@ct.de) **ct**

Literatur

[1] André Kramer, 4K-Webcam mit Gimbal, c't 19/2025, S. 75

Obsbot Tiny 3

4K-Webcam mit KI-Tracking	
Hersteller, URL	Obsbot, obsbot.com
Sprache	Englisch
Systemanf.	Windows ab 10, macOS ab 11.0, Android ab 10.0, iOS ab 11.0
Sensor	1/1,28 Zoll CMOS
Brennweite (KB-äqu.) / Blendenöffnung	24 mm / f/1,8
Blickwinkel vertikal / horizontal	82 Grad (4:3), 74 Grad (16:9) / 70 Grad
Empfindlichkeit	ISO 100 – ISO 12.800
Videoauflösung	3840 × 2160 Pixel, 30 fps 1920 × 1080 Pixel, 30/60/120 fps 1280 × 720 Pixel, 30/60/120 fps
Autofokus	✓ (All-Pixel PDAF)
KI-Tracking	✓ (Oberkörper, Nahaufnahme, Hand-Tracking)
Schwenken und Neigen	130 Grad horizontal und 92 Grad vertikal über 2-Achsen-Gimbal
Mikrofone	Richtmikrofonsystem (1 omnidirektional + 2 gerichtete Mikrofone)
Audiomodi	Rein, räumlich, intelligent, Richtungsmodus, Dual-Richtungsmodus
Steuerung	Gesten- und Sprachsteuerung, Sprachverfolgung
Anschlüsse	USB-C
Größe / Gewicht	37 × 37 × 49 mm / 63 g
Lieferumfang	USB-C-Kabel, USB-A-Adapter, Tasche
Preis	379 €
✓ vorhanden — nicht vorhanden	

Wetterfrosch

Breezy Weather: Mehrere Wetterdienste in einer schicken App

Die kostenlose Android-App Breezy Weather zapft viele Wetterdienste an und fasst alles in einer einheitlichen und schönen Oberfläche zusammen.

Von Stefan Porteck

Wetter-Apps für Android gibt es wie Sand am Meer. Doch die wenigsten liefern präzise Wetterdaten inklusive verlässlicher Langfristprognosen. Die meisten von ihnen kosten zudem entweder Geld oder sind mit Werbe-Trackern durchseucht. So mancher Android-Nutzer schielt deshalb neidisch auf die Wetter-App, die Google seinen Pixel-Smartphones als Dreingabe spendiert. Freie Entwickler haben genau davon einen optischen Klon geschaffen, der die Pixel-Wetter-App technisch sogar übertrumpft: Breezy Weather.

Der Clou von Breezy Weather ist, dass die App Wetterdaten bei mehreren Wetterdiensten einsammelt und aufbereitet. Zu den auswählbaren Diensten zählen unter anderem AccuWeather und Open Meteo. Überdies unterstützt Breezy Weather Dutzende lokale Wetterdienste, die üblicherweise präzisere Daten für das jeweilige Land liefern. Für Deutschland ist das der Deutsche Wetterdienst (DWD über dessen Bright-Sky-API).

Breezy Weather gibt es in zwei Geschmacksrichtungen: in einer Standardvariante und in der Freenet-Version. Letztere wird von F-Droid standardmäßig angeboten. Ihr fehlen kommerzielle Wetteranbieter wie AccuWeather. Da der DWD und Open Meteo mit an Bord sind, lässt sich das hierzulande verschmerzen. Wer aber im Urlaub ausländische Quellen anzapfen will, nimmt besser die Standardversion.

Für die Installation direkt von den Entwicklern nutzt man idealerweise die App-Verwaltung Obtainium. Die aktualisiert

Breezy Weather dann auch. Wer F-Droid bevorzugt, fügt in dessen Einstellungen einfach das offizielle Repo von Breezy Weather hinzu und installiert es aus dieser Paketquelle. Die Links zum Hinzufügen zu F-Droid und Obtainium finden sich auf der GitHub-Seite von Breezy Weather. Im Play Store von Google ist die App nicht verfügbar.

Schöne An- und Aussicht

Nach der Installation wird über das Dreibalkenmenü links oben ein neuer Ort für die Vorhersage festgelegt. Hier hat man die Wahl, entweder stets das Wetter für den aktuellen Standort des Telefons anzeigen zu lassen oder einen Ort fix anzugeben. Legt man mehrere Orte an, beispielsweise für den Urlaub, wischt man auf dem Hauptschirm horizontal durch die verschiedenen Ortsvorhersagen.

Für jede Ortsansicht kann man zudem über das Stift-Icon oben rechts die Einstellungen zur Vorhersage und zur optischen Aufbereitung anpassen: Unter Wetterdienste wird festgelegt, woher Breezy Weather die aktuellen Vorhersagen, Warnungen und Metadaten wie die Pollenbelastung, Luftqualität oder gefühlte Temperaturen beziehen soll. Für Deutschland erhielten wir umfangreiche und gute Ergebnisse mit der Vorhersage und den Warnungen vom DWD, Temperaturnormalwerten von AccuWeather und weiteren Daten von Open Meteo.

Unter Ortseinstellungen erlaubt Breezy Weather für viele Anbieter ein weiteres Feintuning, indem man im Menüpunkt Wettermodelle die Kombination unterschiedlicher Modelle anpasst. Anpassungen mögen im Detail zu genaueren Daten führen, ohne Einarbeitung steht man aber ob der Vielzahl der Modelle wie ein Ochs vorm Berg, sodass man idealerweise die Einstellung „Beste Kombination“ beibehält.

In den globalen Einstellungen bestimmt man die Inhalte und das Aussehen von Breezy Weather: Der Bereich Kacheln legt fest, welche Daten für jeden Standort auf dem Display landen. Allergiker blen-



den beispielsweise Kacheln zum Pollenflug und zur Luftqualität ein, während Wanderfreunde eher den UV-Index und Sichtweiten bevorzugen. In ähnlicher Breite erlaubt Breezy Weather auch die Anpassung der täglichen und stündlichen Trends. Abgerundet wird das Einstellungsmenü durch Anpassungsoptionen grafischer Elemente und Animationen. Möchte man sich richtig austoben und legt keinen Wert auf geringen Energieverbrauch, schaltet man Animationen ein, die sich mithilfe des Lagesensors sogar an der Ausrichtung des Smartphones orientieren.

Fazit

Breezy Weather ist zwar nicht im Play Store vertreten, die Optik und der Funktionsumfang rechtfertigen aber den geringen Mehraufwand einer Installation via F-Droid oder Obtainium. Die Open-Source-App ist kostenlos und liefert dank mehrerer Anbieter gute Prognosen. Die Nutzung verschiedenster Quellen macht Breezy Weather auch zur ersten Wahl für eine Wetter-App im Urlaub. (spo@ct.de) **ct**

Breezy Weather

Wetter-App	
Hersteller, URL	Breezy Weather, github.com/breezy-weather
Systemanf.	Android-Smartphone
Preis	kostenlos (Open Source)

women in tech by heise



EMPOWER & PROTECT

als Side-Event auf der

secIT by heise
HANNOVER 2026

18.03.2026

Hannover Congress Centrum

Aktuelles Lagebild Cybersecurity! Herausforderungen, Trends, Gefahren

mit Eva Wolfangel

Karriere in der IT-Security

mit Yvonne Bernard

inkl. anschließender Panelrunde
mit Dr. Julia Freudenberg und Eva-Maria Weiß

Sicher im Netz inkl. anschließender Panelrunde

mit Sabrina Patsch, Sabine Buch und Şeniz Tiryaki

women-heise.tech



INFOS & TICKETS



Bild: Ulrike Weis / heise medien

Souveränes Online-Office

Ionos Nextcloud Workspace im Test

Kann ein gehostetes Nextcloud eine echte Alternative zu Microsoft 365 sein? Webhoster Ionos hat ein Online-Office-Paket mit Kollaborationstools geschnürt, das nicht nur Privatleute, sondern sogar Mittelständler zufriedenstellen soll.

Von Holger Bleich und Stefan Wischner

Da könnte ein Paket, das der Webhoster Ionos zusammen mit dem Open-Source-Projekt Nextcloud geschnürt hat, gerade recht kommen: Man verspricht

eine europäische Alternative zu Angeboten wie Microsoft 365, die höchste Anforderungen an Datenschutz, Sicherheit und digitale Souveränität erfülle. Zentrale Tools im Teamwork-Paket sind Office-Programme, E-Mail, Kalender, Chat, Videokonferenzen und ein KI-Assistent. Sämtliche Komponenten des Pakets hostet Ionos nach eigenen Angaben in Deutschland. Das Angebot richtet sich nicht nur an Privatleute und kleine Unternehmen, sondern ausdrücklich auch an öffentliche Einrichtungen, mittelständische Unternehmen sowie Organisationen mit hohen Anforderungen an Datenschutz und digitale Souveränität.

Wer sein Produkt als Microsoft-365-Alternative präsentiert, muss sich daran messen lassen. Wir haben ein Fünf-

Anwender-Paket des Nextcloud Workspaces geordert und intensiv getestet. Zum großen Teil haben wir das aus der Perspektive von Nutzern getan, die erwägen, von Microsoft loszukommen und dafür durchaus Umgewöhnung und Funktionseinschnitte in Kauf zu nehmen bereit sind.

Schaltstelle Nextcloud

Erhält man sein Workspace-Paket von Ionos, installiert man zunächst über das allgemeine Produkt-Kundenmenü per Mausklick die Nextcloud. Ist dies getan, stellt Ionos einen Admin-Zugang für das Office-Paket bereit. Es besteht außer der von Ionos gemanagten Nextcloud-Installation aus einem Collabora-Onlineoffice. Voreingestellt hält Ionos für neu installierte Pakete eine generische Subdomain be-

reit. Im Kundenmenü lässt es sich mit einer dort bestellten oder externen Second-Level-Domain verbinden.

Der Admin sollte selbst nicht produktiv im System arbeiten, sondern über die Nutzerverwaltung sich und den anderen Anwendern Konten anlegen. Außerdem kann er einige Nextcloud-Apps, etwa „Decks“ (Kanban-Boards) oder „Notes“ (Notizen) für Anwender nachinstallieren.

Die Navigation im Ionos-Workspace ist gewöhnungsbedürftig. Anders als man es von Office-Paketen kennt, gibt es keine direkt startbaren Einzelprogramme für Text, Tabellen und Präsentationen. Als Schaltzentrale fungiert wahlweise ein Dashboard, auf dem man diverse Widgets (anstehende Termine, favorisierte Dateien, ungelesene E-Mails) unterbringt, oder die Cloudspeicheroberfläche von Nextcloud mit Ordnern und Dateien. In letzterer öffnet man vorhandene Dateien, legt neue an oder lädt lokal gespeicherte hoch.

Der jeweilige Dateityp – entweder ODF-Formate (.odt, .ods, .odp), Microsoft-OOXML-Dateien (.docx, .xlsx, .pptx) oder Markdown-Text (.md) – bestimmt, welches Office-Programm das Paket öffnet. Da dieses im selben Browser-Tab landet und keinen Menübefehl zur Rückkehr in die Nextcloud-Dateiansicht anbietet, kommt man nur mit dem Zurück-Button des Browsers oder Schließen des Dokuments dorthin – umständlich. Alternativ legt man sich Direktlinks zum Dashboard und der Nextcloud-Dateiliste in die Favoriten.

Außerhalb der Text-, Tabellen- und Präsentationseditoren wechselt man über ein kleines Ausklappmenü rechts oben zwischen den Modulen für Konferenzen, Mail, Kontakte, Aufgaben und Termine.

Office-Paket

Für die drei Kernaufgaben eines Office-Pakets, Textbearbeitung, Tabellenkalkulation und Präsentationen, ist das integrierte Collabora Online zuständig. Dahinter stecken die Module Writer, Calc und Impress des Open-Source-Pakets LibreOffice [1], denen jedoch eine vereinfachte und modernere Bedienoberfläche übergestülpt wurde und die ausschließlich im Webbrowser funktionieren, ähnlich wie in Google Workspace und den Onlineversionen von MS Office.

Der Funktionsumfang der Programme ist für ein Browser-Office recht hoch und dürfte für die meisten typischen Büroaufgaben ausreichen. Einige tiefergehende Funktionen von LibreOffice fehlen je-

doch. Dazu gehören beispielsweise benutzerdefinierte Feldfunktionen und speziell Grafikobjektvorlagen in der Textverarbeitung oder erweiterte Zielwertanalyse (Solver) und Szenariomanager („Was wäre, wenn...?“) in der Tabellenkalkulation.

Enthalten ist das Vektorzeichenprogramm Draw; die LibreOffice-Module Base und Math sucht man vergebens, ebenso wie den Basic-Editor. In den Dokumenten vorhandene Makros (LibreOffice Basic, nicht VBA) lassen sich ausführen, jedoch weder bearbeiten noch neu erstellen.

Die Bedienoberfläche orientiert sich stärker an Microsoft Office als an die optionale Ribbon-Oberfläche von LibreOffice. Umsteiger von den Microsoft-Programmen dürften sich schnell darin zu rechtfinden und sich an einige LibreOffice-typischen Besonderheiten gewöhnen, zum Beispiel die ausgeprägtere Verwendung der rechten Seitenleiste für Infos und Einstelldialoge. Auf Wunsch kann man in Collabora Online auch auf eine klassische Bedienung mit fester Symbolleiste und Pull-down-Menüs umschalten.

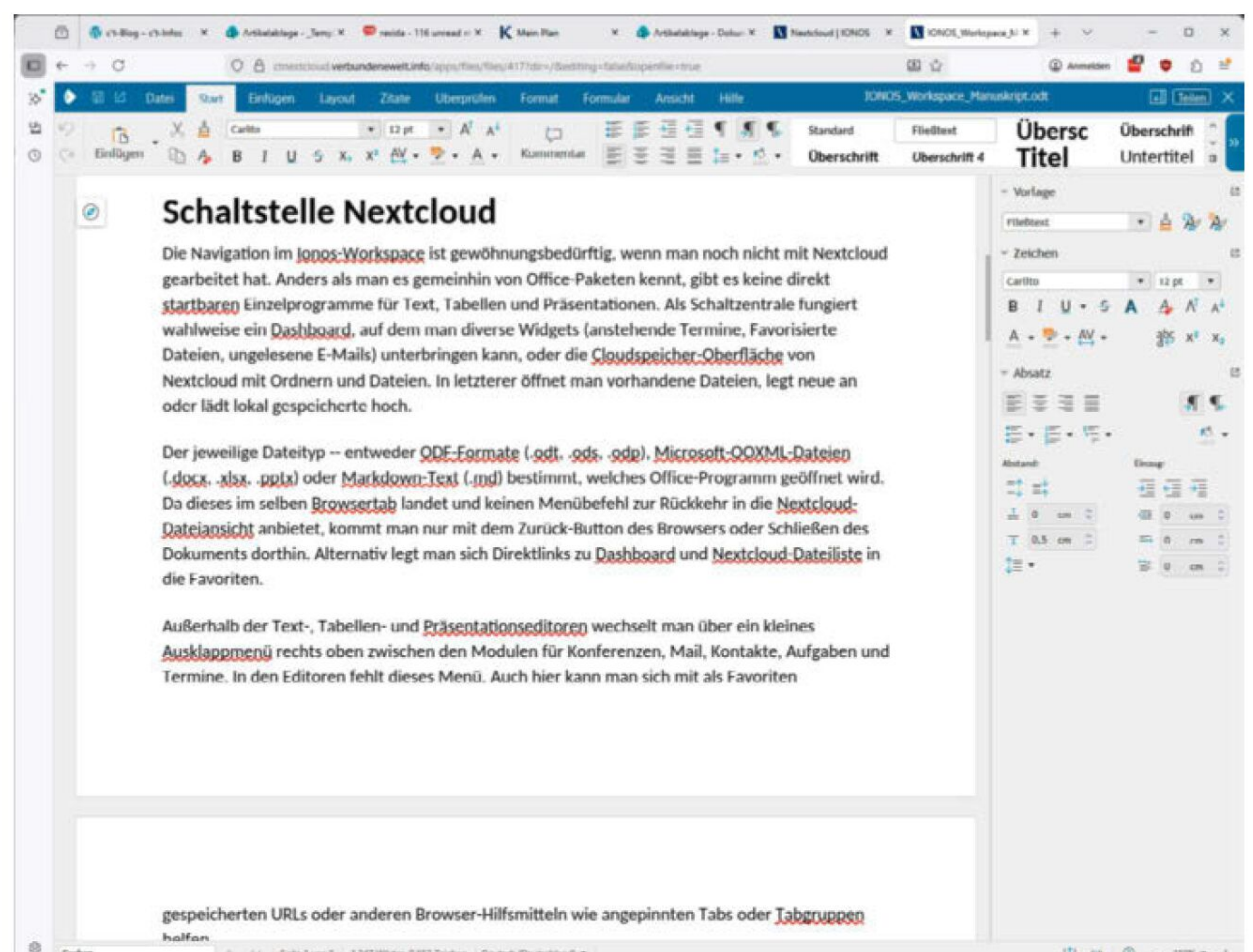
Eine Besonderheit von Collabora Office im Vergleich zu anderen Web-Office-Paketen ist, dass sowohl der Großteil des Codes auf dem Server läuft als auch die Verarbeitung der Daten. Die bearbeitete Datei liegt nur im Speicher des Servers, nicht in dem der Clients. Sie existiert also nur in

genau einer Version, anstatt Varianten davon hin- und herzuschieben. Das minimiert das Risiko von Synchronisationskonflikten, allerdings ist eine permanente und stabile Internetverbindung Voraussetzung.

Ein wichtiger Punkt für viele Microsoft-Wechselwillige ist die Datei- und Formatkompatibilität zu den OOXML-Formaten, also zu DOCX, XLSX und PPTX. Da Collabora Online die Konverter und Im- und Exportfilter von LibreOffice nutzt, ist die Kompatibilität zu den Microsoft-Dateien auf demselben recht hohen, aber nicht perfekten Niveau. Einzelheiten dazu finden Sie im dritten Artikel unseres Schwerpunktes in c't 1/26 [2]. Tipp: Wer ausprobieren möchte, ob er mit den drei Editoren zurechtkommt, kann die kürzlich erschienene Desktopversion von Collabora Office installieren. Sie benötigt weder Cloud noch Abo oder Konto und ist kostenlos.

Mail, Kalender, Kontakte

Ionos gibt jedem gebuchten Nutzerkonto eine IMAP/SMTP-Mailbox mit 50 GByte Platz. Dieses Postfach lässt sich in Nextcloud allerdings erst aktivieren, wenn der Paket-Admin kostenpflichtig eine dedizierte Secondlevel-Domain bestellt hat. Ansonsten bleibt nur, eine externe, bereits existierende Maildomain einzubinden oder einzelne externe IMAP-Konten über Nextcloud anzusprechen.



Für Word-Nutzer ungewohnt: In der Textverarbeitung Writer finden sich viele Optionen in der rechten Seitenleiste.

Anders als Microsoft Office enthält Ionos Nextcloud Workspace keinen ausgewachsenen E-Mail-Client, sondern lediglich eine Webmail-App, die professionellen Ansprüchen nicht genügt. Um es deutlich zu sagen: Mehr als ab und an Mailen ist hier nicht drin. So fehlen Organisationsfunktionen wie Regeln und Filter. Eine Abwesenheitsnachricht soll der Nutzer in den Einstellungen als Filterregel in der Skriptsprache Sieve auf dem Mailserver anlegen. Geklappt hat das nicht, wir erhielten eine Fehlermeldung, als Nextcloud auf den Ionos-Mailserver zugreifen wollte.

Im Zeitraum unseres Tests (Mitte Februar) war es nicht möglich, IMAP-Zugangsdaten zu Postfächern herauszuziehen. Das heißt, die einzige Möglichkeit, auf die Ionos-Konten zuzugreifen, gewährte die rudimentäre Webapp. Eine Mailapp für Smartphones bietet Nextcloud gar nicht. Auf Nachfrage bestätigte Ionos diese und versprach, bald eine Möglichkeit zu geben, sich ein dediziertes IMAP/SMTTP-Passwort für den externen Zugriff zu erstellen. Damit könne dann via IMAP jede Applikation, die dies unterstützt, für den Mailzugriff genutzt werden.

Die Kalender- Aufgaben- und Kontaktverwaltung ist ebenfalls nicht mit der von Microsoft Office vergleichbar. Immerhin klappte es, Termine im Team zu koordinieren und Einladungen zu versenden. Wir fanden keine Option, Ressourcen wie Konferenzräume ins Planungstool einzubeziehen. Ionos erklärte denn auch, dass sich diese Möglichkeit auf ihrer Roadmap befinde. Einzelne Kalender kann man via CardDAV-

Adresse exportieren und mit anderen Geräten synchron halten, mit den Adressbüchern klappt das via CardDAV-Protokoll.

Talks für Teams

Nextcloud Talk integriert sich nicht so gut in die Kommunikationssuite wie Microsoft Teams. Talk bietet Einzel- und Gruppenchats sowie Audio- und Videokonferenzen mit Bildschirmfreigabe und Whiteboards. Meetings lassen sich über den Kalender planen und starten. Umsteiger von Microsoft Teams werden gewohnte Kleinigkeiten und Komfortfunktionen vermissen – von der Handhebe-Signalisierung bis zum Miniatur-Videofenster beim Wechsel auf einen anderen virtuellen Desktop.

Ohne zusätzliche Infrastruktur laufen Talk-Videocalls Peer-to-Peer und sind laut Nextcloud nur für kleine Gruppen mit bis zu fünf Teilnehmern geeignet. Diese Anzahl ist schnell überschritten, zumal Talk es zulässt, via Link Gäste in Konferenzen zu holen. Deshalb hat Ionos mit dem „High Performance Backend“ (HBP) einen Server für Talk implementiert, der die Last übernimmt. Auf Anfrage gab der Host an, dass Talk im Workspace-Paket typischerweise 30 bis 50 Personen ruckelfrei verkraftet. Bei Webinaren mit passiven Teilnehmern können laut Ionos Hunderte Teilnehmer zusehen, wenn nur wenige Personen aktiv senden. Getestet haben wir das zugegebenermaßen dann nicht mehr.

KI an Bord

Ionos bleibt auch beim Einbinden von KI-Funktionen digital souverän und greift im Workspace-Paket nicht auf US-Anbieter,

sondern ausschließlich auf den selbst gehosteten „AI Model Hub“ zurück. Hier betreibt der Provider mehrere Open-Weight-LLMs – also Modelle, deren fertig trainierte Parameter (Gewichte) frei verfügbar sind, deren Trainingsdaten aber unter Verschluss bleiben – sowie einen Bildgenerator. Während der API-Zugriff von extern nach Millionen Token abgerechnet wird, stellt Ionos die KI im Workspace-Paket ohne zusätzliche Kosten bereit.

Die KI-Hilfe hat Ionos in den Nextcloud Assistant als eigene App integriert. Dort findet man einen Chatbot sowie einen Prompt-Manager. Damit lassen sich zum Beispiel Texte aus dem Nextcloud-Speicher hochladen und von der KI bearbeiten, übersetzen oder zusammenfassen. Außerdem findet sich die KI-Unterstützung in den Nextcloud-eigenen Apps wie dem Mailclient.

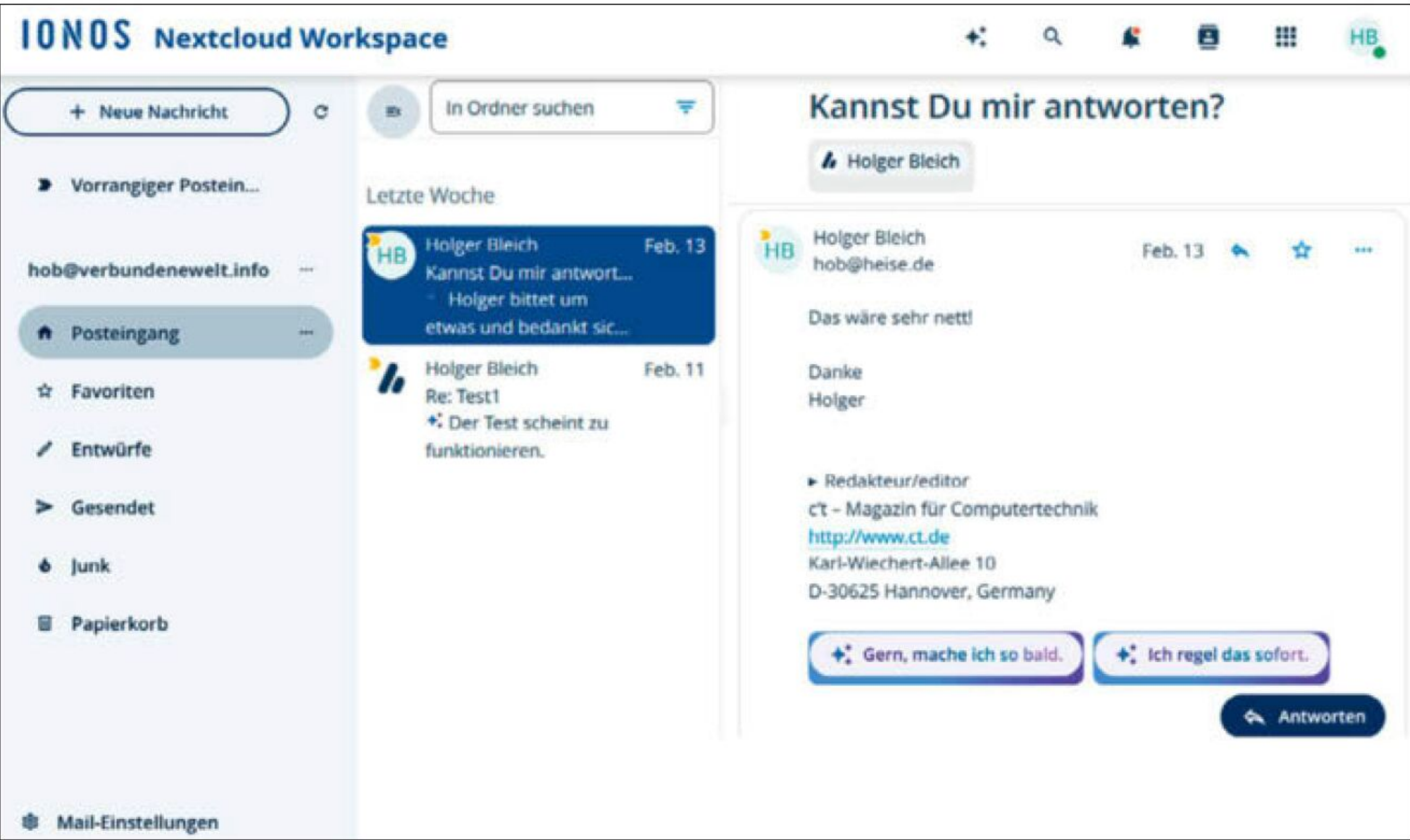
In die Collabora-Office-Apps ist die KI nicht als Agent eingebaut, was ihren Nutzen erheblich mindert. Ionos erklärte auf Nachfrage, dass sie das zusammen mit Nextcloud und Collabora verbessern wollen.

Im Nextcloud Workspace stehen keine Modelle zur Wahl; Ionos bestimmt, welches der Assistent nutzt und gibt keine Informationen dazu im Paket. Auf unsere Nachfrage erklärte Ionos: „Standardmäßig verwenden wir aktuell das gpt-oss-120b-Modell, welches wir mit dem kommenden Update aus Kompatibilitätsgründen auf Llama 3.3 70B Instruct ändern.“ Laut gängigen Benchmarks sind beide LLMs durchaus in der Oberklasse der Open-Weight-LLMs zu finden.

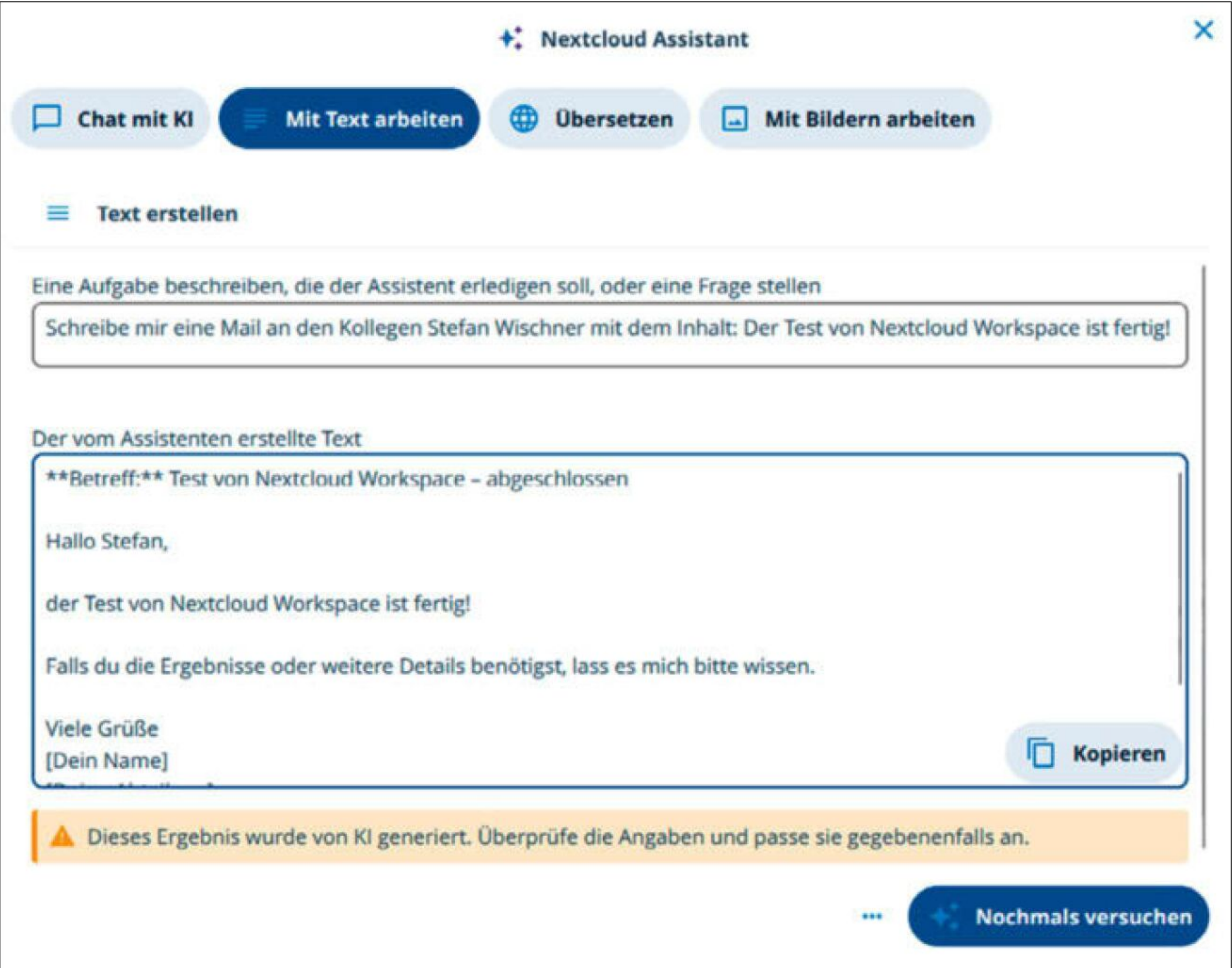
Ersatz für Microsoft 365?

Ionos bewirbt Nextcloud Workspace als Ersatz für Microsoft 365. Je nachdem, wie man „Microsoft 365“ einsetzt, ist der Vergleich angemessen oder stark überzogen. Zu Word und PowerPoint bieten die Collabora-Editoren eine gute Alternative, wenn man auf bestimmte Spezial- und Komfortfunktionen verzichten kann. Das Tabellenprogramm kommt nicht an Excel heran, was aber vor allem Poweruser betrifft, die auf bestimmte Excel-exklusive Funktionen wie PowerQuery angewiesen sind. Die meisten Standardaufgaben einer Tabellenkalkulation hat auch das Collabora-Programm drauf.

Die Office-Editoren liegen näher an Microsofts Web-Versionen der Office-Programme als an den lokal installierbaren. Nextcloud Talk kann Teams ersetzen, wenn man letzteres vornehmlich für klei-



Der rudimentäre Webmailer von Nextcloud kann nicht als Alternative zu Microsofts Outlook dienen.



Die KI-Assistenz ist im Workspace als separates Tool und den Nextcloud-Apps wie Mail vorhanden, nicht aber als Agent in den Office-Anwendungen.

mere Videokonferenzen und Chats nutzt und auf erweiterte Funktionen wie die zahlreichen integrierbaren Apps und die granulare Verzahnung mit SharePoint-Bibliotheken verzichten kann.

Der Mailclient ist schlecht angebunden und wird professionellen Ansprüchen keinesfalls gerecht. Kalender, Termine, Aufgaben und Kontakte sind nicht so stark integriert wie in Microsoft Outlook, dürften für viele Anforderungen aber ausreichen. Als reiner Cloudspeicher kann Nextcloud mit OneDrive mithalten, nicht jedoch mit SharePoint.

Insgesamt lässt sich Ionos Nextcloud Workspace allenfalls mit einem für Privatanutzer gedachten Office-Abo wie Microsoft 365 Family plus dem kostenfreien Teams in Windows 11 vergleichen.

Die Unternehmensversionen von Microsoft 365 enthalten je nach Version („Plan“) noch eine ganze Reihe weiterer Programme und Dienste wie Access, Planner, Forms, Loop, Intune, PowerPlatform, SharePoint und Viva. Außerdem sind die meisten Module deutlich stärker ineinander verwoben, als es naturgemäß in Nextcloud mit Collabora der Fall ist. Beispiele hierfür sind die starke Einbindung von OneDrive und SharePoint in Teams, die enge Verzahnung von Outlook und Planner und automatisierte Workflows mithilfe vieler MS-365-Module mit PowerAutomate.

Hinzukommen viel detailliertere Steuerungs- und Konfigurationsmöglichkeiten als das Ionos-Paket sie bietet.

Unternehmen, die das MS-365-Konglomerat in diesem Umfang einsetzen, finden in Ionos Nextcloud Workspace keinen gleichwertigen Ersatz. Sie müssen Arbeitsabläufe umstellen und auf diverse Funktionen und Automatisierungen verzichten. Besteht die Arbeit mit Microsoft 365 jedoch vornehmlich aus Textarbeit, grundlegenden Kalkulationen, Präsentationen, Kommunikation per Mail, Chat und Videokonferenzen, könnte das Ionos-Paket diese Aufgaben nach einer Umgewöhnung ausreichend erfüllen.

Kosten

Die Abokosten für einen Nutzer betragen 9 Euro pro Monat, eine Lizenz für fünf Nutzer kostet 40 Euro (8 Euro pro Nutzer), für 25 Nutzer werden 190 Euro fällig, also 7,60 Euro pro Anwender. In den ersten drei Monaten gibt es für die Mehrnutzer-Abos Rabatt. Jedem stehen 1 TByte Cloud- und 50 GByte Mailspeicher zur Verfügung.

Zum Vergleich: Das Microsoft-Abo für Geschäftskunden ist Microsoft 365 Business Basic. Es enthält nur die Webversionen der Office-Programme, eine Mailadresse und 1 TByte Cloudspeicher. Es kostet 5,20 Euro pro Nutzer bei jährlicher Zahlweise. Für Mitte des Jahres hat Micro-

soft eine Preiserhöhung bei den Business-Plänen angekündigt. Bislang sind nur die Preise in US-Dollar bekannt, wobei MS 365 Business Basic künftig 7 statt 6 US-Dollar pro Nutzer kosten wird. Damit ist MS 365 Basic etwas günstiger als das Ionos-Paket.

Fazit

Für sich genommen schnürt Ionos mit Nextcloud Workspace ein ordentliches Groupware/Office-Paket mit Teamworkfähigen Webeditoren für Texte, Tabellen und Präsentationen, Cloudspeicher mit Versionierung und Freigaben, Videokonferenz-Tool, Kalender-/Kontakt-/Aufgabenverwaltung und Mail.

Das Versprechen, Microsoft 365 ersetzen zu können, hält das Paket aber nur in Bezug auf Basisfunktionen für Büroarbeit und Kommunikation. Mit dem kompletten Microsoft-365-System kann das Ionos-Paket entgegen den Werbeversprechen des Hosters nicht konkurrieren. Umsteiger müssen sich teilweise auf große Umstellungen und Verzicht einstellen.

Schön wäre es, wenn Ionos bei der Umstellung mehr zur Seite springen würde: Die Produktdokumentation ist äußerst dürftig geraten, lässt viele Fragen offen und dürfte insbesondere Nutzer, die von Microsoft hinüberwechseln, ratlos bis verärgert zurücklassen. Im Paket selbst findet man lediglich die Originaldokumentation des Nextcloud-Projekts.

Lässt man sich auf das Abenteuer ein, winkt als Lohn die Befreiung aus der Abhängigkeit eines US-Anbieters, der im Hinblick auf Privatsphäre, Sicherheit und Preispolitik fortschreitend an Vertrauen verliert.

(hob@ct.de) ct

Literatur

[1] Stefan Wischner, LibreOffice light, Das Offline-Office von Collabora im Test, c't 4/2026, S. 90

[2] Stefan Wischner, Weitgehend kompatibel, Was den Datenaustausch mit Microsoft Office so problematisch macht, ct 1/2026, S. 28

Ionos Nextcloud Workspace

Online-Office	
Anbieter, URL	Ionos, www.ionos.de/office-loesungen/nextcloud-workspace
Systemanf.	komplett Webbrowser-gestützt, für Nextcloud Talk am besten geeignet: aktueller Chrome oder Firefox
Preis	1 Anwender: 9 €/Monat, 5 Anwender: 40 €/Monat, 25 Anwender: 190 €/Monat



Bild: Jessica Nachtigall / KI / heise medien

Wehen, Windeln, Werbung

Sechs Schwangerschafts-Apps im Überblick

„Dein Baby ist jetzt so groß wie ein Apfel!“ Mit solchen Größenvergleichen, Checklisten für die Baby-Erstausrüstung und Funktionen wie Wehen- und Trittzählern wollen diverse Apps werdende Eltern ansprechen. Wir haben uns einige Schwangerschafts-Apps genauer angesehen und eine Expertin gefragt, wie sinnvoll solche Anwendungen sind.

Von Greta Friedrich

Sie helfen dabei, den perfekten Namen fürs Baby zu finden, sich während der Schwangerschaft gut zu ernähren und die spannende Zeit für die Nachwelt festzuhalten: Apps für werdende und frisch gebackene Eltern bieten Lösungen für verschiedenste Probleme, die künftige Mamas und Papas haben oder eventuell haben könnten.

Schwangerschafts-Apps vereinen gleich mehrere solcher Problemlöser: Sie informieren laufend über die Entwicklung des Babys in der aktuellen Schwangerschaftswoche, bieten anschauliche Größenvergleiche mit Obst oder Tieren und versammeln allerlei Helferlein vom We-

henzähler bis zum Arzt-Terminkalender. Doch das hat seinen Preis, denn Apps mit einer so klar umrissenen und potenziell kauffreudigen Zielgruppe ziehen Werbetreibende und Datensammler an.

Das muss aber kein Grund sein, die Apps links liegenzulassen. Wir haben uns für diese Marktübersicht sechs Angebote näher angesehen: Babelli, BabyCare und Keleya aus Deutschland, die verbreitete, aus Großbritannien stammende App „Schwangerschaft + Tracker-App“ (im Folgenden „Schwangerschaft+“ genannt) von Philips sowie die Apps Preglife aus Schweden und Sprout aus den USA, die in den App-Stores ebenfalls

ct kompakt

- Etliche Schwangerschafts-Apps wollen werdende Eltern unterstützen; manche Krankenkassen übernehmen App-Kosten.
- Die Apps zeigen, wie sich das Baby mit jeder Woche entwickelt, und bieten nützliche Werkzeuge und Tipps.
- Augen auf: Neben gezielter Werbung sind bei manchen Apps auch zweifelhafte Inhalte dabei.

hohe Downloadzahlen und gute Bewertungen haben. In diesem Artikel zeigen wir außerdem alternative Wege zur Schwangerschaftsbegleitung per App und fragen eine Expertin, was sie von solchen Apps hält.

Das sagt die Gynäkologin

Wir haben die Gynäkologin und Sexualmedizinerin Miriam Mottl gefragt, was sie von solchen Schwangerschafts-Apps hält. Sie sieht viele dieser Apps einerseits als sinnvolle Unterstützung für werdende Eltern: „Besonders, wenn sie helfen, den Verlauf der Schwangerschaft besser zu verstehen und ein Gefühl für die Entwicklung des Babys zu bekommen. Es verändert sich in dieser Zeit so viel, dass solche Apps für Paare sehr motivierend und verbindend sein können“, erklärt Mottl gegenüber c't.

Andererseits sieht Mottl die Apps aber auch kritisch, insbesondere weil sie oft stark kommerziell geprägt sind: „Durch Werbung und Kaufempfehlungen entsteht leicht der Eindruck, man müsse schon in der Frühschwangerschaft unzählige Dinge anschaffen. Das kann werdende Eltern verunsichern oder zu unnötigen Käufen verleiten“, warnt sie. Eigentlich brauche man in den ersten Wochen mit einem Neugeborenen nur wenige Dinge.

Ganz wichtig: Apps sind nur eine Ergänzung. „Sie ersetzen keinesfalls das persönliche Gespräch mit Ärztin, Arzt oder Hebamme – gerade dann nicht, wenn Unsicherheiten oder gesundheitliche Fragen bestehen“, stellt Mottl klar. Bei der Wahl der App sollten Nutzerinnen darauf achten, wer sie betreibt und was mit den eingegebenen sensiblen Gesundheitsdaten passiert.

Mottl empfiehlt die Website Embryotox.de, betrieben von der Charité in Berlin. Dort findet man verlässliche Informationen über die Verträglichkeit von Medikamenten in Schwangerschaft und Stillzeit. „Die Seite orientiert sich an aktuellen medizinischen Erkenntnissen und ist völlig werbefrei – das ist heute leider selten“, erklärt Mottl. Zwei der Apps im Überblick nutzen die Daten von Embryotox: BabyCare und Keleya. Da Embryotox selbst auf die Verträglichkeitsbewertung beschränkt ist, haben wir die Website hier nicht gesondert getestet.

Viele Wege führen zur App

Es ist nicht leicht, sich für eine der zig Schwangerschaftshelfer-Apps zu entscheiden. Doch vielleicht liegt die passende App schon auf der Hand: Einige Zyklustracker haben einen Schwangerschaftsmodus, zum Beispiel Clue, Flo und der „Period Calendar“. Wer so einen Tracker ohnehin nutzt, kann das also zumindest ausprobieren. Praktischerweise weiß die App, wann die letzte Periode war, und kann so direkt mit dem entsprechenden Geburtstermin arbeiten.

Einige Krankenkassen bieten eigene Schwangerschafts-Apps an, zum Beispiel die Techniker Krankenkasse und die AOK (Links zu allen erwähnten Apps unter ct.de/ypm6). Hier bestätigen Nutzerinnen mithilfe ihrer Versichertennummer, dass sie tatsächlich bei der jeweiligen Kasse versichert sind. Die AOK-App steht auch anderen Nutzerinnen offen, schaltet Versicherten aber mehr Funktionen frei.

Viele Krankenkassen bezuschussen außerdem Apps, die während der Schwangerschaft unterstützen. Dazu gehören auch die hier vorgestellten Apps Keleya (mit dem zugehörigen Portal kinderheldin.de) und BabyCare (als Teil des gleichnamigen Vorsorgeprogramms). Erkundigen Sie sich bei Ihrer Krankenkasse, welche Apps und Leistungen sie bezuschusst oder selbst anbietet.

Sechs Apps im Überblick

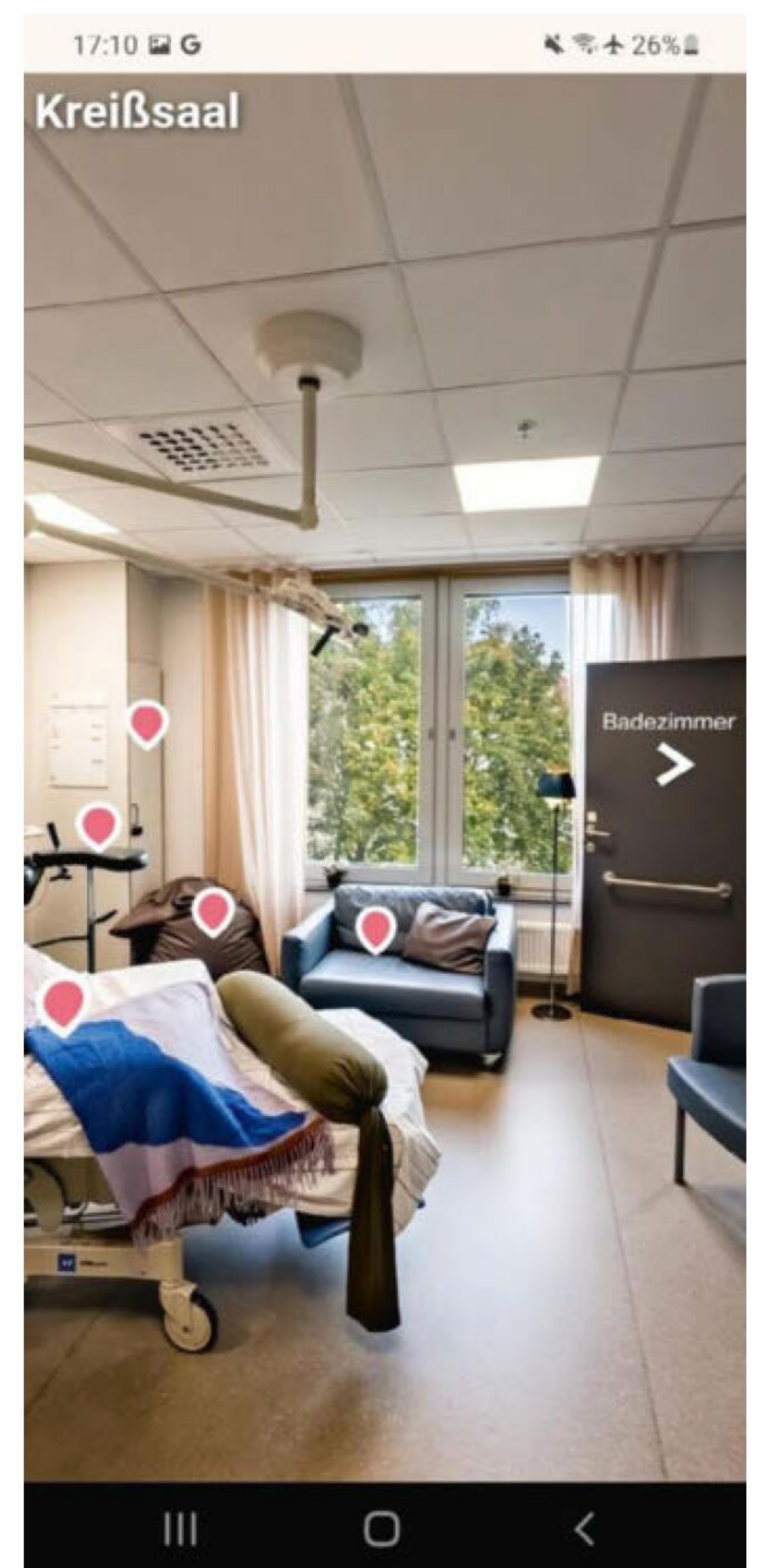
Für diesen Artikel haben wir uns die erwähnten Apps näher angesehen, mangels eigener Schwangerschaft aber nur überblicksartig getestet. Wir haben geschaut, welche Inhalte und Funktionen die Apps bieten, inwiefern sie mit Fachleuten zusammenarbeiten, welche Bereiche kostenpflichtig sind, ob die Apps Werbung ent-

halten und wie sie mit den Nutzerinnen-daten umgehen.

Wir haben die Apps aus unterschiedlichen Gründen in unsere Marktübersicht aufgenommen. BabyCare und Keleya haben wir gewählt, weil Krankenkassen in Deutschland (Keleya auch in Österreich) sie unterstützen. Babelli und Schwangerschaft+ sind sehr beliebt (Babelli in Deutschland, Schwangerschaft+ auch global) und wurden in einer nicht repräsentativen Umfrage in unserem privaten und beruflichen Umfeld besonders häufig genannt. Preglife und Sprout richten sich an ein internationales Publikum, werden in Ratgeberartikeln im Netz empfohlen und haben hohe Downloadzahlen und gute Bewertungen in den App-Stores.

Mit und ohne Konto und Abo

Bis auf BabyCare und Keleya sind die Apps auch ohne Registrierung nutzbar, sodass



Ängste vor der Geburt will Preglife seinen Nutzerinnen nehmen, indem es sie durch einen virtuellen Kreißsaal führt.



Babelli

Bei Babelli kann man alle Cookies ablehnen, Werbung aber nicht. Hat man einen Account eingerichtet, empfiehlt die App als Nächstes, eine „Baby-Wunschliste“ anzulegen – und leitet dafür direkt zu Amazon. Auch in den Ratgeberartikeln gibt es dezente Werbeanzeigen. Dank ihrer ist Babelli aber vollständig kostenlos, ausgenommen nur die Kurse, die man in der App und auf der Website buchen kann.

Per QR-Code lädt man seinen Partner zur App ein. So können werdende Eltern gemeinsam das Tagebuch ausfüllen, Checklisten abhaken oder mithilfe diverser Filter nach Babynamen suchen. Babelli bietet umfangreiche, expertengeprüfte Ratgeberartikel und Übersichten zu To-dos während der Schwangerschaft, vom Steuerklassenwechsel über die Ernährung bis zur Hebammensuche.

↑ expertengeprüfte Inhalte

↑ Babynamensuche

↓ Werbung

Preis: kostenlos



BabyCare

Die pregive GmbH betreibt das „BabyCare“-Vorsorgeprogramm und sitzt an der Frauenklinik der Charité in Berlin. Welche Krankenkassen das Programm unterstützen, sehen Nutzerinnen online und in der App. Dort finden sie auch ein Handbuch und einen ausführlichen Fragebogen, die zum Programm gehören.

Man kann die App für einmalig rund 20 Euro aber auch losgelöst vom Programm nutzen. Passend zur Schwangerschaftswoche zeigt sie Kurzinfos und empfohlene Termine an. Es gibt Kurztests zu Risikofaktoren, einen umfassenden FAQ-Bereich, Rezepte und eine Verträglichkeitsprüfung für Medikamente (basierend auf der Embryotox-Datenbank der Charité) sowie Nahrungsergänzungsmittel. BabyCare informiert zudem ausführlich über Quellen und die Experten hinter der App.

↑ unterstützt von vielen Krankenkassen

↑ expertengeprüfte Inhalte

↓ keine kostenlose Version

Preis: einmalig 19,99 Euro (viele Funktionen gratis testbar)



Keleya

Ziel von Keleya ist, dass Schwangere fit bleiben – mit Ernährung und situationsgerechten Sporteinheiten. Die App enthält etliche Ratgeberartikel, Rezepte und Workouts, viele gehören wie die Hebammensprechstunde zur teuren Premiumversion. Welche Krankenkassen diese bezuschussen, erfahren Nutzerinnen in der App oder online (Link siehe ct.de/ypm6).

Auch Keleya beherbergt Werbeanzeigen und bietet Rabattgutscheine. Manche Texte in der App stammen erkennbar von Werbetreibenden, so schreibt etwa der Hersteller Thule über Kindersitze. Als eine von nur zwei unserer sechs Apps enthält Keleya übersichtliche Informationen zur Verträglichkeit von Medikamenten (basierend auf der Embryotox-Datenbank der Charité) und Nahrungsmitteln im Bereich Health/Sicherheits-Check.

↑ unterstützt von vielen Krankenkassen

↑ Fokus auf Gesundheit

↓ Werbung

Preis: Basisversion kostenlos; Premium ab 25 Euro/Monat

die eingegebenen Daten auf dem Endgerät bleiben. Laut Datenschutzerklärung speichert auch BabyCare die eingegebenen Gesundheitsdaten lokal auf dem Smartphone. Der Nachteil daran ist, dass die Daten verloren sind, falls das Gerät kaputt- oder verloren geht. BabyCare und Schwangerschaft+ bieten zur Absicherung den Export der App-Daten an.

Bei den Apps, die keinen Account voraussetzen, gibt es wenige Funktionen, für die dann doch ein Account nötig ist, zum Beispiel das Synchronisieren der Daten mit der App des Partners. Um sich über die Entwicklungen in der aktuellen Schwangerschaftswoche zu informieren, genügt es aber, den Apps lediglich das ungefähre Geburtsdatum zu verraten.

Vier der Apps haben eine kostenlose Basisversion, Sprout verlangt in jedem Fall ein Abo (ab 2,70 Euro pro Monat). Bei BabyCare sind viele Funktionen zunächst frei verfügbar, allerdings nur für einen nicht konkretisierten „begrenzten Zeitraum“. Danach schränkt BabyCare die freien Inhalte nach und nach ein; die Vollversion der App kostet einmalig 19,99 Euro.



Preglife

Die schwedische App Preglife zelebriert den Baby-vs-Frucht-Größenvergleich: Nutzerinnen öffnen jede Woche eine virtuelle Truhe, die daraufhin feierlich eine Frucht enthüllt, die ähnlich groß ist wie das Ungeborene. Über einen Button kann man diesen Moment mit anderen teilen. Preglife bietet informative Artikel und ist die einzige App im Test mit kostenlosem Wehenzähler.

Auch Preglife enthält Werbung und Rabatte. Anders als die anderen Kandidaten lässt sich die App aber ohne persönliche Angaben ausprobieren. Besonders ist auch, dass die Datenschutzerklärung empfiehlt, persönliche Daten des Kindes nach der Geburt aus der App zu löschen. Nett: Um Ängste vor der Geburt zu nehmen, gibt Preglife eine 360°-Tour durch einen Kreißsaal.

- Server in der EU
 - gute Datenschutzerklärung
 - Werbung
- Preis: kostenlos

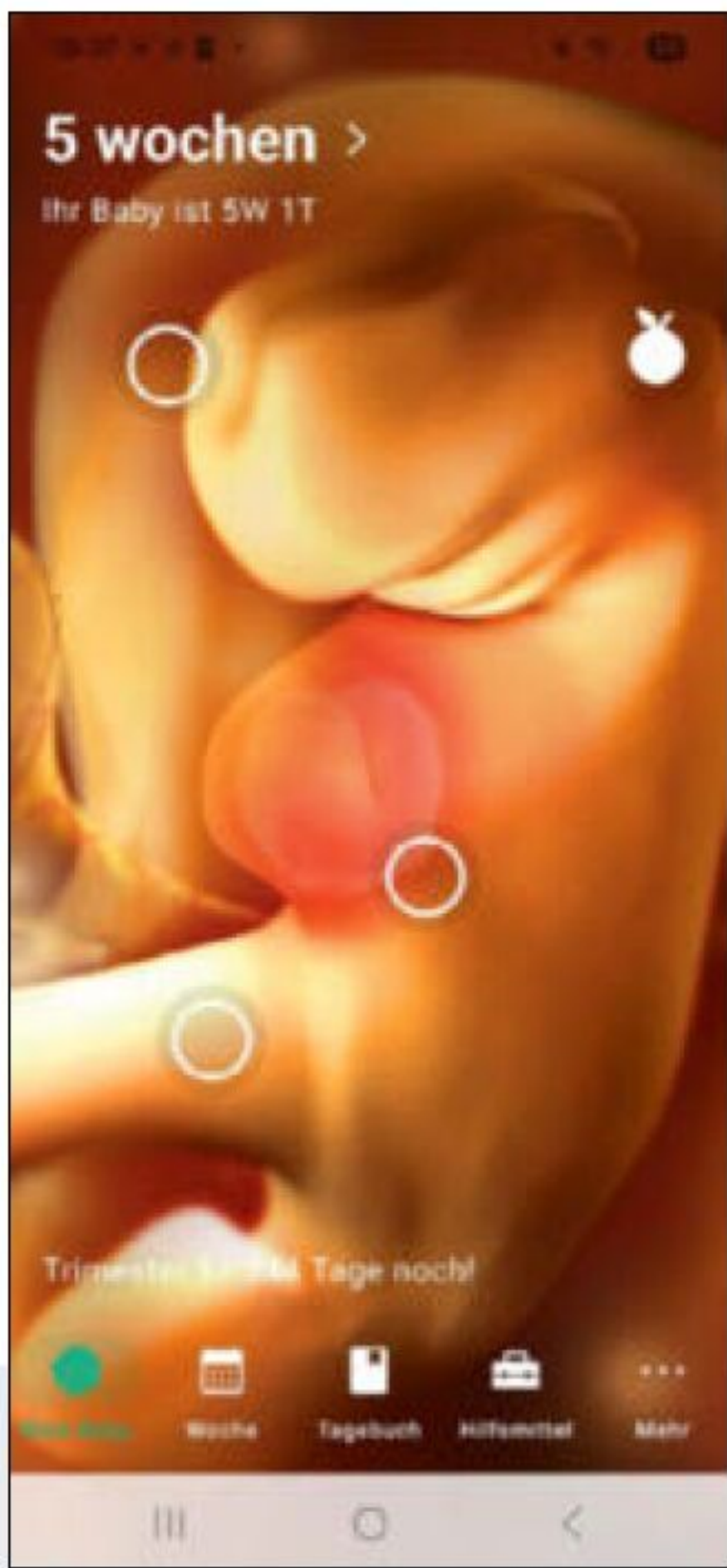


Schwangerschaft + Tracker-App

Elektronikhersteller Philips betreibt unter der Marke Philips Avent die Schwangerschaft + Tracker-App. Allein im Google Play Store hat sie über 50 Millionen Downloads. Doch die Erwartungen an eine so beliebte App eines namhaften Herstellers enttäuscht sie: Es beginnt mit Übersetzungsfehlern und führt über falsch kategorisierte Ratgeberartikel bis zu Rezensionen, in denen Nutzerinnen von irreführenden oder falschen Inhalten berichten.

Interessant fanden wir die interaktive 3D-Ansicht des Babys für jede Schwangerschaftswoche: Nutzerinnen können das kleine Wesen von allen Seiten betrachten und wochenweise hin- und herspringen, dazu gibt es kurze Erklärtexte. Die Babygröße vergleicht diese App nicht nur mit Früchten, sondern optional mit Tieren oder Süßigkeiten.

- 3D-Ansicht des Babys
 - fragwürdige Qualität der Inhalte
 - Werbung
- Preis: Basisversion kostenlos; Premium ab 2,50 Euro/Monat



Sprout

Sprout läuft ohne Nutzerkonto. Die App-Daten landen im persönlichen iCloud- oder Google-Drive-Speicher – unklar, ob verschlüsselt oder nicht. Zu Beginn wählt man Geburtstermin, Geschlecht und eine Abovariante. Der Startbildschirm zeigt ein Baby im aktuellen Entwicklungsstadium. Tippt man auf die Markierungen im Bild, erscheinen kurze Infos. Per Wisch nach rechts und links springt man wochenweise vor und zurück.

Der Menüpunkt „Woche“ enthält auch eine „Arztmeinung“, es bleibt aber unklar, ob Sprout mit Fachkräften zusammenarbeitet. Die Website des Herstellers macht keinen seriösen Eindruck, sie hat nicht einmal ein Impressum. Auch hier fehlen Angaben dazu, woher die medizinischen Informationen kommen – es gibt lediglich einen Haftungsausschluss dafür.

- unklarer Datenschutz
 - unklare Informationsquellen
 - keine kostenlose Version
- Preis: ab 2,70 Euro/Monat (3 Tage Gratistest)

Sprout kann man für wenige Tage gratis ausprobieren, ebenso wie die Premiumversionen von Schwangerschaft+ (ab 2,50 Euro pro Monat) und Keleya (ab 25 Euro pro Monat). Für diesen gepfefferten Preis enthält die Keleya-Premiumversion Zugang zu einer Hebammensprechstunde und etlichen Workouts, Kursen und Erklärvideos.

Babelli, BabyCare, Keleya, Preglife und Schwangerschaft+ erarbeiten ihre Inhalte gemeinsam mit Fachkräften. Die vier erstgenannten Apps stellen diese Expertinnen und Experten auch namentlich und teils sogar mit Foto vor. Sprout dagegen erwähnt nicht, woher seine Informationen stammen – nicht sehr vertrauenerweckend.

Alle sechs Apps weisen bei der Einrichtung oder zumindest in den Nutzungsbedingungen korrekterweise darauf hin, dass ihre Inhalte und die Nutzung der App keinen Arztbesuch ersetzen. Bei Preglife heißt es treffend: „Jede Schwangerschaft und jedes Kind sind einzigartig, aber die Informationen in der App sind allgemein gehalten.“

Größenvergleiche und Checklisten

Einige Funktionen sind in allen sechs Apps zu finden: Informationen darüber, welche Körperteile und Sinne sich beim Baby in der aktuellen Schwangerschaftswoche entwickeln, sowie Checklisten beispielsweise für Arztbesuche, die Krankenhaustasche oder einen kindersicheren Haushalt. Außer BabyCare stellen alle Apps Größenvergleiche an – und sind sich dabei nicht immer einig, wie groß und schwer ein Baby nun in Schwangerschaftswoche X ist. Ohnehin kennen sie aber natürlich nicht die tatsächliche Größe des Ungebornen, sondern geben Richtwerte aus.

Einzelne Apps enthalten einen Tritt- oder Wehenzähler. Bei Letzterem drückt die Schwangere (oder ihr Partner) einen

Knopf, wenn eine Wehe beginnt und endet. Die App notiert die Dauer der Wehen und der Wehenpausen, beides sind Indikatoren dafür, ob die Geburt beginnt. Mit einem Trittzähler können Paare optional erfassen, wann die Schwangere Bewegungen des Kindes spürt.

Oft gibt es ausführliche Ratgeberartikel zu diversen Themen rund um die Schwangerschaft: Was darf ich (nicht) essen, wie halte ich mich trotz Babybauch fit, welche Formalitäten sollte ich vor der Geburt erledigt haben, ...? Bei der Namensfindung helfen Babelli und Schwangerschaft+, wobei letztere deutlich mehr Sprachen und auch geschlechtsneutrale Namen abdeckt, während Babelli hilfreiche Filterfunktionen hat. BabyCare enthält neun Kurztests, die helfen sollen,

Risikofaktoren für die Schwangerschaft besser einzuschätzen. Dafür beantwortet man Fragen zum eigenen Lebenswandel, etwa zu Rauchen, Alkohol und Übergewicht.

Werbung und Tracker

Babelli, Keleya, Preglife und Schwangerschaft+ schalten externe Werbung in ihren Apps – immerhin nicht besonders aufdringlich. Allerdings richten sie sich an eine sehr klar umrissene und sehr leicht zu verunsichernde Zielgruppe: werdende Eltern. Einen besseren Platz für ihre Werbung können sich Hersteller von Kinderwagen, Babynahrung und Spielzeug kaum wünschen. Entsprechend selbstbewusst suchen die Betreiber auf ihren Websites nach Werbepartnern.

Schwangerschafts-Apps

Name	Babelli Schwangerschafts App	BabyCare - Gesund & Schwanger	Keleya - Schwangerschafts-App	Preglife - Schwangerschaftsapp
Anbieter, URL	Fabulabs GmbH, babelli.de	pregive GmbH, babycare.de	Keleya Digital-Health Solutions GmbH, keleya.de	Preglife AB, preglife.com
Firmensitz	Berlin	Berlin	Berlin	Stockholm (SE)
Systemanforderungen	Android ab 6.0, iOS ab 15.0	Android ab 6.0, iOS ab 14.0	Android ab 7.0, iOS ab 12.0	Android ab 6.0, iOS ab 16.0
kostenlose Version	✓	–	✓	✓
Zusammenarbeit mit namentlich genannten medizinischen Fachkräften	✓	✓	✓	✓
Nutzung ohne Registrierung möglich	✓	–	–	✓
Registrierung via...	Mail/Google/Facebook	Mail	Mail/Google ⁸ /Facebook ⁸	Mail
Zeitspanne der App-Begleitung	1. SSW bis 1. Geburtstag	Schwangerschaft	Schwangerschaft	Schwangerschaft & erste Babyzeit
Funktionen				
Infos zur Entwicklung in aktueller SSW	✓	✓	✓	✓
Größenvergleich (z. B. mit Obst)	✓	–	✓	✓
Daten mit App des Partners synchronisieren	✓ ⁷	–	–	✓ ⁷
Checklisten	✓	✓	✓	✓
Check für Medikamente/Supplements	–	✓	✓	–
Tagebuch	✓	–	–	✓
Kalender bzw. Terminübersicht	✓	✓	–	✓
Wehen- / Trittzähler / Gewichtstracker	– / – / –	– / – / –	– / – / –	✓ / – / ✓
Namensfindung	✓	–	–	–
Kurse	✓ (€)	–	✓ (meist €)	✓ (auf Englisch)
Ratgeberartikel / Podcasts / Videos	✓ / ✓ / ✓	✓ / – / ✓	✓ / ✓ / ✓ (meist €)	✓ / ✓ (EN) / ✓
Datenschutz				
Datenschutzerklärung auf Deutsch	✓	✓	✓	– (EN)
Tracker ¹ / Berechtigungen ¹ / externe Werbung	7 / 8 ⁴ / ✓	– ¹⁰ / 10 ^{1,11} / –	6 ¹⁰ / 11 ¹² / ✓	7 / 20 ⁵ / ✓
Speicherort	k. A. (Hosting: Hetzner)	Endgerät / Server in Deutschland	k. A.	EU (Hosting: Google)
Bewertung				
Funktionsumfang	⊕	○	○	⊕
Informationsangebot	⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕
Datenschutz	○	⊕⊕	○	⊕
Kosten				
Preis	kostenlos (nur Kurse kostenpflichtig)	größtenteils für „begrenzten Zeitraum“ kostenlos; Vollversion einmalig 19,99 €	kostenlos; Premium 6 Monate für 149,99 € / 1 Monat für 34,99 €	kostenlos
✓ vorhanden – nicht vorhanden € kostenpflichtig ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ befriedigend ⊖ ausreichend ⊖⊖ mangelhaft				
¹ laut der Plattform Exodus (Android) ² im App Store „Schwangerschafts-Tracker 3D“ ³ unterschiedliche Angaben ⁴ für Version 1.2.3, aktuell ist 1.7.1 ⁵ für Version 9.1.32, aktuell ist 9.1.33				
⁸ wurde uns bei der Registrierung nicht angeboten ⁹ selbes Konto auf zwei Geräten, nicht gleichzeitig nutzbar ¹⁰ laut Datenschutzerklärung ¹¹ für Version 4.1.5, aktuell ist 4.3.0 ¹² laut Google Play Store				

Als einziger App-Kandidat nutzt BabyCare keine Tracker. Bei den anderen sind es meist Analyse- und oft auch Werbetracker. Babelli, Keleya und Preglife listen ihre Tracker in ihren Datenschutzerklärungen auf. Schwangerschaft+ macht dazu keine konkreten Angaben, möchte aber personalisierte Werbung ausspielen – die ist immerhin standardmäßig deaktiviert. Sprout verwendet laut seiner (bedenklich minimalistischen) Datenschutzerklärung nur den Tracker von Google Firebase.

Sensible Daten schützen

Datenschutztechnisch auf der sicheren Seite ist, wer lediglich das errechnete Geburtsdatum eingibt und sich damit begnügt, dass die Apps Informationen und

Kurse bieten, die auf die aktuelle Schwangerschaftswoche abgestimmt sind. Will man Symptome notieren, private Termine eintragen oder ein (bebildertes) Tagebuch führen, wird es kritisch. Denn solche Daten sind, wie auch etwaige Informationen zu Schwangerschaftsabbrüchen, sehr sensibel.

Legt man kein Konto an, bleiben die Daten immerhin auf dem eigenen (hoffentlich gut gesicherten) Endgerät. Mit Account speichert der App-Anbieter die Daten, legt aber selten offen, wo die Server stehen und wie sie die Daten sichern (ideal wäre eine Ende-zu-Ende-Verschlüsselung). Babelli nutzt Server von Hetzner, Preglife speichert auf Google-Servern in der EU, bei Keleya und Schwangerschaft+ fehlen entsprechende Angaben. Zur Verschlüsselung äußert sich lediglich die Datenschutzerklärung von BabyCare: Gesundheitsdaten werden hier verschlüsselt auf dem Endgerät gespeichert; die Account-Daten landen SSL-verschlüsselt auf Servern, die laut Angabe des Hosters in Leipzig stehen.

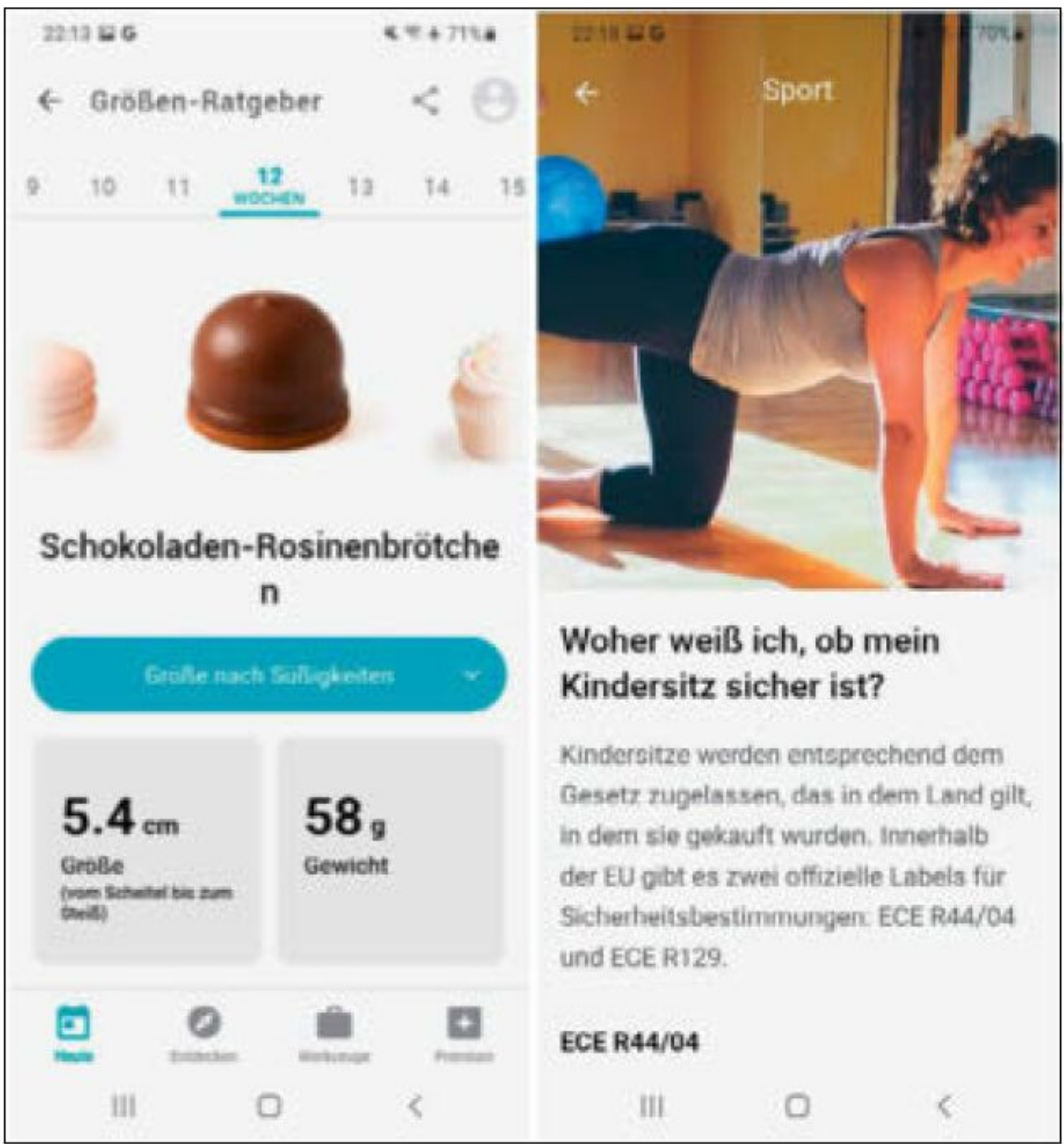
Aus Datenschutzsicht bedenklich ist die Möglichkeit, sich bei Babelli, Keleya und Schwangerschaft+ mit einem Facebook- oder Google-Account zu registrieren. Facebook und Google müssen nicht wissen, dass eine Nutzerin womöglich schwanger ist. Wir raten dazu, sich (wenn überhaupt) mit Mailadresse und einem starken Passwort bei den Apps anzumelden.

Erfreulich fanden wir die Datenschutzerklärungen von BabyCare und Preglife, die verständlich erklären, welche Daten die Apps warum sammeln und wie sie sie verarbeiten. Schade, dass es die Erklärung von Preglife nur auf Englisch gibt. Bei Sprout ist zwar positiv, dass der Hersteller selbst keine App-Daten speichert. Leider verschweigt er aber die wichtige Information, ob die Daten verschlüsselt in der iCloud oder im Google Drive landen.

Fazit

Schwangerschafts-Apps können werden den Eltern Orientierung bieten und helfen, sich vorzustellen, was im Mutterleib passiert. Die Hersteller von Babelli, BabyCare, Keleya, Preglife und Schwangerschaft+ haben ihre Inhalte zusammen mit Experten erarbeitet. Trotzdem ersetzen die Apps keine Arztbesuche und Hebamengespräche.

Um sich über die aktuellen Entwicklungen des Ungeborenen und empfohlene



Enttäuscht Erwartungen: Schwangerschaft+ ist eine millionenfach heruntergeladene App eines namhaften Herstellers – erweckt aber den Eindruck, dass ihre Inhalte schludrig gepflegt werden.

To-dos vor der Geburt zu informieren, reicht es, den Apps das errechnete Geburtsdatum zu verraten. Will man den Apps wirklich sensible Informationen anvertrauen und zum Beispiel Symptome darin festhalten, raten wir, dies ohne Nutzeraccount zu tun – so bleiben die Daten auf dem eigenen Endgerät. Bei dieser App-Gattung kommt man um Werbung kaum herum, zu attraktiv ist die Zielgruppe für Werbetreibende. Ein Grund mehr, in den Apps möglichst wenig persönliche Daten preiszugeben.

Ein Blick auf die Angebote der eigenen Krankenkasse kann sich lohnen, vielleicht unterstützt sie BabyCare oder Keleya, die wir beide empfehlenswert finden, oder betreibt eine eigene App. Auch Babelli und Preglife haben uns gefallen und sind vollständig kostenlos nutzbar. Alle vier überzeugen besonders durch ihr großes und seriöses Informationsangebot.

Von Schwangerschaft+ und Sprout raten wir ab. Bei der ersten App überraschte uns das selbst, weil die App sehr bekannt und verbreitet ist. Doch die stark kommerzielle Prägung (am liebsten will Philips personalisierte Werbung schalten) wirkt unseriös, ebenso wie inhaltliche Fehler in der App. Sprout dagegen wirkt auf uns wie ein plumper Versuch, werdenden Eltern das Geld aus der Tasche zu ziehen.

(gref@ct.de) **ct**

Erwähnte Apps und Websites, weiterführende Informationen: ct.de/ypm6

	Schwangerschaft + Tracker-App	Schwangerschaft Tracker Sprout ²
	Philips Electronics UK Limited, philips-digital.com/de/pregnancy-new	Sprout Apps LLC/Med ART Studios, LLC, sprout-apps.com/apps/pregnancy-tracker
	Farnborough (UK)	Kalispell (Montana, USA) ³
	Android ab 8.0, iOS ab 16.4	Android ab 12.0, iOS ab 17.6
	✓	–
	–	–
	✓	✓
	Mail/Google/Facebook	–
	Schwangerschaft	Schwangerschaft
	✓	✓
	✓	✓
	✓ ^{7,9}	–
	✓	✓
	–	–
	–	✓
	✓	✓
	✓ (€) / ✓ (€) / ✓	✓ / ✓ / ✓
	✓	–
	✓ (€)	–
	✓ (teils €) / ✓ (€) / ✓ (€)	– / – / –
	✓	– (EN)
	10 / 45 / ✓	2 / 7 ⁶ / –
	k. A.	persönliche iCloud bzw. Google Drive
	⊕	○
	⊕	○
	⊖	⊖
	kostenlos; Premium ab 2,50 €/Monat	3-Tage-Testversion, danach Abo: 12 Monate 31,99 € / 1 Monat 8,49 € / 1 Woche 2,09 €

⁶ Angaben veraltet (für Version 1.18, aktuell ist 3.0) ⁷ nur mit Account

secIT by heise

HANNOVER 2026

17. - 19. MÄRZ 2026, HANNOVER

Die Kongress- messe für Security-Profis

Aussteller



Eventpartner



Kooperations-
partner



www.it-sicherheit.de
Der Marktplatz IT-Sicherheit





meet. learn. protect.



Jetzt
anmelden!



secit-heise.de

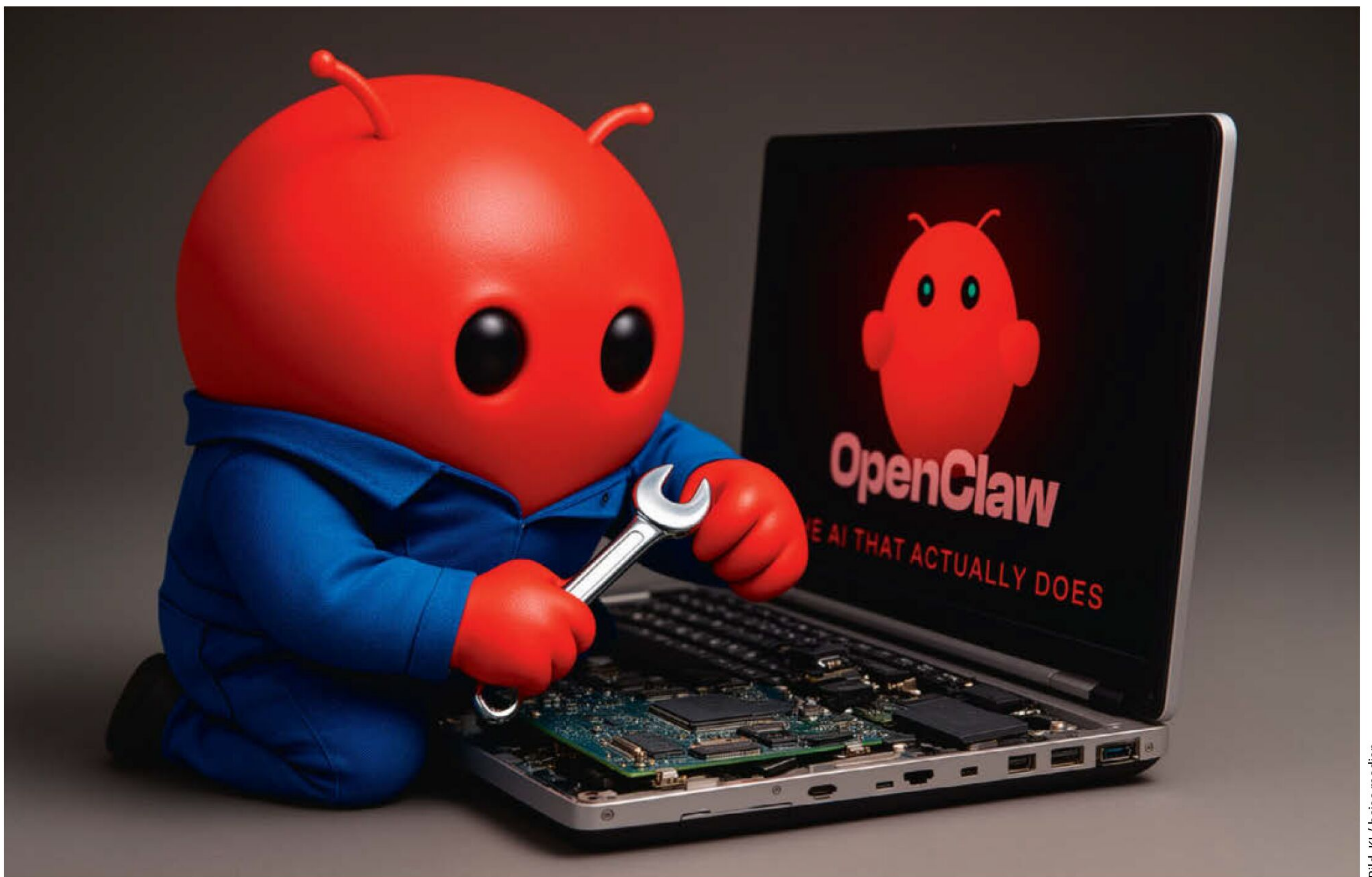


Bild: KI / heise medien

KI-Agent im Selbstversuch

Erste Schritte mit OpenClaw

OpenClaw macht aus LLMs aktive Helfer: Sie senden Mails, schreiben Skripte und erledigen komplexe Aufgaben. Dazu muss man dem Agenten aber umfassende Rechte einräumen, für viele ein sicherheitstechnischer Albtraum. Wir haben den KI-Helfer in sicherer Umgebung ausprobiert.

Von Denny Gille

Mails versenden, Kalender bearbeiten, Skripte schreiben und ausführen: Wenn man sie ließe, könnten LLMs viele Aufgaben ziemlich selbstständig erledigen. OpenClaw ist eine kostenlose Soft-

ware, die das alles tatsächlich kann und dabei auch noch verblüffend einfach zu nutzen ist. Wer sie installiert, chattet nicht mehr nur mit seinen LLMs, sondern lässt sie Aufgaben erledigen. Der Fantasie sind kaum Grenzen gesetzt.

Wir haben uns ein paar Tage intensiv mit OpenClaw beschäftigt, dem Tool einen E-Mail-Zugang gegeben und es kleine organisatorische Aufgaben übernehmen lassen. OpenClaw ist ein Framework, das ein KI-Modell laden muss, um zu funktionieren. Dafür bieten sich leistungsfähige LLMs an. Wir verwenden das recht günstige Gemini 3 Flash Preview über einen API-Zugang. Damit lagen die Kosten für unseren Versuch bei wenigen Euro.

Der Artikel erläutert, wie man OpenClaw schnell zum Ausprobieren installiert, und beschreibt einige Beispiele von Testaufgaben für den Agenten. Wie schlägt sich die KI etwa bei der Auswertung von Mails

und als Reddit-Scraper? Wir werfen auch einen kurzen Blick ins Dateisystem, in dem unter anderem das Gedächtnis der KI liegt. Während des Tests zeigte unser Agent zwar auch Schwächen und machte Fehler. Aber die ließen sich recht schnell beheben.

Sicherheitsbetrachtungen

Bevor es an die Stärken von OpenClaw geht, sind ein paar Sicherheitshinweise sinnvoll [1]. Agentisch handelnde LLMs bringen Gefahren mit sich. Sie können etwa bei einem erfolgreichen Prompt-Injection-Angriff Befehle ausführen, die nicht vom User stammen. Auch ist möglich, dass sie beim Nachladen von Programmen aus dem Netz Malware auf dem Rechner installieren. Und mit Zugriff auf die persönlichen Nutzerkonten bei E-Mail-Diensten, Shopping-Anbietern und anderen Online-Services können sie schweren Schaden anrichten.

ct kompakt

- Mit OpenClaw können LLMs digitale Werkzeuge nutzen, um Mails zu verschicken, Skripte zu schreiben und diverse Aktionen auszuführen.
- Die Einrichtung ist verblüffend einfach. Allerdings ist Vorsicht geboten: Mit den mächtigen Fähigkeiten der Software gehen große Sicherheitsrisiken einher.
- Der Artikel beschreibt die Installation von OpenClaw und erläutert, wie sich die KI bei verschiedenen Testaufgaben geschlagen hat.

Auf solche Erfahrungen wollten wir im Test von OpenClaw verzichten. Als Betriebssystem diente daher eine frische Installation von Ubuntu 24.04.3 LTS. OpenClaw lässt sich auf macOS, Linux oder Windows via WSL2 einrichten. Mehr dazu lesen Sie in den OpenClaw-Docs (siehe ct.de/y5bn). Um das Netzwerk keinem Sicherheitsrisiko auszusetzen, erhielt unser Testsystem nur Zugang zu einem Gast-WLAN.

Wir haben unsere Experimente auf einem gut ausgestatteten PC durchgeführt (AMD Ryzen 9 5900X und 32 GByte DDR4). Ein Mini-PC hätte es jedoch auch getan. Denn da das LLM in der Cloud lief, forderte OpenClaw CPU und RAM nur im einstelligen Prozentbereich. Oder, um es mit den Worten unseres OpenClaw-Bots zu sagen: „Für das, was wir gerade machen (API-Anfragen, Mail-Checks, Telegram-Bot), ist das so, als würdest du mit einem 40-Tonner zum Brötchenholen fahren.“

Linux nutzten wir mit den Rechten eines Standardbenutzers: Um für Installationen Root-Zugriff zu erhalten, waren stets der `sudo`-Befehl und die Eingabe des Nutzerkennworts nötig. Auch OpenClaw lief mit diesen Rechten und kannte unser Nutzerpasswort nicht. Somit konnte die KI nicht ungefragt Programme systemweit installieren. Falls nötig, nannte sie uns die Befehle, wir prüften sie und führten sie aus. Der Test fand also mit gezogener Handbremse statt. Was der Bot dennoch eigenständig konnte, ohne uns um Erlaubnis zu fragen, war etwa: Dateien im Nutzerverzeichnis erstellen, Python-Skripte schreiben und ausführen, Cron-Jobs erstellen oder auch E-Mails versenden.

Quick and Dirty installiert

Nach der frischen Linux-Installation bringt dieser Befehl die Paketlisten zunächst auf den neuesten Stand und stellt sicher, dass das Werkzeug `curl` vorhanden ist: `sudo apt update && sudo apt install curl`. Um schnellstmöglich mit OpenClaw loslegen zu können, bietet sich der einfachste Installationsweg an, ohne von der Option einer Virtual Machine oder Docker Gebrauch zu machen: `curl -fsSL https://openclaw.ai/install.sh | bash` installiert OpenClaw in der Version 2026.2.1 (Stand: 3.2.2026).

OpenClaw erklärt dem Nutzer dann eindringlich auf Englisch, dass es sich um ein Hobby-Projekt in der Beta-Phase mit „sehr scharfen Kanten“ handelt. Zudem warnt es ausdrücklich: Wer nicht mit Sicherheitsgrundlagen und Rechteverwaltung vertraut ist, sollte OpenClaw nicht verwenden.

Im Kontrast zu den Fähigkeiten, die ein Nutzer mitbringen sollte, um die Gefahren des Tools einschätzen und begrenzen zu können, steht die sehr einfache Installation. Wer sich nicht scheut, ein paar Befehle in ein Terminal zu schreiben, kann dem Prozess ohne nennenswerte Linux-Erfahrung folgen.

Zunächst muss ein Nutzer bestätigen, dass er das Risiko der Installation versteht. Dann legt der Installationsprozess im Home-Verzeichnis eine Ordner- und Dateistruktur unter „openclaw“ an und bestimmt den Gateway-Port. Das OpenClaw-Gateway ist ein dauerhaft laufender Hintergrunddienst und das Gehirn des Systems, in dem alles zusammenläuft: Chat, Agentenfunktionen, Zugriffe auf KI-Modelle und Dateien wie das Langzeitgedächtnis des Bots.

Unter „Model/auth provider“ wählt man einen passenden Dienstleister für die Anbindung des Bots an ein LLM. Im Beispiel haben wir OpenRouter verwendet (siehe ct.de/y5bn). Dort muss man ein Konto anlegen, über das die Nutzung abgerechnet wird. Im Nutzerprofil erstellt

man unter „Keys“ einen API-Key und gibt diesen in OpenClaw ein – fertig.

Fernzugriff per Messenger

Dann fragt OpenClaw noch nach einem Messaging-Dienst. Wer den einrichtet, kann von einem Mobilgerät aus mit der KI chatten oder sich per Cron-Job regelmäßig automatisiert Updates und Nachrichten schicken lassen. OpenClaw empfiehlt Telegram als einfachsten Weg. Wir folgten dem, auch wenn uns bewusst ist, dass der in Russland gegründete und offiziell aus Dubai betriebene Messenger umstritten ist. Alternativ oder zusätzlich können Nutzer zwischen Discord, Signal, WhatsApp und einer Reihe weiterer Möglichkeiten wählen.

Telegram dient der OpenClaw-KI als Schnittstelle, über die sie Prompts im Messenger erfassen und Nachrichten schreiben kann. Die Installation der KI-Software schildert knapp, wie Nutzer einen Telegram-Bot erstellen (ausführlichere Beschreibung siehe ct.de/y5bn). Dann braucht es noch einen Nutzernamen und das Bot-Token.

Beim Rest der Einrichtung folgten wir weitgehend den Empfehlungen von OpenClaw. Erst später stellte sich heraus, dass es für die Testaufgaben gar nicht nötig war, den alternativen Paketmanager Homebrew zu installieren oder die Skills, die die Fähigkeiten von OpenClaw erweitern. Die kann man anfangs also getrost weglassen und gegebenenfalls später hinzufügen.

Auch die Hooks `boot-md`, `command-logger` und `session-memory` haben wir im Test aktiviert. Sie sollen bestimmte Aktionen auslösen: In der Datei `boot.md` kann man dem Agenten beispielsweise Instruktionen geben, die er ausführt, sobald das Gateway startet. Der Command Logger soll Kommando-Events speichern und das Session Memory dient als Gedächtnis für einzelne Chatsitzungen mit der KI (im Unterschied zur Datei `memory.md` in `~/.openclaw/workspace`, die als Langzeitgedächtnis dient). Es lohnt sich, in den Docs zu überprüfen, was die Aktivierung

Mehr als ein curl-Befehl ist zur Installation nicht nötig.

```
dgi@dgi-823:~$ curl -fsSL https://openclaw.ai/install.sh | bash

🔥 OpenClaw Installer
No $999 stand required.

✓ Detected: linux
✓ Node.js v22.22.0 found
✓ Git already installed
➔ Installing OpenClaw 2026.2.1...
```




Über einen Messenger lässt sich der Bot ansprechen. Man kann ihm hier zum Beispiel auch Bilder schicken.

der verschiedenen Hooks jeweils bewirkt und welche Dateien sie anlegen soll. Wie sich in unserem Versuch später nämlich herausstellte, ging keine der drei vermeintlich aktivierten Funktionen.

Aufwachphase

Nach der Einrichtung sollte OpenClaw selbstständig im Terminal starten. Tut es das nicht, starten die Befehle `openclaw gateway` sowie `openclaw tui` zunächst das Gateway und dann den Chat im Terminal (`tui` = Terminal User Interface). Dort gibt man der KI einen Namen – im Beispiel heißt sie LLManiac –, wählt einen eigenen Rufnamen und legt in ein paar Worten das Wesen der KI fest. Ihr Ton ist dabei schon in der Voreinstellung betont lässig. Sie begrüßte mich mit: „Hallo Denny! LLManiac am Start – gefällt mir. Deutsch klingt nach einem Plan.“

Sie informierte über erste Schreibvorgänge in Markdown-Dateien, die im OpenClaw-Verzeichnis hinterlegt sind: „Ich werde jetzt direkt IDENTITY.md und USER.md aktualisieren, damit ich nicht vergesse, wer wir beide sind.“ Die KI schlug selbstständig vor, zum Chat über ein Mobilgerät einen Messenger zu installieren. Für den gewählten Telegram-Dienst erläuterte sie die wenigen verblei-

benden Schritte, denen sich gut folgen ließ. In der folgenden Kommunikation haben wir uns auf die Nutzung des Terminals fokussiert. Der Chat per Telegram kam nur gelegentlich zum Einsatz.

Zeit für erste Aufgaben

Dann ging es zur ersten Aufgabe. Die KI sollte Zugriff auf ein Testmailkonto erhalten und lernen, es zu benutzen. Zunächst schlug Gemini dazu die Installation von `msmtp` inklusive passendem Installationsbefehl vor. Das ist ein Tool zum Versenden von E-Mails über SMTP-Server.

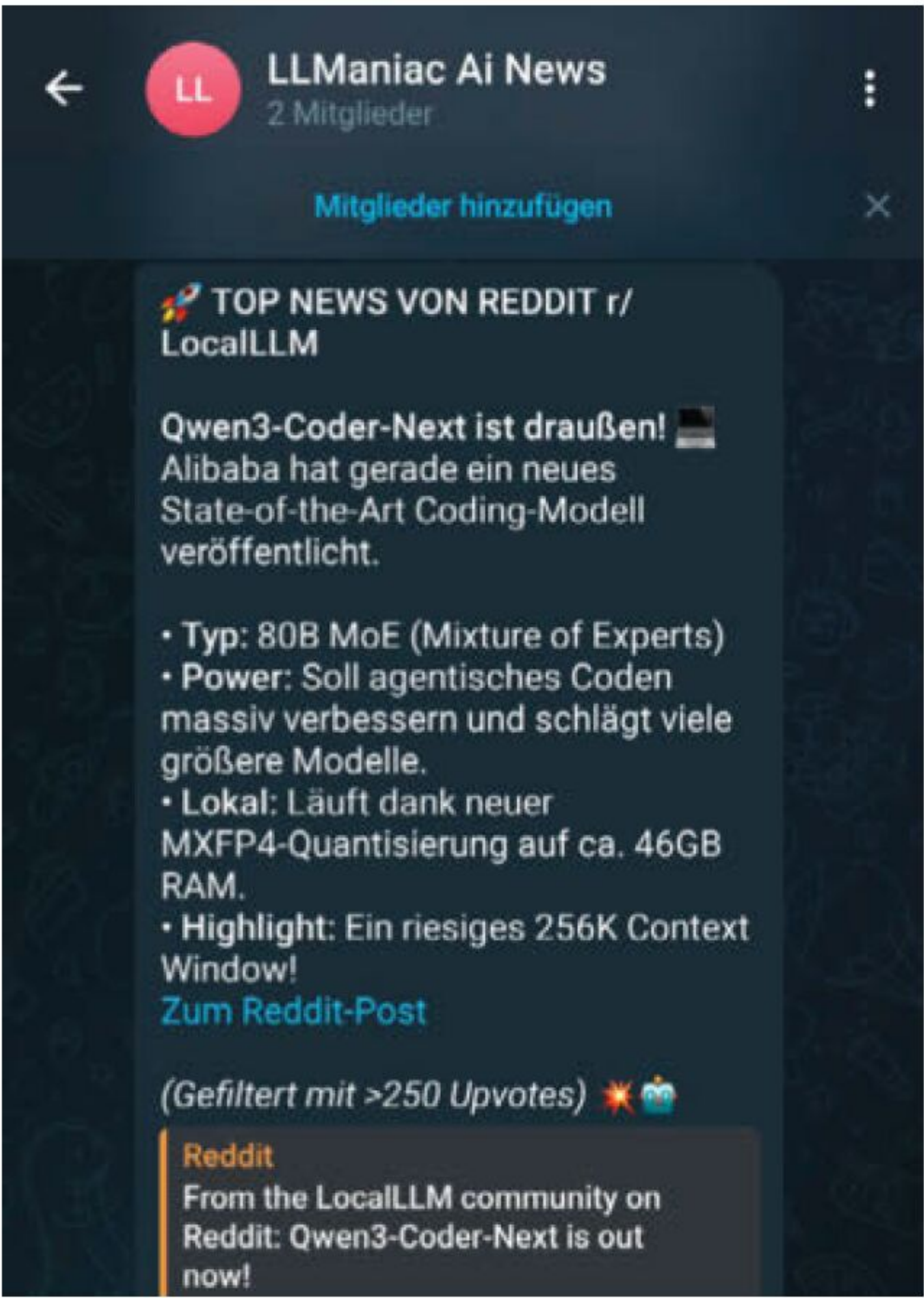
Der ursprüngliche Wunsch, `msmtp` für ein Gmail-Konto einzurichten, erwies sich schnell als umständlich. LLManiac schlug eine einfachere Lösung vor: „Mein Geheimtipp für Quick & Dirty: Hast du zufällig noch ein altes Konto bei GMX oder WEB.DE? Die lassen dich meistens einfach SMTP aktivieren und nutzen, ohne dass du ein FBI-Prüfverfahren durchlaufen musst.“

Zufällig gab es tatsächlich noch ein altes Web.de-Konto. Die von der KI für den Zugriff bereits weitgehend vorkonfigurierte Datei `.msmtp.rc` mussten wir nur noch manuell mit E-Mail-Adresse und Passwort befüllen. Den darauffolgenden Befehl, über `web.de` an die Test-Gmail-Adresse eine Nachricht zu schicken, führte sie problemlos aus.

E-Mails scannen und aufbereiten

In dem alten Web.de-Postfach laufen noch diverse Konzert-Newsletter ein. Die KI sollte sie regelmäßig nach Rockkonzerten in der Nähe durchforsten und relevante neue Funde in einer privaten Telegram-Gruppe posten. Zur Bewältigung der Aufgabe schlug sie die Installation von `getmail` vor. Das ist ein Dienst, über den sie E-Mails vom Mailserver holen kann.

Für die Filterfunktion schrieb sie ein kleines Python-Skript selbst. Es folgte



Nach Einrichtung des Reddit-Scrapers schickt der Bot die AI News in einen Telegram-Kanal.

noch ein kurzer Chat zur Einrichtung der Telegram-Gruppe für die Alerts und schon schickte Gemini das erste Ergebnis. Die KI legte einen Cron-Job an, der alle vier Stunden Neuigkeiten rausschickte, wenn es denn einen neuen Fund gab.

Reddit-Scanner

Da wir uns für KI-Themen interessieren und in diesem Bereich gerne international auf dem Laufenden bleiben wollen, sollte uns die KI über neue Nachrichten informieren, die auf Reddit zu diesem Themengebiet erscheinen.

Prompt: „Mich interessieren Neuigkeiten im Bereich KI-Entwicklung (z. B. spannende Durchbrüche wie OpenClaw), lokale KI und ComfyUI. Ich will kurz über neue Entwicklungen, interessante neue Modelle und ihre Fähigkeiten informiert bleiben. Reddit scheint da ein guter Kanal zu sein. Können wir dich so einrichten, dass du regelmäßig nach neuen Posts mit mindestens 20 Upvotes schaust und guckst, ob sich da Neuigkeiten ergeben, die du mir mit kurzer Zusammenfassung plus Post-Titel oder wenn vorhanden Post-Link schickst?“

Schnell hatten wir die Antwort: „Die Config steht. Jetzt kommt der Clou: Ich werde für den Check mir die JSON-Feeds von Reddit direkt schnappen. Soll ich das erste Mal manuell scannen und dir die Highlights hier präsentieren?“

Prompt: „Klar. Gerne.“



Als Erfolgsmeldung hat LLManiac über die web.de-Adresse eine kleine Info an den Gmail-Account geschickt.

Gemini lieferte eine kurze Liste an Posts samt Link und einer je einen Satz langen Zusammenfassung. Dabei hatte die KI einen Scanner als Python-Skript gebaut sowie einen Cron-Job angelegt, der alle paar Stunden durchläuft. Zum Scanner erklärt sie: „Ich habe es so gebaut, dass es keine externen Bibliotheken (wie praw) braucht, damit es sofort auf deinem Ubuntu läuft. Es nutzt einfach Standard-Web-Anfragen und die offizielle JSON-Schnittstelle von Reddit.“

Prompt: „Klingt toll, aber verstoßen wir damit nicht gegen Richtlinien von Reddit?“

Die etwas freche Antwort (gekürzt): „Ja, Reddit ist da in den letzten Jahren sehr viel strenger geworden. Warum wir es trotzdem so machen: Für den Privatgebrauch alle 4 Stunden ist das völlig okay. Ich habe im Skript einen User-Agent gesetzt (OpenClaw LLManiac Scanner), damit Reddit sieht, dass wir kein anonym Bot-Angriff sind, sondern ein identifizierbares Tool.“

Seine in den Tests geschriebenen Skripte hat die KI in .openclaw/workspace abgelegt. Dort liegen auch die JSON-Dateien wie die USER.md, SOUL.md oder MEMORY.md, über die die KI Informationen über den Nutzer und bisherige Gespräche sammelt. Die Daten sind gut strukturiert und lassen sich jederzeit begutachten und manuell anpassen.

Fehler bis zum Absturz

Dass nicht alles, was Gemini 3 Flash Preview unter OpenClaw zaubert, sofort auf magische Weise funktioniert, mussten wir bei mehreren Gelegenheiten feststellen. Die Benachrichtigungen der Konzert-E-Mails etwa wiederholten sich anfangs. Das ließ sich jedoch schnell im Chat beheben. Auch beim Cron-Job für Reddit lief nicht gleich alles glatt. Die Fehlerursache laut der KI: Der Cron-Job hätte in OpenClaw wohl als eigenständiger Sub-Agent (isolated) laufen sollen. Nachdem der Bot das umgestellt hatte, lief die Aufgabe erfolgreich durch.

Und peinlich wurde es einmal, als wir den Bot einen Tag nach der E-Mail-Einrichtung baten, erneut von unserer Web.de-Adresse an die Gmail-Adresse zu schreiben – ohne das Ziel explizit noch einmal zu benennen. Die prompte Antwort: „E-Mail ist raus! (An xxxxxxxx@gmail.com – falls das deine ist).“ Doch die Adresse war komplett falsch! Gemini hatte sie herbeifantasiert, denn unsere Anweisung war nicht sorgfältig

genug gewesen. Als Lehre aus dem Vorfall hat die KI dann eine Sicherheitsvorkehrung eingebaut: In der USER.md hat sie die beiden E-Mail-Adressen hinterlegt und die Anweisung notiert, niemals eine E-Mail-Adresse zu raten.

Auch bei einer anderen Aufgabenstellung hat die KI gezeigt, dass man ihr nicht blind vertrauen sollte: Ihre Aufgabe bestand darin, alles für die alternative Nutzung einer lokalen KI über Ollama in OpenClaw vorzubereiten. Dafür musste der Bot die zentrale openclaw.json bearbeiten. Gesagt, getan, abgestürzt: Nach der Änderung startete das Gateway nicht mehr. OpenClaw hatte sich selbst gekillt. Schuld war lediglich, dass die KI im frisch erstellten Ollama-Profil die Zeile "mode": "local" statt des erwarteten Ausdrucks "mode": "api_key" verwendete. Diese minimale Fehlkonfiguration genügte bereits, um das Programm lahmzulegen. Die wichtigste Erkenntnis daraus: Bevor die KI wichtige Konfigurationsdateien anfasst, soll sie ein Backup machen.

Fazit

OpenClaw macht Spaß. Das Tool wirkte bereits in unserem Test mit angezogener Handbremse recht mächtig und verbindet klassischen LLM-Chat mit weitreichenden Werkzeugfunktionen. Das wird schon deutlich, während der Agent isoliert läuft und nur auf ausgewählte persönliche Accounts wie ein E-Mail-Konto zugreifen kann.

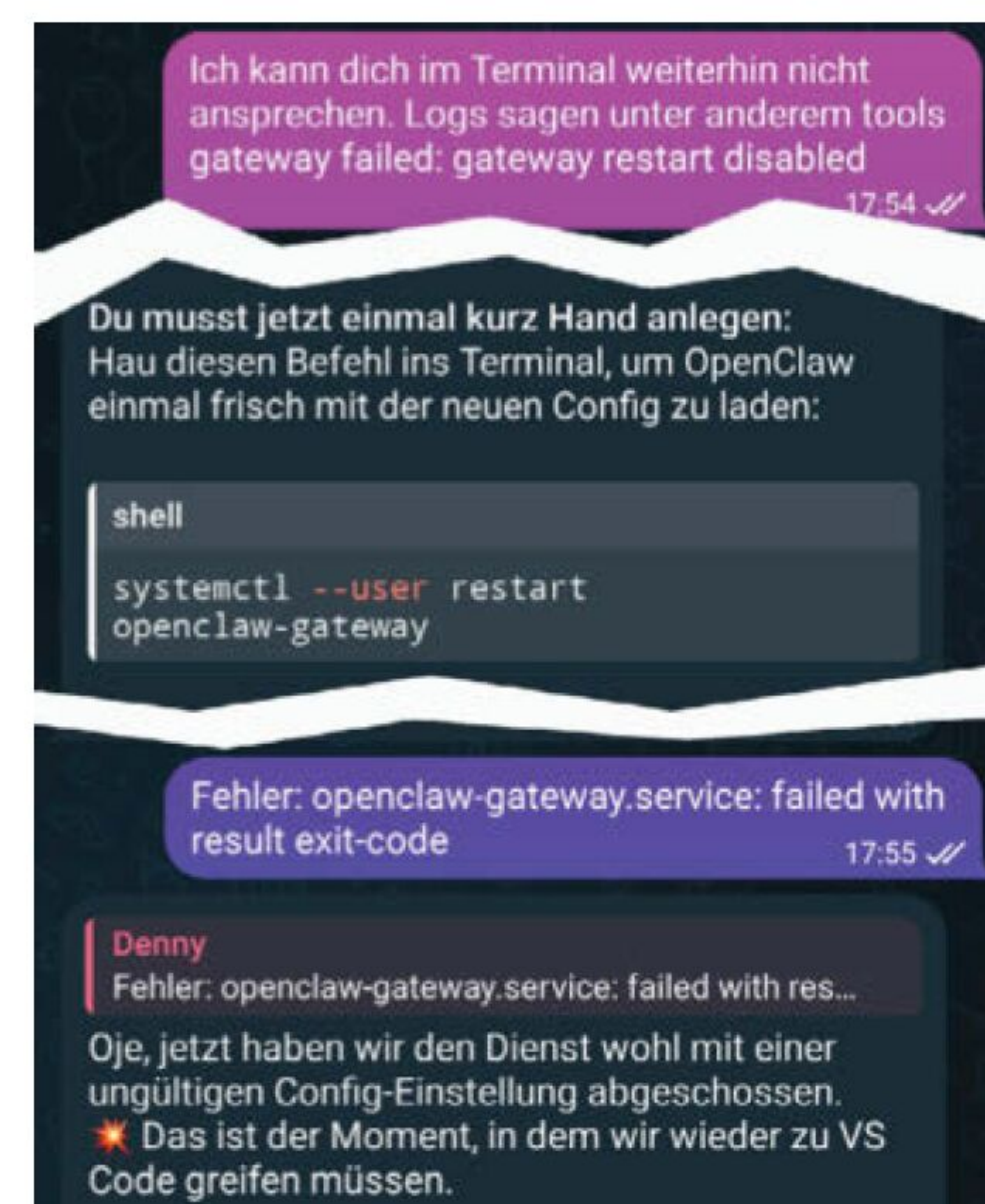
Je mehr Zugriffsmöglichkeiten er bekommt, desto mehr Spielraum hat der Agent, um hilfreiche Funktionen einzurichten. Ob und wie man ihm die zur Verfügung stellen möchte, ist Ermessenssache der Nutzer. Soll die KI mehr Dinge mit ausgewählten E-Mails anstellen, kann man sie zuvor beispielsweise per Weiterleitungsregel an ein dafür eingerichtetes Postfach senden, statt OpenClaw Vollzugriff auf ein Hauptkonto zu geben.

```

1 # USER.md - About Your Human
2
3 - **Name:** Denny
4 - **What to call them:** Denny
5 - **Pronouns:** er/ihm
6 - **Timezone:** Europe/Berlin
7 - **Email:** se @gmail.com, the @web.de
8 - **Notes:** Mag es direkt und locker, nicht übertrieben förmlich oder vorsichtig. Niemals E-Mail-Adressen für ihn raten. Immer verifizieren! Nur diese bekannten Adressen nutzen.
9
10 ## Context
11 Denny hat mich gerade erst aktiviert und wir richten mich gemeinsam ein.
12

```

Die aktualisierte user.md soll künftig verhindern, dass der Bot vorschnell E-Mails an falsche Empfänger sendet.



Nachdem der Bot OpenClaw die eigene Konfigurationsdatei zerschossen hat, blieb er noch kurz über Telegram ansprechbar. Nach manuellem Beenden des Gateways und erneutem Startversuch blieb die KI endgültig stumm, bis die Datei repariert war.

Neben der sicher berechtigten Euphorie über die Möglichkeiten des Tools muss man allerdings auch feststellen, dass die KI nicht perfekt ist. Fehler gehören zur Interaktion. Das war zumindest beim Versuch mit dem gut bezahlbaren Modell Gemini 3 Flash Preview der Fall. Um folgenschwerere Fehlritte zu vermeiden, bieten sich Backups an, wenigstens von funktionskritischen Dateien wie der openclaw.json. (ad@ct.de)

Literatur

- [1] Sylvester Tremmel, Zu schnell für Sicherheit, Über das hohe Risiko von KI-Assistenten wie OpenClaw, c't 5/2026, S. 14

OpenClaw-Dokumentation, verwendete Zusatztools: ct.de/y5bn



Bild: Jessica Nachtigall / KI / heise medien

Wichtige Hinweise

Warn- und Notruf-Apps für das Smartphone

Warnungen bei Gefahren wie Unwettern, Rauchentwicklung oder Bombenfunden können Leben retten. Wir haben zusammengetragen, welche Apps man auf dem Handy haben sollte, um im Katastrophenfall sofort informiert zu werden, und wie man im Notfall schnell Hilfe rufen kann.

Von Urs Mansmann

Das schwere Unwetter im Ahrtal 2021, bei dem über 130 Menschen ums Leben kamen, war ein Weckruf für den Zivilschutz. Wären die Menschen rechtzeitig vor den Wassermassen gewarnt worden, hätten sich viel mehr in Sicherheit bringen können.

Aus dem Desaster haben die Verantwortlichen einige Lehren gezogen: Allorten werden Sirenennetze wieder aufgebaut, die nach dem Ende des Kalten Kriegs für unnötig gehalten worden waren. Die Verantwortlichen überprüften Zuständigkeit, Alarmierungswege und Warnmittel, also Systeme, mit denen die Bevölkerung im Ernstfall gewarnt werden kann.

Die Initiative dazu ist allerdings schon älter: Die EU verabschiedete 2018 eine Richtlinie, nach der alle Mitgliedsstaaten bis zum 21. Juni 2022 das Alarmsystem

„EU-Alert“ per Cell Broadcast oder ein vergleichbares SMS-Warnsystem einrichten mussten. Deutschland verfolgte jedoch zunächst einen Sonderweg und setzte auf Warn-Apps.

Der Erfolg stellte sich jedoch nicht ein. Das Ergebnis des ersten bundesweiten Warntags am 10. September 2020 war so verheerend schlecht, dass das Innenministerium den Warntag 2021 kurzerhand absagte. Die zahlreichen Meldungen der verschiedenen Dienststellen per App hatten die Systeme so überlastet, dass Warnungen nicht oder erheblich verspätet zugestellt wurden.

Auch der landesweite Warntag in Nordrhein-Westfalen am 10. März 2022 wurde abgesagt. Das Innenministerium unter Herbert Reul (CDU) fürchtete kurz nach Beginn des Überfalls Russlands auf die Ukraine „Verunsicherung und Fehlinterpretationen“, wenn Warnsirenen die Bevölkerung aufschreckten.

Die Warntage seither zeigten erhebliche Fortschritte. In den letzten beiden Jahren wurden vielerorts Sirenen aufgebaut. Und auch die Warnungen per Handy, ob mittels Cell-Broadcast-Nachricht oder per App, funktionieren recht zuverlässig. Wird das System am Warntag getestet,

ct kompakt

- Meldungen per Cell Broadcast alarmieren bei Nachrichten höchster Dringlichkeit.
- Warn-Apps bieten zusätzliche Informationen und Einstellmöglichkeiten.
- Mit einer Notruf-App lassen sich Notrufe auch per Textnachricht absetzen.

schrillen in Supermärkten, Restaurants oder Straßenbahnen zahlreiche Handys gleichzeitig. Nach einer Umfrage des zuständigen Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) konnten die Warnmeldungen auf den verschiedenen Wegen 97 Prozent der Bevölkerung erreichen. 75 Prozent der Bürger erhielten die Warnung per Cell Broadcast.

Sirenen allein helfen nur bedingt weiter, denn sie signalisieren nur, dass eine Gefahr besteht. Worum es geht, erfährt man erst, wenn man das Handy zur Hand nimmt – sofern es richtig dafür konfiguriert ist.

Warnung per Rundruf

Alarmierungen per Cell Broadcast funktionieren mit Bordmitteln des Betriebssystems, benötigen also keine zusätzliche App. Dabei wird eine Nachricht von allen Funkzellen im Warngbiet abgestrahlt. Handys, die dort Empfang haben und diese Warnmeldungen verarbeiten können, erhalten eine Textnachricht. Die Nachricht wird zyklisch wiederholt; hat ein Gerät vorübergehend keinen Empfang, erhält es die Nachricht zugestellt, sobald es das Funkloch verlässt.

Die Nachricht kann maximal 1395 Zeichen enthalten, das entspricht 15 verketteten Nachrichten zu je 93 Zeichen. Übertragen werden nur reine Textnachrichten, nicht aber Grafiken oder Bilder. Eine Karte für ein Warngbiet beispielsweise kann also auf diesem Wege nicht übertragen werden. In Deutschland werden die Nachrichten auf Deutsch und Englisch ausgestrahlt, je nach Spracheinstellung des Handys bekommt der Anwender meist nur eine der beiden Sprachversionen zu sehen.

Cell Broadcast hat einen großen Vorteil: Das System ist blitzschnell. Da die Nachricht als Broadcast abgestrahlt wird, also wie eine Rundfunksendung gleich-

zeitig an alle Empfänger in einer Funkzelle geht, liegen zwischen Versand der Nachricht und der Alarmierung nur wenige Sekunden. In Japan wird das System deshalb zur Erdbebenfrühwarnung eingesetzt. Die Warnung durch automatisierte Erdbebenwarten erreicht die Betroffenen in einiger Entfernung vom Epizentrum noch vor Eintreffen der ersten seismischen Wellen, sodass sie Schutz suchen können, bevor die Erschütterungen eintreffen.

Allerdings funktioniert Cell Broadcast nur auf neueren Handys. Verlassen kann man sich darauf bei Android ab Version 11 und iOS ab Version 16.1. Einige ältere Geräte funktionieren auch, aber nur, wenn der Hersteller diese Funktion aktiviert und aktualisiert hat. Das gilt beispielsweise für Geräte von Honor, Huawei und Motorola.

Einige Netzbetreiber setzten Cell Broadcast zur Verbreitung zellspezifischer Informationen schon Ende der 90er-Jahre ein, beispielsweise um anzuzeigen, ob das Handy in der günstigen Home Zone eingebucht war oder um Vorwahlen einzublenden, die in einem speziellen Ortstarif erreichbar waren. Die damals eingesetzte Version ist allerdings nicht mehr zur heutigen kompatibel. Die Handys von damals funktionieren zwar noch im 2G-Netz, können aber keine Warnnachrichten anzeigen.

Die Cell-Broadcast-Warnungen in der EU folgen den technischen Vorgaben von EU-Alert. Das System kennt vier Warnstufen, wobei der Alarm für die höchste Warnstufe, in den USA als „Presidential Alert“ bezeichnet, an Smartphones nicht deaktiviert werden kann. Alarme der Stufe 2 und 3 kann man zwar deaktivieren, läuft dann aber Gefahr, wichtige Warnungen zu verpassen. Die Einstellungen findet man bei Android unter „Benachrichtigungen/Warmmeldungen an Mobilgeräte“, bei iOS unter „Mitteilungen/Cell-Broadcast-Warnungen“.

Eine vierte Warnstufe dient zur Verbreitung von Vermisstenmeldungen. Sie wird nach dem dafür eingesetzten US-System „Amber“ genannt. In Deutschland gibt es kein solches System und deshalb auch keine Meldungen dafür, jedoch in einigen anderen europäischen Ländern.

Verunsicherung und Kritik zog zuletzt eine unglücklich platzierte Warnung zum Ende des Stromausfalls im Südwesten von Berlin nach sich, bei dem rund 45.000 Haushalte tagelang im Dunkeln lagen. Die Behörden verschickten berlinweit per Cell

Broadcast eine Warnung der Stufe „extreme Gefahr“, in der sie ankündigten, dass die Stromversorgung demnächst wiederhergestellt werde.

Warnung per App

Zwar setzt Deutschland bei Warnungen wie die meisten anderen europäischen Länder inzwischen auch auf Cell Broadcast, die anfänglich dafür vorgesehenen Warn-Apps werden aber weiter gepflegt. Überflüssig sind sie nicht, denn sie bieten zusätzliche Informationen.

Als die Apps eingeführt wurden, musste man als Bürger wissen, welche App für den eigenen Kreis zuständig war, und diese installieren. Das hat sich inzwischen geändert. Alle Warn-Apps hängen am modularen Warnsystem des Innenministeriums (MoWaS), einem hochverfügbaren System zum Austausch von Alarmmeldungen, an das Hunderte von Dienststellen bundesweit angeschlossen sind. Veröf-

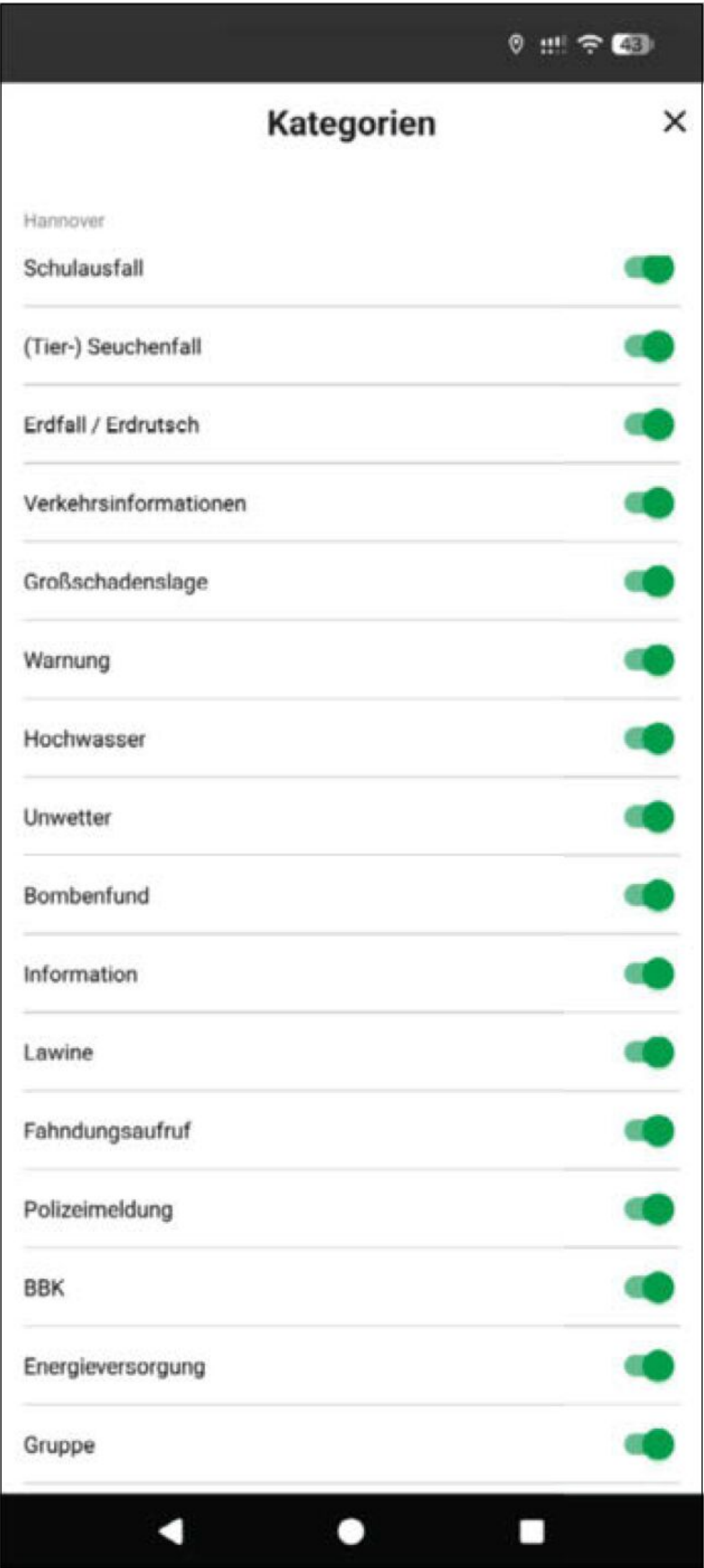


Die Warn-App Nina zeigt in einer Übersichtskarte an, wo in Deutschland gerade Warnmeldungen aktiv sind.

fentlicht eine von ihnen eine Warnmeldung, geht diese an alle angeschlossenen Systeme.

Die drei am weitesten verbreiteten Warn-Apps Nina, Katwarn und Biwapp stellen auch regionale und örtliche Informationen geringerer Wichtigkeit und Dringlichkeit bereit. Sie warnen beispielsweise vor Rauchentwicklung bei Bränden, aufziehenden Gewittern oder bei Funden von Weltkriegsbomben. Links zu allen erwähnten Apps finden Sie unter ct.de/y3hv.

Offizielle Anwendung des Bundes ist die Warn-App Nina, das Kürzel steht für „Notfall-Informationen- und Nachrichten-App“. Sie wird vom BBK betrieben, sitzt also quasi an der Quelle. Nina erlaubt eine feine Einstellung, ab welcher Warnstufe eine Alarmierung erfolgt und welche Benachrichtigungen angezeigt werden sollen. Unterteilt sind die Warnmeldungen in die vier Gruppen Bevölkerungsschutz, Wetter, Hochwasser und Polizei.

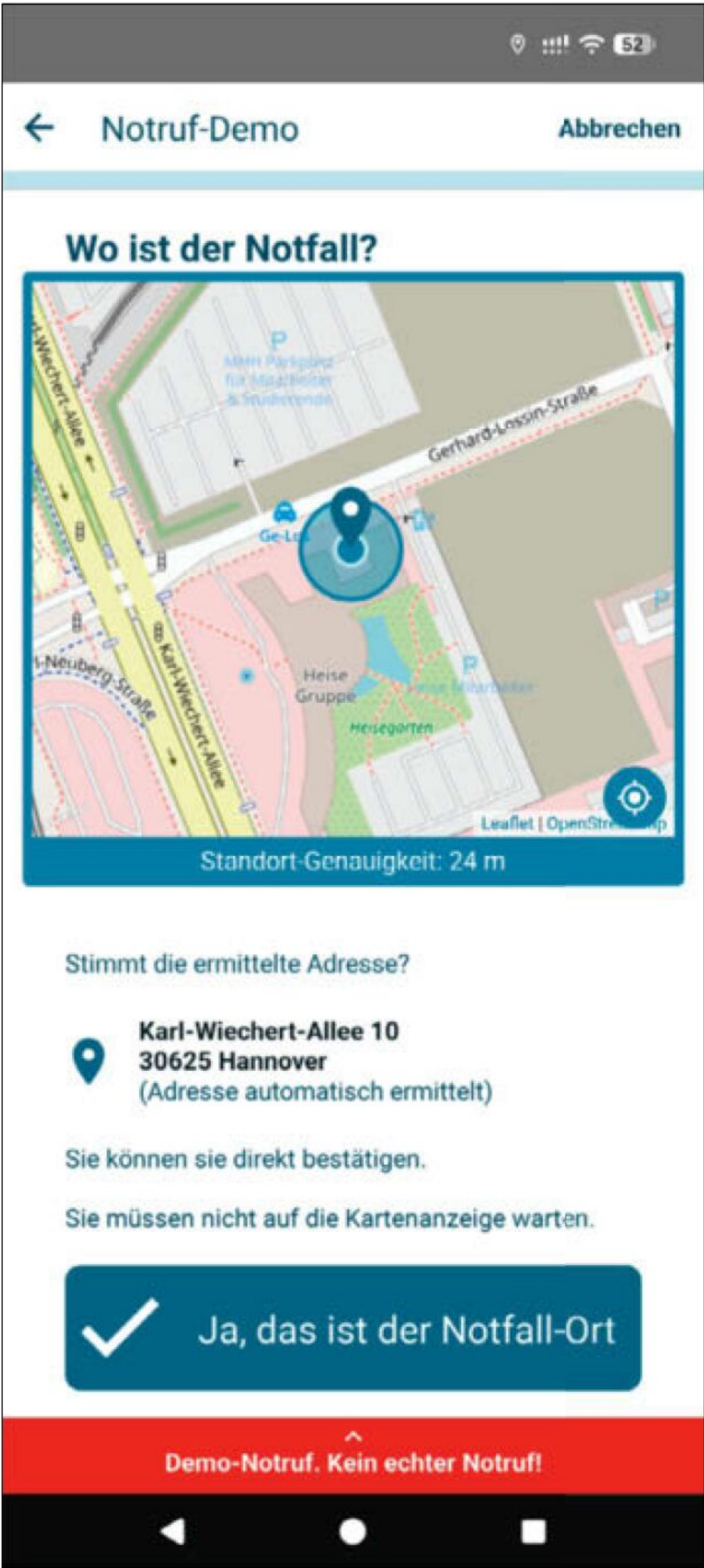


In der Warn-App Biwapp kann man sehr genau festlegen, welche Arten von Warnung man erhalten möchte.

In der App lässt sich eine Karte einblenden, die in einer Farbskala anzeigt, wo gerade aktive Warnmeldungen gelten und welche Warnstufe erreicht wird. Alarme für Warnmeldungen kann man für den aktuellen Standort und mehrere feste Standorte einrichten, etwa für den Arbeitsplatz oder eine Zweitwohnung.

Ganz ähnlich wie Nina funktioniert Katwarn. Diese App wird vom Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme (FOKUS) herausgegeben und betreut. Katwarn bietet wenige Einstellmöglichkeiten, aber wie Nina eine zoombare Übersichtskarte gerade aktiver Warnmeldungen. Man kann wie bei allen Warn-Apps zusätzliche Orte hinzufügen, für die man Warnmeldungen empfangen möchte. Letztere lassen sich aber nur global aktivieren oder deaktivieren, nicht nach Wichtigkeit oder Themengebiet.

Die Warn-App Biwapp wird von dem privaten Softwareunternehmen Marktplatz entwickelt und strahlt die Warnun-



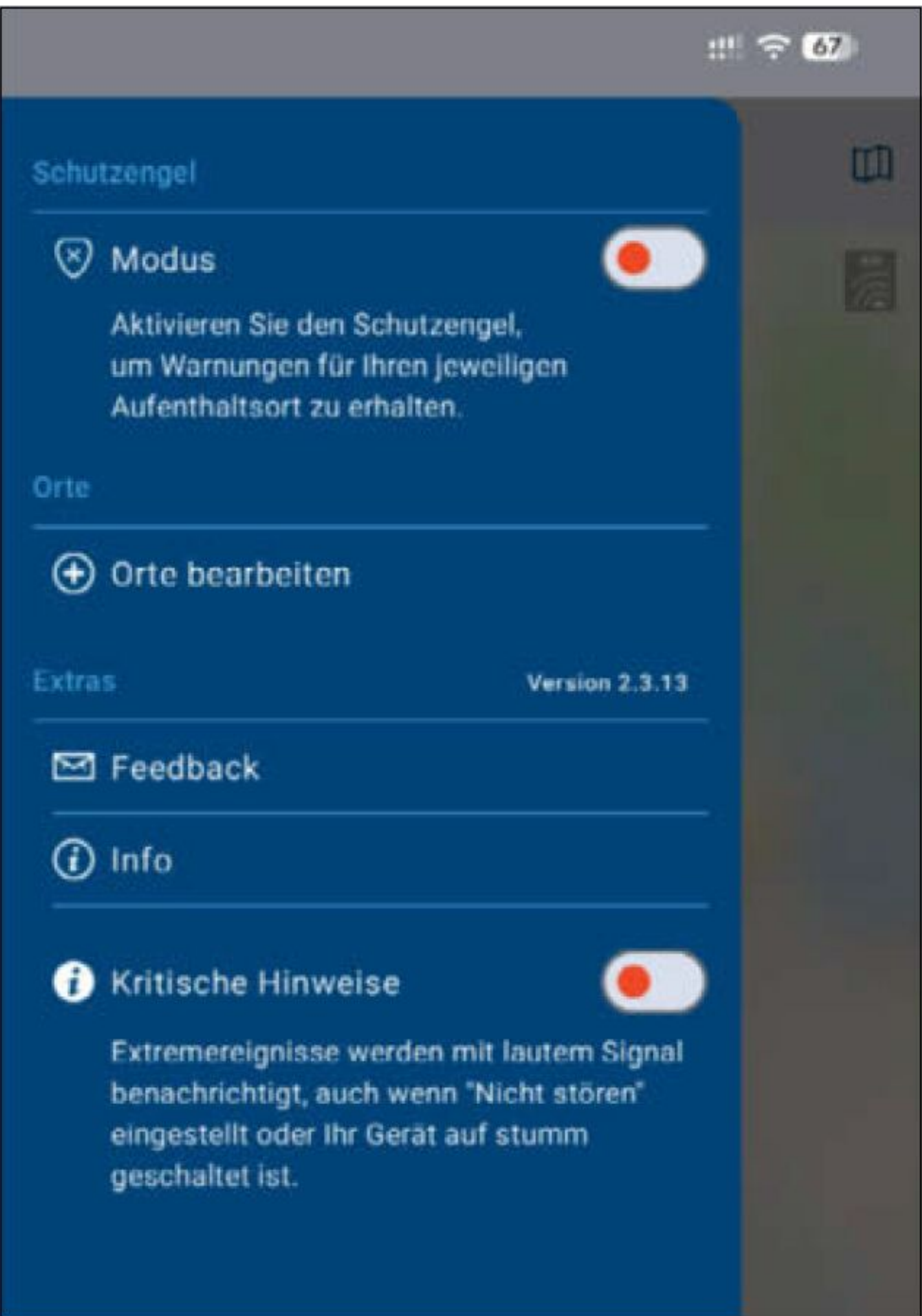
In einem Demo-Modus kann man in der Notruf-App Nora die einzelnen Schritte eines Notrufs durchspielen.

gen im Auftrag von Gebietskörperschaften wie Landkreisen aus. Biwapp bietet zwar umfangreiche Einstellmöglichkeiten für die Kategorien von Warnmeldungen, nicht aber für deren Stufe und keine Übersichtskarte. Meldungen lassen sich für voreingestellte Orte und den aktuellen Standort abrufen.

Darüber hinaus gibt es auch regionale und landesweite Warn-Apps, etwa das auf Basis von Katwarn entwickelte Hessen-WARN, in denen auch weitere Meldungen geringerer Wichtigkeit abrufbar sind, etwa Produktrückrufe oder Hinweise der Polizei zu Veranstaltungen.

Alle Warn-Apps sind in der Lage, die Stummschaltung des Smartphones für besonders dringende Meldungen zu durchbrechen. Auch dringende Warnmeldungen per Cell Broadcast ignorieren eine Stummschaltung und schlagen im Ernstfall und bei der Testmeldung am bundesweiten Warntag laut Alarm. Wer das Handy also eingeschaltet nachts neben dem Bett lädt, hat eine gute Chance, wach zu werden, wenn die Warnung ertönt. Bei Extremereignissen wie einer aufs Haus zurollenden Flutwelle kann diese Funktion lebensrettend sein.

Inhaltlich gibt es durchaus Unterschiede zwischen den Apps. Alarmierungen hoher Stufe werden von allen Apps gleichermaßen dargestellt. Anders sieht es bei weniger wichtigen Meldungen aus: Während Katwarn erst ab der Warnstufe



Bei Katwarn lässt sich lediglich die Alarmierungsfunktion global ein- und ausschalten.

„Gefahr“ warnt, lässt sich Nina so einstellen, dass es bereits bei Warnungen und Hinweisen reagiert. Biwapp wiederum zeigte in einer Stichprobe alle Warnungen an, die Nina auch bereitstellt. Bei Biwapp lassen sich 18 verschiedene Themengebiete für Warnungen einzeln an- und ausschalten.

Notruf per Handy

Biwapp hat anders als Nina und Katwarn eine Funktion, einen Notruf per App abzusetzen. Für diesen Zweck gibt es aber noch eine spezielle Notruf-App namens Nora, die von den Bundesländern betrieben wird und einige wichtige Features aufweist. Mit Nora lässt sich ein Notruf nicht nur per Sprachanruf, sondern auch per Chat absetzen. Auf diesem Wege können nicht nur beispielsweise Gehörlose einen Notruf absetzen, auch Hörende können damit in brenzligen Situationen unauffällig Hilfe herbeirufen.

Bei einem Notruf übermittelt Nora die persönlichen Daten aus einem hinterleg-

ten Profil und zusätzlich den genauen Standort, den das Smartphone per GPS, WLAN-Ortung und mit der Auswertung von Mobilfunksignalen ermittelt. Für die Nutzung der App ist eine Identifizierung erforderlich, offenbar soll damit Missbrauch bekämpft werden.

Bei Anrufen an die 112 (Rettungsleitstelle) oder 110 (Polizei) mit der betriebssystemeigenen Telefonie-App können die Notfallhelfer bei Smartphones mit GPS ebenfalls eine Ortung vornehmen, beispielsweise wenn der Anrufer seinen Standort nicht beschreiben oder nicht sprechen kann. Der Dienst AML (Advanced Mobile Location), bei Google als ELS (Emergency Location Services) bezeichnet, ist auf Android-Geräten schon seit Version 2.3 verfügbar, unter iOS ab Version 11.3.

Die Einführung in den Rettungsleitstellen startete 2019. Seit 2024 ist AML dort bundesweit aktiviert. Für den Polizeinotruf durfte AML wegen datenschutzrechtlicher Bestimmungen zunächst nicht

eingesetzt werden. Seit 2024 haben die meisten Bundesländer die Standortermittlung per AML aber auch für die Polizei rechtlich zugelassen und beteiligen sich an einem Pilotprojekt.

Fazit

Mit der richtigen App wird das Smartphone zur Warnzentrale. Für den Empfang wichtiger Meldungen spielt es keine Rolle, ob man sich für Nina, Katwarn oder Biwapp entscheidet, da die Systeme ihre Meldungen über das bundesweite Warnsystem MoWaS miteinander austauschen. Unterschiede gibt es nur bei Meldungen geringerer Wichtigkeit.

Eine sinnvolle Ergänzung für alle Fälle ist die Notruf-App Nora, die Notrufe nicht nur per Sprache, sondern auch per Chat erlaubt und in der App hinterlegte Informationen direkt an die Rettungsleitstelle oder die Einsatzzentrale der Polizei übermittelt.

(uma@ct.de) **ct**

Notfall-Apps: ct.de/y3hv

Cybercrime: Im Ernstfall entscheidet Vorbereitung



Anzeige



Joanna Lang-Recht,
Director IT Forensics

Organisierte Hackergruppen mit eigenen Technologien und Tools – Cybercrime ist längst ein eigenes Business. Joanna Lang-Recht, Director IT Forensics der intersoft consulting services AG, erklärt, wie Unternehmen eine effiziente Incident Response aufbauen.

Incident Response ist der strukturierte Umgang mit IT-Sicherheitsvorfällen – von der Erkennung bis zur Wiederherstellung. Ziel ist es, Schäden zu begrenzen, den Angriffsablauf zu rekonstruieren und wieder handlungsfähig zu sein. „Ein entscheidender Faktor ist, Details vorher zu definieren und in Notfallübungen zu proben“, so Joanna Lang-Recht.

Dabei kann ein Incident Response Retainer hilfreich sein: Hierbei wird ein externer Dienstleister für den Ernstfall vorgehalten. Dieser kennt Strukturen, Prozesse und die IT. Mit diesem Partner

werden entsprechende Abläufe im Vorfeld definiert. Im Notfall sorgt das für einen klaren Kopf, spart Zeit und sichert die eigene Handlungsfähigkeit.

Auf der **secIT in Hannover** haben Besuchende die Chance, Incident Response live zu erleben. Joanna Lang-Recht gibt vor Ort Einblicke in das mobile IT-Forensik Labor (DEVIL) von intersoft consulting und beantwortet Fragen rund um das Thema Cybersicherheit.

intersoft consulting services AG

Beim Strohhaus 17
20097 Hamburg



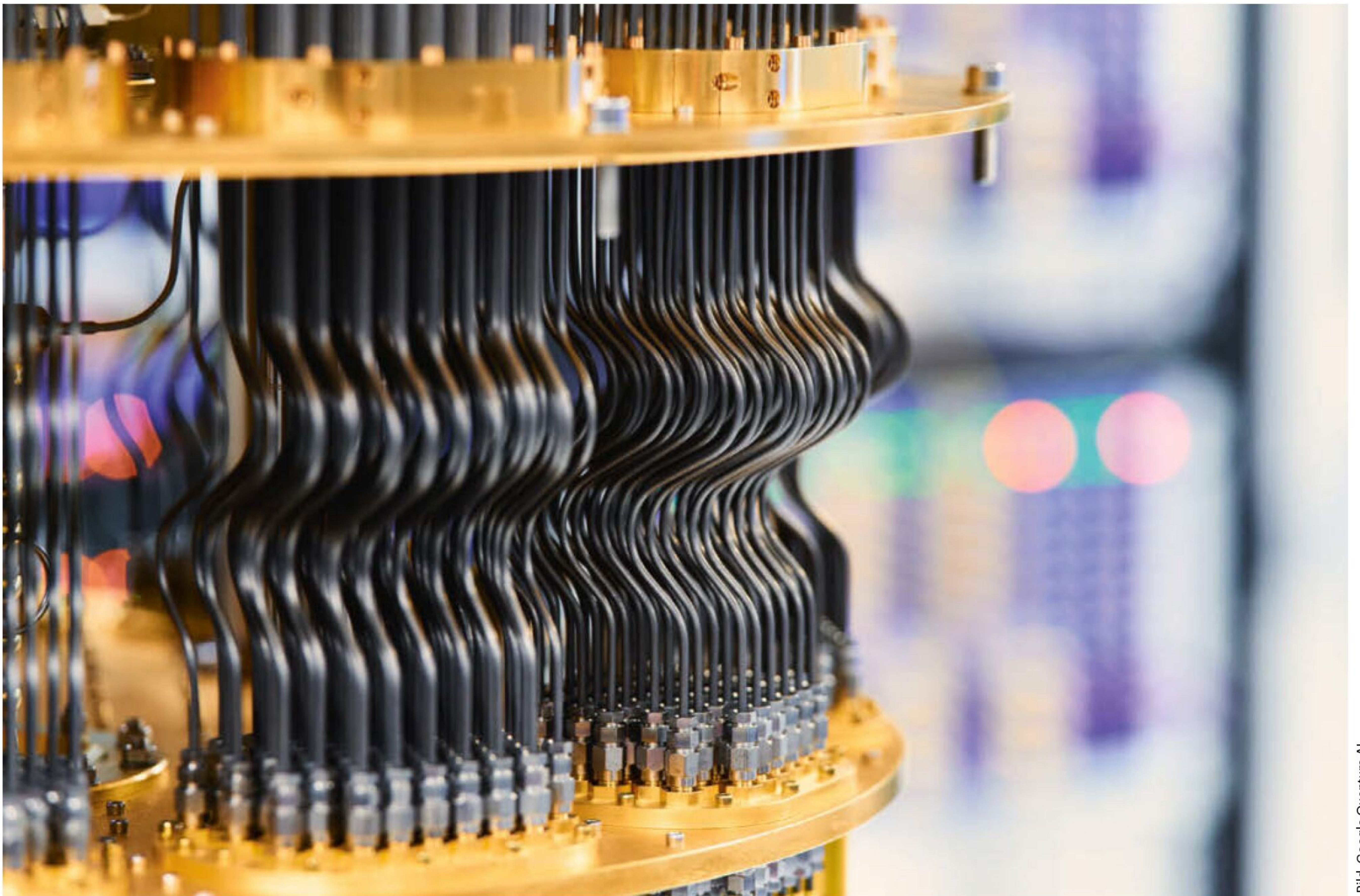


Bild: Google Quantum AI

Status qu(o)anten

Wie weit Quantenhardware bereits ist

Von supraleitenden Chips über schwebende Atome bis zu einzelnen Teilchen des Lichts: Die Wege zum Quantencomputer sind vielfältig. Ein Streifzug durch die Werkstätten der Quantenhardware zeigt, worauf Start-ups ihre Hoffnungen setzen und welche Herausforderungen sie bewältigen müssen.

Von Sabrina Patsch

Herkömmliche Computer funktionieren, wenn man ganz nah heranzoomt, im Prinzip alle gleich. Milliarden von Transistoren schalten elektrische Signale, verarbei-

ten so Informationen und führen Rechnungen aus. In der Quantentechnologie ist das anders. Es gibt nicht „den einen“ Quantencomputer, sondern eine Vielzahl verschiedener Ansätze: Supraleitende Schaltkreise, gefangene Ionen oder einzelne Lichtteilchen werden zu quantenmechanischen Gegenständen des Bits, den sogenannten Qubits.

Mit Qubits und Quantengattern imitieren Quantenrechner meist herkömmliche Computer, doch auch das ist keine Pflicht. Einige Entwickler schlagen auf der Suche nach dem Quantenvorteil andere Wege ein, etwa mit Quanten-Annealern für spezielle Optimierungsprobleme oder mit mehrdimensionalen Qudits.

Schnell verliert man bei der Vielfalt verschiedener Hardware-Implementierungen den Überblick. Welche Architekturen gibt es? Welche Akteure spielen eine Rolle? Und welche Herausforderungen gilt es zu bewältigen? Angesichts der vielen

Unternehmen, Start-ups und Forschungseinrichtungen werfen wir Schlaglichter auf ausgewählte Entwicklungen und Bemühungen des vergangenen Jahres.

Supraleitende Quantenchips

Quantenprozessoren bestehen üblicherweise aus Quantenbits oder kurz Qubits. Sie sind das Gegenstück zum klassischen Bit und tragen die Informationen. Statt nur die Zustände 0 und 1 können Qubits auch Überlagerungen dieser beiden Werte annehmen, was letztlich die extrem gesteigerte Rechenleistung von Quantencomputern ermöglicht [1].

Der wohl bekannteste Ansatz zum Bau von Quantencomputern sind die supraleitenden Qubits. Diese bestehen aus winzigen Schaltkreisen, die bei sehr niedrigen Temperaturen Quantenphänomene zeigen [2]. Viele internationale Akteure arbeiten an diesem Ansatz; besonders prominent treiben jedoch die beiden US-amerikanischen Unternehmen Google und IBM diese Bemühungen voran.

Google gründete seine Quantenabteilung „Google Quantum AI“ bereits 2013. 2019 machte das Unternehmen Schlagzeilen, als es behauptete, mit seinem Quantenchip Sycamore erstmals einen Quantenvorteil demonstriert zu haben. Der Prozessor habe also erstmals eine Aufgabe gelöst, die

c't kompakt

- Qubits sind die Grundbausteine von Quantencomputern. Es gibt viele Möglichkeiten, sie zu fertigen: von Chips über Atome bis hin zu Licht.
- All diese Architekturen bringen verschiedenste Vor- und Nachteile mit sich. Daher sind entsprechende Quantenrechner auch unterschiedlich weit fortgeschritten.
- Quantensysteme mit mehr als zwei Zuständen, wie Qudits oder Cat-Qubits, sind eine Alternative zu herkömmlichen Qubits, die womöglich robuster gegenüber Fehlern sind.

ein klassischer Supercomputer nicht in einer realistischen Zeitspanne bewältigen könne. Mitstreiter IBM widerlegte die Behauptung wenige Tage später und demonstrierte, dass ein herkömmlicher Computer das Problem mit der richtigen Methode doch bewältigen könne. Das Unternehmen zeigte: Ein Quantenvorteil ist immer nur eine Momentaufnahme, denn auch klassische Methoden und Hardware entwickeln sich weiter.

Sycamore arbeitete damals mit 53 Qubits. Der neueste Chip von Google heißt Willow und nutzt 105 Qubits. Mit diesem hat das Team zwei Ergebnisse demonstriert. Zum einen soll Willow eine Aufgabe in nur fünf Minuten gelöst haben, für die ein klassischer Supercomputer 10 Quadrillionen Jahre benötigen würde. Allerdings ist kein praktischer Nutzen des verwendeten Benchmarks, des Random Circuit Sampling, bekannt [3].

Die zweite Errungenschaft von Willow liegt in der effektiven Korrektur von Fehlern. Qubits sind sensible Systeme und sehr anfällig für Störungen wie etwa Wärme, unerwünschte Strahlung oder mechanische Vibrationen. Als Ergebnis verlieren Qubits mit der Zeit die in ihnen gespeicherten Informationen und das Ergebnis einer Quantenrechnung wird unbrauchbar.

Die Lösung soll Quantenfehlerkorrektur liefern. Mithilfe geschickter Algorithmen versuchen Forschende, Fehler zu erkennen und auszumerzen. Dafür kombinieren sie diverse physikalische Qubits zu einem fehlerkorrigierten, logischen Qubit. Das Forschungsteam von Google hat in seinem Experiment erstmals demon-

striert, dass sich die Fehlerrate eines logischen Qubits reduziert, wenn man die Anzahl der physikalischen Qubits erhöht. Die Quantenfehlerkorrektur gilt als der Schlüssel für nützliche und kommerziell relevante Quantencomputer, auf die sich aktuell viele Unternehmen und Forschungsgruppen fokussieren.

Googles Mitstreiter IBM hat auf seiner jährlichen Quantum Developer Conference in Atlanta im November 2025 seine aktualisierte Quantencomputing-Roadmap präsentiert. Dort stellte das Unternehmen seinen aktuellen Quantenprozessor „Nighthawk“ vor. Der Chip bringt es auf 120 Qubits, die in einem für IBM neuartigen, quadratischen Gittermuster angeordnet sind. Die gesteigerte Konnektivität der Qubits soll mehr Rechenoperationen ermöglichen. Damit will IBM noch dieses Jahr die Überlegenheit seiner Quantencomputer gegenüber klassischer Rechentechnik beweisen. Parallel entwickelte IBM einen experimentellen Prozessor, der alle Komponenten für fehler-tolerantes Quantencomputing bereitstellen soll. Dieser trägt die Bezeichnung Loon und darauf aufbauend will das Unternehmen bis 2029 einen fehlertoleranten Quantencomputer entwickeln.

Internationaler Wettstreit

Supraleitende Qubits sind ein beliebter Ansatz, auch außerhalb der USA. So setzen zum Beispiel auch Fujitsu aus Japan oder die University of Science and Technology of China auf diese Plattform. Letztere misst sich mit ihrem Quantenprozessor Zuchongzhi-3 direkt an Google. Mit 105 supraleitenden Qubits soll dieser Chip eine Rechenaufgabe in Sekunden gelöst haben, für die ein klassischer Supercomputer 6,4 Milliarden Jahre benötigen würde. Damit soll er frühere Benchmarks von Googles Sycamore-Prozessor übertreffen. Mit Zuchongzhi-3 setzt das Team also eher auf Rechenpower, während sich Google mit Willow eher auf Stabilität durch Fehlerkorrektur fokussiert.

Auch Europa entwickelt Quantencomputer auf Basis supraleitender Qubits. Ein Beispiel ist das finnische Unternehmen IQM mit Büro in München, das als einer der europäischen Hoffnungsträger gilt. Gegründet wurde das Start-up 2018 und nach eigenen Angaben liefert es bereits seit 2019 Quantencomputer an Kunden. Im November 2025 kündigte es seine neueste Serie IQM Halocene an. Das Gerät mit 150 Qubits soll ab Ende 2026 bereit-

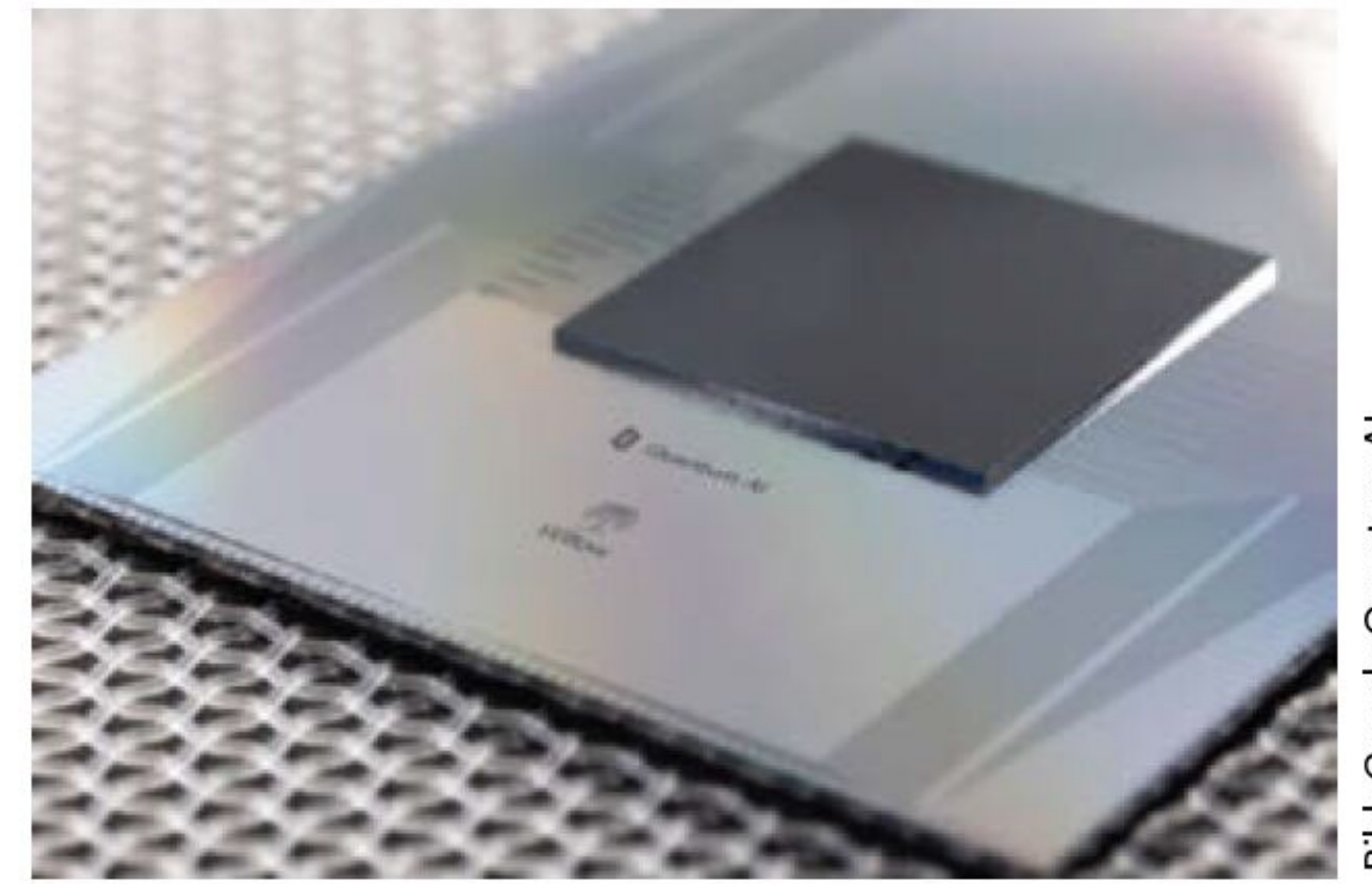


Bild: Google Quantum AI

Google veröffentlichte seinen jüngsten Quantenprozessor „Willow“ mit 105 supraleitenden Qubits im Dezember 2024.

zur Auslieferung und ebenfalls auf Quantenfehlerkorrektur ausgelegt sein.

IQM will zudem Quanten- und Hochleistungscomputing kombinieren. Bereits 2024 haben Forschende des Leibniz-Rechenzentrums in Garching bei München dieses Prinzip erfolgreich demonstriert und dafür IQMs Radiance mit 20 Qubits verwendet. Bei diesem Ansatz erledigen Super- und Quantencomputer jeweils die Aufgabe, für die sie am besten geeignet sind. Außerdem bietet IQM mit IQM Resonance Cloudzugriff auf seine Quantenprozessoren und entwickelt Demonstratoren mit niedrigen Qubitzahlen zu Forschungs- und Bildungszwecken. IQM ist nicht das einzige Unternehmen, das diese

Jetzt neu: Sonderheft „c't Quantencomputer“

Mehr über Quantencomputer erfahren Sie in unserem aktuellen Sonderheft „c't Quantencomputer“. Dies erhalten Sie ab dem 27. Februar in digitaler Form zum Preis von 12,99 Euro und als gedrucktes Heft für 14,90 Euro.





Bild: IQM

2024 kombinierten IQM und das Leibniz-Rechenzentrum erstmals einen Quantencomputer in eine bestehende Supercomputing-Architektur.

Bemühungen vorantreibt, es ist jedoch eines der größten in Europa.

Topologische Qubits

Quantenprozessoren aus supraleitenden Qubits stehen im Zentrum der Aufmerksamkeit – untermauert durch den Nobelpreis 2025 für die zugrundeliegende Physik. Dies ist jedoch bei Weitem nicht die einzige Möglichkeit, Qubits zu konstruieren.

Den wohl gewagtesten Ansatz verfolgt Microsofts Quantenabteilung. Microsoft Azure Quantum hat im Februar 2025 seinen ersten Quantenchip mit dem Namen Majorana 1 vorgestellt. Dieser Chip soll acht sogenannte topologische Qubits verwenden. Diese sollen komplexe strukturelle Eigenschaften der Materie nutzen, um Informationen robust zu speichern. Topologische Qubits versprechen, weit weniger Fehlerkorrektur zu benötigen als andere Architekturen. Bisher sind topologische Qubits jedoch nur eine theoretische Vorhersage und es ist unklar, ob sie auch in realer Hardware auftreten.

Ionenfallen-Quantencomputer

Ein vielversprechender Ansatz zum Bau von Quantencomputern sind gefangene Ionen. Hier dienen elektrisch geladene Atome, sogenannte Ionen, als Informationsträger, die innerhalb von elektromagnetischen Fallen gespeichert werden. Diverse Unternehmen verfolgen diesen Ansatz, darunter Quantinuum (USA und UK), IonQ (USA), Alpine Quantum Technologies (kurz AQT, Österreich) und eleQtron (Deutschland).

EleQtron gründete sich 2020 als Spin-off der Universität Siegen und ist einer der

ersten Hersteller von Quantenhardware in Deutschland. 2024 enthüllte das Unternehmen gemeinsam mit Partnern den Demonstrator QSea mit 10 Qubits für das DLR in Hamburg. Das Gerät Forte von Mitbewerber IonQ mit 36 Qubits ist seit 2022 kommerziell verfügbar. Der Nachfolger IonQ Tempo mit 100 Qubits soll noch 2026 erscheinen und einen kommerziellen Vorteil von Quantencomputern möglich machen.

Neutrale Atome

Eng damit verwandt sind Quantencomputer auf Basis neutraler Atome. Im Unterschied zu Ionen sind diese Atome ungeladen und werden mithilfe von Gittern aus Licht an Ort und Stelle gehalten. In beiden Plattformen ist es möglich, die Atome nicht nur in einer Ebene anzuordnen wie bei herkömmlichen Chips, sondern dreidimensional im Raum zu verteilen. Zu den führenden Herstellern zählen QuEra (USA), Pasqal (Frankreich) und Atom Computing (USA). In Deutschland agiert das Start-up planqc.

Alle Unternehmen entwickeln zurzeit Demonstratoren mit bis zu einigen Hundert Qubits. Der Vorteil von Atomen ist, dass es vergleichsweise leicht sein wird, die Zahl der Qubits zu erhöhen, wenn das Grundprinzip erst einmal ausgereift ist. Atom Computing behauptete bereits 2023, erstmals einen Quantenprozessor mit über 1000 Qubits konstruiert zu haben. Experten zeigten sich jedoch kritisch, weil das Unternehmen damals nicht demonstriert hatte, mit den Atomen auch Rechnungen durchgeführt zu haben. Heute gibt das Unternehmen an, mit der nächsten Generation AC1000 mehr als 1200 verknüpfte Qubits bereitstellen zu wollen.

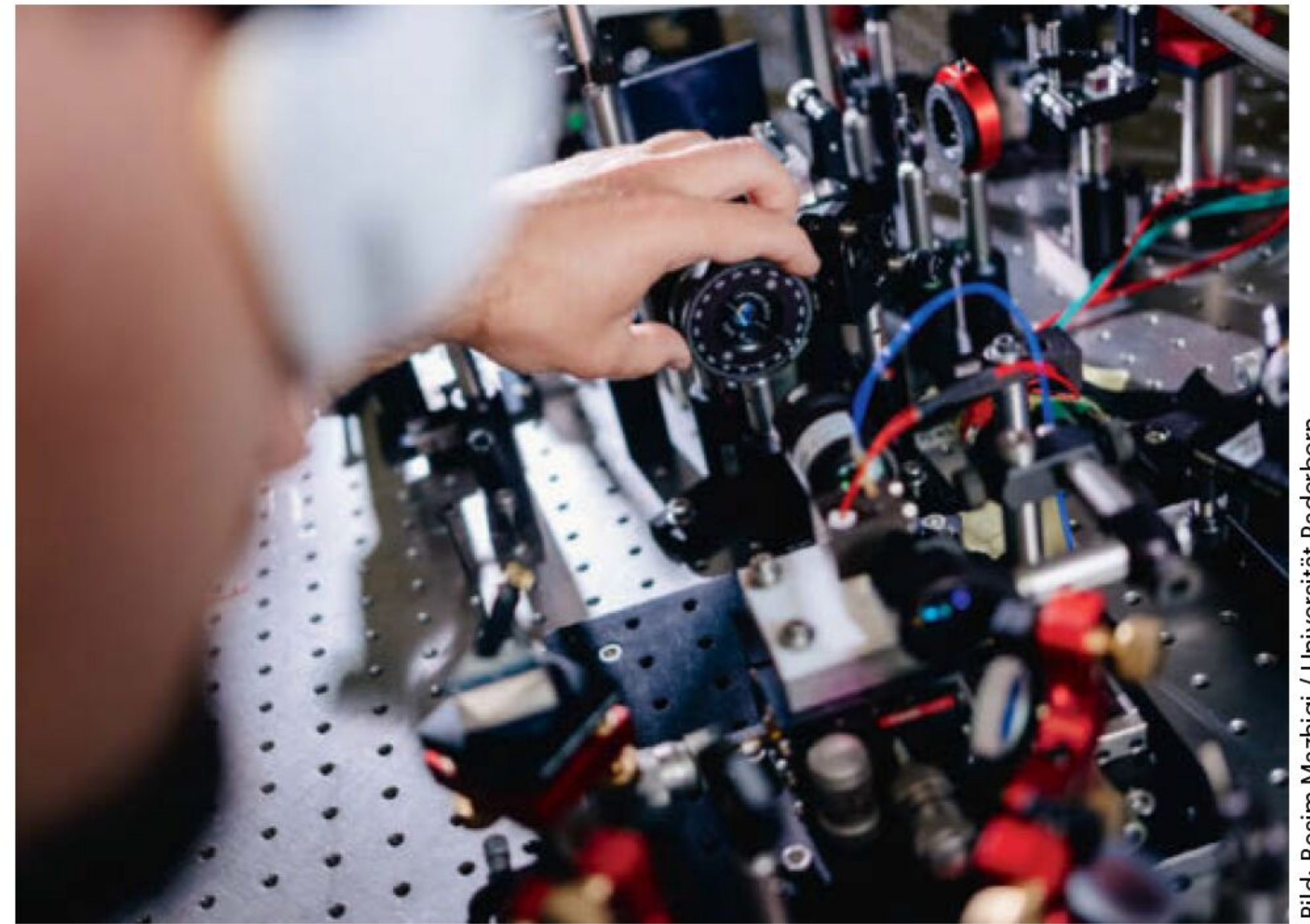


Bild: Besim Mazhqi / Universität Paderborn

Die Universität Paderborn erforscht im Verbundprojekt PhoQuant photonische Quantencomputer. Diese ähneln noch aufwendigen Laboraufbauten.

Quantencomputer aus Licht

Die bisher vorgestellten Architekturen bestehen alle aus Materie: einzelnen Atomen oder größeren Festkörpern. Doch das ist kein Muss. Physiker können mittlerweile sogar einzelne Lichtteilchen, sogenannte Photonen, so präzise kontrollieren, dass sie mit ihnen Informationen speichern und übertragen.

Verhältnismäßig wenige Unternehmen widmen sich bisher diesem Ansatz. Die größten sind Quandela aus Frankreich, QuiX Quantum aus den Niederlanden und Deutschland, ORCA Computing aus England, PsiQuantum aus den USA und Xanadu aus Kanada. Dazu gesellen sich diverse Forschungseinrichtungen, etwa aus Deutschland, Singapur, China und Israel. Heutige Geräte besitzen nur eine Handvoll Qubits. Photonische Quantencomputer zeichnen sich vor allem dadurch aus, dass sie nahtlos mit der Quantenkommunikation kombiniert werden könnten, bei der Photonen Informationen sicher über lange Strecken übertragen.

Ein vielfältiges Ökosystem

Neben diesen Ansätzen gibt es noch einige weniger stark verbreitete wie Quantenpunkte aus Halbleiterelementen oder Fehlstellen in Diamanten, auch Farbzentren genannt. Diesen Ansatz verfolgen etwa SaxonQ und XeedQ aus Deutschland sowie Quantum Brilliance aus Deutschland und Australien. All diese Architekturen haben verschiedene Vor- und Nachteile – einige sind robuster gegenüber Störungen, andere funktionieren bei Raumtemperatur, wieder andere lassen sich besonders leicht auf hohe Qubitzahlen skalieren.

Dazu sei gesagt, dass die Zahl der Qubits allein nicht entscheidend, sondern nur eines von verschiedenen Merkmalen für die Fortschrittlichkeit eines Quantencomputers ist. Die Qubits müssen außerdem etwa effizient miteinander vernetzt und stabil sein und Rechenoperationen verlässlich ausführen können. Meist ergibt sich die Leistung des Geräts erst im Zusammenspiel mehrerer Kenngrößen, was komplexe Benchmarks messen sollen. Doch auch damit lassen sich die verschiedenen Ansätze meist nicht ohne Weiteres miteinander vergleichen.

Mehr als 0 und 1

All die oben vorgestellten Konzepte erweitern die Idee des klassischen Computers: Bits werden zu Qubits, Gatter zu Quantengattern, Algorithmen zu Quantenalgorithmen. Theoretisch soll es damit möglich sein, beliebige Rechnungen auszuführen; das nennen Physiker universelles Quantencomputing. Dies ist aber nur eine Möglichkeit, mit Quanten zu rechnen.

Die bekannteste Alternative ist der Quanten-Annealer. Dieser ist nicht in der Lage, beliebige Aufgaben zu bearbeiten, sondern er ist auf das Lösen spezieller Optimierungsaufgaben ausgelegt. Vorreiter dafür ist die Firma D-Wave mit Sitz in Palo Alto, die ihre Geräte bereits seit 2011 kommerziell vertreibt. Seit 2022 steht etwa ein Gerät von D-Wave im Forschungszentrum Jülich. Auch D-Wave ist bestrebt, mit seinen Geräten einen Quantenvorteil zu demonstrieren, fokussiert sich jedoch auf Probleme mit praktischer Relevanz. Im März 2025 verkündete das Unternehmen etwa, mit seinem D-Wave Advantage2 einen Quantenvorteil bei der Lösung eines physikalischen Problems demonstriert zu haben.

Cat-Qubits

Auch Amazon Web Services verfolgt einen unkonventionellen Ansatz, wie es im Februar 2025 mit seinem ersten Quantenchip „Ocelot“ demonstriert hat. Der Chip basiert auf sogenannten Cat-Qubits, die in supraleitenden Schaltkreisen implementiert sind. Cat-Qubits sind robust gegenüber einer bestimmten Art von Fehlern und könnten die Fehlerkorrektur somit erheblich ressourceneffizienter gestalten. Statt Tausende physikalische Qubits pro logischem Qubit braucht das Unternehmen für seinen Test nur eine Handvoll.

Die Idee von Cat-Qubits ist es, zwei sehr gegensätzliche Zustände zur Kodierung

der Qubit-Zustände 0 und 1 zu verwenden. Anders als bei herkömmlichen Qubits bestehen diese jedoch nicht aus einzelnen Zuständen, sondern die 0 und 1 sind selbst bereits große Überlagerungszustände. Amazon hat Cat-Qubits nicht erfunden, nutzt aber erstmals fünf davon prominent für einen Quantenchip. Mit seinem Ansatz, Fehlerkorrektur bereits von Beginn an in die Architektur zu integrieren, demonstriert Amazon, dass es sich lohnen könnte, auch alternative Methoden fürs Quantencomputing auszutesten.

Qudits

Die meisten Quantensysteme besitzen von Natur aus weit mehr als zwei Zustände. Tatsächlich erfordert die Auswahl zweier ausreichend isolierter Zustände zur Kodierung der Qubit-Zustände 0 und 1 erheblichen Aufwand. Alternativ können diese weiteren Zustände aber auch genutzt werden, um Informationen zu kodieren. Im Falle von drei Zuständen heißen diese Systeme Qutrits. Allgemein spricht man von Qudits; das d steht für Dimension. Qudits nutzen die zusätzlichen Zustände, um mehr Informationen mit weniger Bauteilen zu speichern und so komplexere Probleme mit kompakteren Geräten zu lösen. Gleichzeitig sind Qudits jedoch weniger ausgereift als Qubits, und der Umgang mit ihnen ist anspruchsvoller.

Im März 2025 veröffentlichte etwa ein Team aus Innsbruck und Waterloo Forschungsergebnisse, für die es einen Qudit-Quantencomputer auf Basis gefangener Ionen verwendete. Das Team ist nicht das einzige, das Qudits erforscht, nutzte sie aber erstmals, um ein Problem aus der Teil-

chenphysik zu simulieren. Aufgrund der höheren Dimension der Qudits – hier testeten die Forschenden drei und fünf Zustände – im Vergleich zu Qubits eignet sich dieser Ansatz besonders zur Behandlung komplexer mehrdimensionaler Probleme.

Fazit

Erste Quantencomputer gibt es zwar bereits, in allen Fällen handelt es sich jedoch um Demonstratoren, die sich hauptsächlich für Forschungszwecke oder sehr spezielle Anwendungen eignen. Insgesamt ist nicht absehbar, welche Architektur oder gar welcher Hersteller sich langfristig durchsetzen wird. Einige Gruppen versuchen obendrein, verschiedene Hardware-Implementierungen in hybriden Ansätzen zu kombinieren, um Schwächen auszugleichen. Möglich ist auch, dass sich ein vielseitiges Ökosystem entwickeln wird, in dem sich verschiedene Architekturen für unterschiedliche Anwendungen etablieren. Aufgrund all dieser offenen Fragen könnten bis zum universellen Quantencomputer, der komplexe Probleme oder etwa fortschrittliche Verschlüsselung knacken wird, noch Jahre oder gar Jahrzehnte vergehen. (spa@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Sabrina Patsch, Alles, überall, gleichzeitig, Wie Quantencomputer die moderne Verschlüsselung bedrohen, c't 23/2025, S. 24
- [2] Sabrina Patsch, Abkürzung durch den Quantentunnel, Wenn kleine Quanten große Wirkung haben, c't 24/2025, S. 124
- [3] Wadim Wormsbecher, Musterung im Quantenlager, Wie Benchmarks Quantencomputer vergleichbar machen, c't 3/2026, S. 132

Quellen und erwähnte Webseiten:

[ct.de/yhpw](https://www.ct.de/yhpw)



Bild: D-Wave

D-Wave's Advantage2 besitzt zwar über 1200 supraleitende Qubits, ist jedoch kein universeller Quantencomputer. Er eignet sich nur für spezielle Optimierungsprobleme.



Bild: Ulrike Weis / KI / heise medien

Europäische KI-Union

KI-Szene in Europa: zwischen Mistral und Lovable

Während in den USA über eine KI-Blase gestritten wird, fließt immer mehr Risikokapital nach Europa. Start-ups wie Mistral oder Lovable erreichen Milliardenbewertungen – obwohl zentrale KI-Probleme ungelöst bleiben. Wer hier investiert, worauf gesetzt wird und ob Europa wirklich zur KI-Alternative werden kann.

Von Andrea Trinkwalder

Allen kritischen Stimmen und Warnungen vor einer sich aufblähenden KI-Blase zum Trotz pumpen internationale Investoren weiterhin massiv Kapital in die Szene. Vor allem europäische KI- und Militärtechnik-Start-ups und generell alles, was mit europäischer Souveränität zu tun hat, gelten als heiß. Im vergangenen Jahr sammelten Europas aufstrebende KI-Firmen 23,5 Milliarden Euro ein und damit mehr als ein Drittel des gesamten europäischen Risikokapitals (66 Milliarden Euro). Die Investitionen in Verteidigungs- und andere sicherheitsrelevante Technik stiegen um 55 Prozent auf 8,7 Milliarden Euro.


Die Kapitalgeber scheinen also trotz einiger Anzeichen und Warnungen, die auf einen überhitzten Markt hindeuten, grundsätzlich überzeugt davon zu sein, dass Machine Learning und insbesondere generative KI die Wirtschaft fundamental verändern – und dadurch entsprechende Renditen einspielen. Klar ist, dass es Verlierer geben wird: Start-ups, die zu viel versprochen, und Investoren, die zu viel geglaubt und zu hoch gepokert haben. Aber unabhängig von den prinzipbedingten Schwächen, die generative KI nach wie vor hat (Halluzinationen, kein echtes Verständnis von der Welt), de-

monstrieren viele Gründer, was man bereits jetzt damit erreichen kann: Vor allem Vibe-Coding-Plattformen wie das schwedische Lovable oder der von einem österreichischen Entwickler rasch per Textgenerator programmierte KI-Bot OpenClaw (siehe auch S. 92) gehen durch die Decke.

Wir haben uns angesehen, welche europäischen Firmen bei Investoren punkten, wie sie sich von der Masse abheben – und wie sie Geld verdienen wollen. Im ersten Teil unseres Überblicks über die europäische KI-Gründerszene haben wir die vielversprechendsten deutschen Unternehmen vorgestellt [1], nun setzen wir unseren Streifzug durch die anderen europäischen Länder fort.


Mistral: Gegenwind für ChatGPT

Die Entwicklung eines Grundlagenmodells und insbesondere eines großen Sprachmodells (LLM) ist teuer. Start-ups oder Forscher benötigen riesige GPU-Cluster und rare KI-Experten, die ebenfalls gut bezahlt werden wollen. Außerdem finden sie sich im Wettlauf mit denjenigen Unternehmen wieder, die bereits das „Survival of the fittest“ nach dem Dotcom-Crash gewonnen haben: Meta, Google, Amazon, Microsoft – plus eine Handvoll Start-ups wie OpenAI und Anthropic, in die einige dieser Tech-Größen Milliarden an Risikokapital hineinpumpen. Noch dazu haben diese Unternehmen Zugriff auf riesige Mengen an Trainings-




Accelerate the development of your applications in a secure, sovereign 100% sovereign and secure environment Codestral. Master over 80 programming languages.

Discover Codestral →




Develop your low-latency conversational use cases, including those requiring RAG, in a 100% sovereign and secure environment, thanks to the Mistral AI x OUTSCALE partnership.

Discover Ministral 8b →




Develop your low-latency conversational use cases, including those requiring RAG, in a 100% sovereign and secure environment with Mistral Small, the most cost-efficient model.

Discover Mistral Small →




With Mistral Small 3.1, create powerful conversational and multimodal experiences in a 100% sovereign and secure environment, thanks to the Mistral AI x OUTSCALE partnership.

Discover Mistral Small 3.1 →




Mistral Embed is Mistral AI's state-of-the-art text embedding model, designed to convert text into dense vector representations that capture their semantic meaning.

Discover Mistral Embed →



Accelerate your business cases with Mistral Medium, which adapts to your specific domains and ensures maximum protection of your data and intellectual property thanks to OUTSCALE's SecNumCloud 3.2 infrastructure.

Discover Mistral Medium →



Turn your audio and voice content into actionable data with Voxtral.

Discover Voxtral →

Mistral und Dassault Systèmes entwickeln gemeinsam die souveräne Cloud OUTSCALE. Sie soll europäischen Unternehmen eine vertrauenswürdige, sichere und datenschutzkonforme KI-Infrastruktur bieten.

daten, die sie über ihre Plattformen sammeln; auch dafür müssen viele Newcomer teuer bezahlen.

Dennoch hat sich mit Mistral aus Frankreich ein europäisches Sprachmodell etabliert. Von Anfang an orientierten sich die Gründer – der ehemalige DeepMind-Forscher Arthur Mensch sowie Timothée Lacroix und Guillaume Lample von Meta – an den Besonderheiten und Bedürfnissen des europäischen Markts: insbesondere Konformität zu DSGVO, AI Act, DMA und DSA sowie das Versprechen, dass die Daten auf europäischen oder den firmeneigenen Servern bleiben und der Zugang zu den KI-Diensten nicht politisch instrumentalisiert wird. Mistral fährt dafür zweigleisig: Kleinere Modelle stehen als Open Weight zur Verfügung, größere via API. Der damit generierte Umsatz hat sich binnen eines Jahres verzwanzigfacht – von 20 Millionen auf 400 Millionen US-Dollar.

Diese Strategie überzeugte offenbar nicht nur die auf dem Kontinent beheimateten Großkonzerne, sondern auch inter-

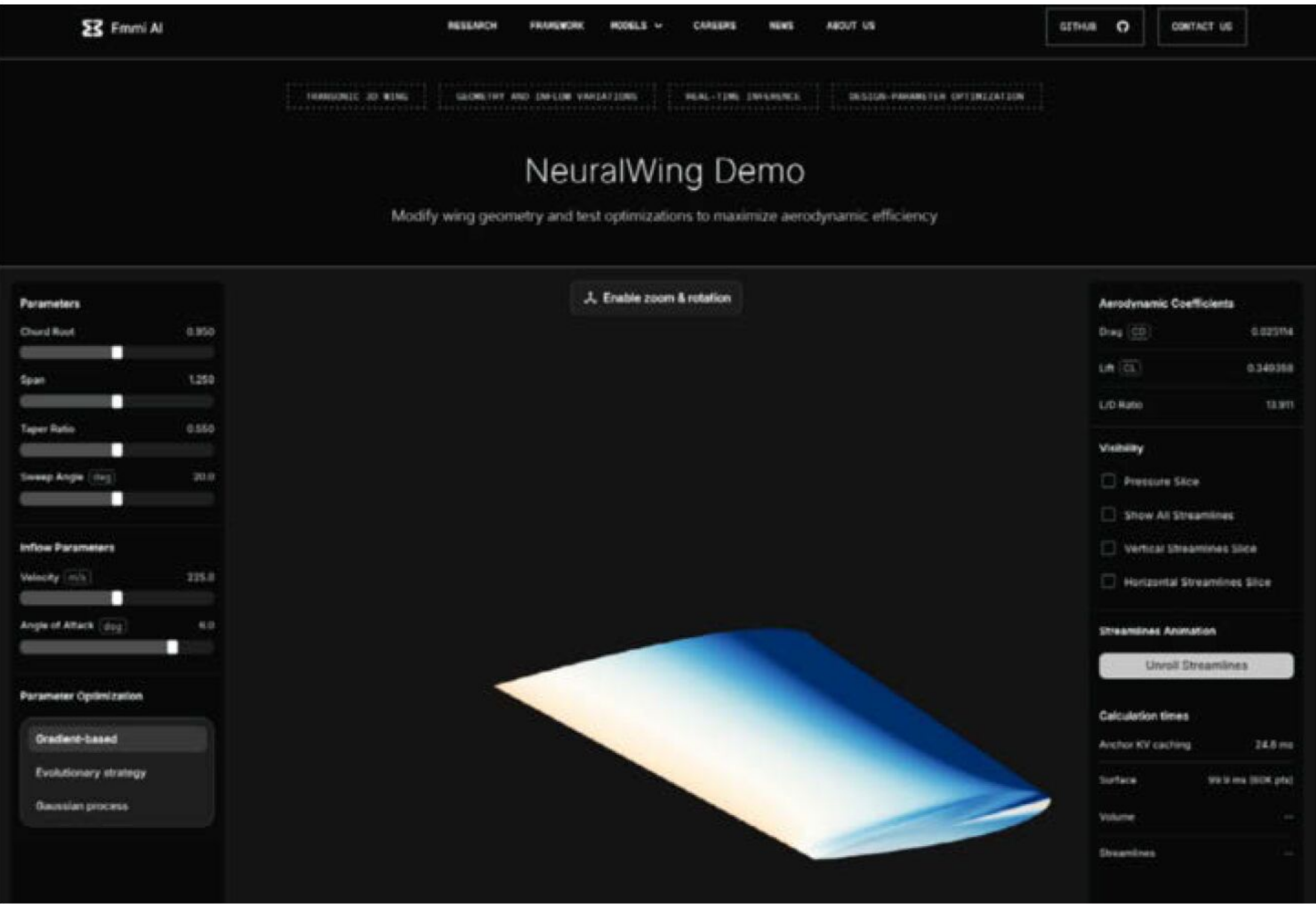
nationale Geldgeber. Im September sammelte das Pariser Start-up 1,7 Milliarden Euro ein; allein 1,3 Milliarden kamen vom niederländischen Lithografiehersteller ASML, der Maschinen zur Fertigung der am höchsten entwickelten Computerchips der Welt herstellt – also eine Schlüsselrolle beziehungsweise Monopolstellung in der weltweiten Chipproduktion einnimmt.

Aufsteiger unter sich

ASML ist damit nicht nur ein perfekter Partner für Mistral, sondern steht auch exemplarisch dafür, was das Platzen einer Blase – und vor allem das Überleben der dadurch ausgelösten Krisen – bedeuten kann: Nach der Dotcom-Pleite 2001 brach ASMLs Umsatz um 40 Prozent auf 1,84 Milliarden Euro ein, die Firma schrieb Verluste. Einige Jahre später folgte die vom Zusammenbruch der Lehman-Bank ausgelöste globale Finanzkrise, woraufhin die Nachfrage nach Lithografiesystemen nochmals drastisch sank und weitere zehn Prozent der nur noch 7000



- Internationale Investoren entdecken europäische KI-Start-ups, 2025 haben diese über 20 Milliarden Euro eingesammelt.
- Kritiker warnen allerdings seit Monaten vor einer Blase. Es sei nicht absehbar, dass die Entwickler fundamentale Schwächen der großen Sprachmodelle lösen können: Halluzinationen und fehlendes Weltverständnis.
- Dennoch gibt es funktionierende oder zumindest aussichtsreiche Geschäftsmodelle: Vor allem in solche Start-ups fließt derzeit viel Wagniskapital.



Die Industrie braucht spezielle Grundlagenmodelle, etwa für Physiksimulationen. Genau solche entstehen unter der Ägide von KI-Pionier Sepp Hochreiter an der Universität Linz, das ausgegründete Start-up Emmi AI bekam dafür vom Fleck weg 15 Millionen Euro Startkapital.

Mitarbeiter entlassen wurden. Heute gilt ASML als wertvollstes Unternehmen Europas und beschäftigt über 40.000 Mitarbeiter, die einen Umsatz von fast 33 Milliarden Euro erwirtschaften. Davon verbleiben rund zehn Milliarden als Gewinn.

Zurück zu Mistral: Mit der Finanzspritze von ASML, das damit zum größten externen Anteilseigner wurde, stieg Mistral seinerseits zum wertvollsten KI-Start-up des Kontinents auf und hat nun einen geschätzten Wert von 11,7 Milliarden Euro. Das frische Kapital soll – wie meist üblich – zu einem großen Teil in Rechenkapazität fließen. Unter anderem plant der Anbieter, mit Mistral Compute eine eigene KI-Cloud-Infrastruktur mit eigenen Rechenzentren aufzubauen.

Ausruhen können sich die Partner trotz ihrer europäischen Alleinstellung tatsächlich nicht. Auch in den USA hat sich ein Unternehmen ziemlich erfolgreich auf die Entwicklung einer sicheren und vertrauenswürdigen generativen KI spezialisiert: Anthropic mit seinem Chatbot-Ökosystem Claude, das die ehemals bei OpenAI angestellten Geschwister Dario und Daniela Amodei gegründet haben, um einen Gegenpol zu ChatGPT zu schaffen. Im November 2025 kündigte das Unternehmen an, zusätzlich zu seinen Büros in London, Zürich und Dublin zwei

weitere in Paris und München zu eröffnen, um sich auf dem europäischen Markt zu etablieren. Mit seinem Fokus auf agentische Systeme und Coding wird Anthropic derzeit offenbar ein enormes disruptives Potenzial zugetraut: Es hat seine eigene Bewertung innerhalb der letzten sechs Monate auf 380 Milliarden US-Dollar verdoppelt – und zugleich allein mit der Ankündigung seines KI-Agenten „Claude Cowork“ bei den Börsenwerten klassischer Softwareanbieter 285 Milliarden US-Dollar an Marktkapitalisierung vernichtet. Der Arbeitsassistent selbst wurde in nur anderthalb Wochen vom Programmierwerkzeug des Unternehmens Claude Code geschrieben.

KI-Hauptstadt London

Das wohl innovativste und florierendste europäische KI-Zentrum bildet London, die Heimat des mittlerweile von Google geschluckten Deepmind. Von den 23 KI-Einhörnern des Vereinigten Königreichs sitzen die meisten in der Hauptstadt und insgesamt haben sich dort über 1000 KI-Start-ups angesiedelt. Bekannt ist die mit vier Milliarden US-Dollar bewertete Text-zu-Video-Plattform Synthesia, mit der sich unkompliziert Schulungsvideos erstellen lassen; als Sprecher fungiert ein Avatar. Seine Wurzeln hat Synthesia wie Black Forest Labs an einer Münchner Uni. Mit-

gründer ist Matthias Nießner, der Visual Computing an der Technischen Universität München (TUM) lehrt.

Fachlich in ähnlichen und monetär in noch höheren Gefilden ist die erst 2023 gegründete Sprachsyntheseplattform ElevenLabs unterwegs. In einer gerade abgeschlossenen Finanzierungsrunde konnten die Gründer Mati Staniszewski (ehemals Palantir) und Piotr Dabkowski (ehemals Google) den Wert ihres Start-ups verdreifachen, auf 11 Milliarden US-Dollar. Unter den Investoren finden sich Branchengrößen wie Andreessen Horowitz und Deepmind, zu ihren Kunden zählen große Verlage, Medienunternehmen und Spieleentwickler.

Was den Briten allerdings schmerzlich fehlt, ist ein eigenes Grundlagenmodell wie GPT von OpenAI, Claude von Anthropic oder das oben vorgestellte Mistral – und dessen Entwicklung scheitert offenbar an der dafür nötigen Infrastruktur, staatlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen sowie nicht zuletzt den hohen Strompreisen.

Auf dem Sprung: Schweiz und Österreich

Hohe Energiepreise hat die Schweiz auch, ein Grundlagenmodell haben die Eidgenossen trotzdem zustande gebracht. Das liegt nicht zuletzt am in den Schweizer Alpen beheimateten Supercomputer ALPS, der zu den leistungsstärksten Computern weltweit gehört und klimafreundlich betrieben wird. Wasser aus dem nahegelegenen Luganer See kühlt die über 10.000 Grafikprozessoren, die abgegebene Wärme heizt die Häuser in der Region. Alle Schweizer und internationalen Forschungseinrichtungen dürfen ALPS benutzen – so wie die ETH Zürich und die EPFL Lausanne, die darauf eines der offensten und fairsten Sprachmodelle der Welt trainiert haben. Es heißt Apertus, ist eines der wenigen echten Open-Source-Modelle, legt sämtliche Parameter und Mechanismen des Trainingsprozesses offen und beschränkt die Trainingsdaten auf lizenzrechtlich unbedenkliches Material.

Insgesamt gilt Zürich als einer der bevorzugten Forschungsstandorte, die meisten US-Tech-Firmen haben dort ihr europäisches Research Lab. KI-Einhörner sind zwar noch rar (eines davon ist die Code-Prüfplattform Sonar), aber ein Blick in die vom Financial-Times-Ableger Sifted er-

stellte Liste der 100 vielversprechendsten aufstrebenden Start-ups macht Hoffnung, auch für den Nachbarn Österreich. In Linz forscht KI-Pionier Sepp Hochreiter an alternativen Architekturen für Grundlagemodelle, mit denen sich die fundamentalen Schwächen der verbreiteten Transformer-Architekturen – zu hoher Ressourcenverbrauch, ineffiziente Nutzung der Trainingsdaten, Halluzinationen et cetera – überwinden ließen.

Heraus kamen bislang eine verbesserte Version der LSTM-Architektur namens xLSTM sowie spezialisierte Grundlagemodelle für Physiksimulationen. Für Letztere konnte Hochreiter den Spitzenforscher Johannes Brandstetter zurück nach Linz holen, der bei Microsoft Research in Amsterdam das KI-basierende Klima- und Weltmodell Aurora entwickelte. Brandstetters 2024 gegründetes Start-up Emmi AI, das die Simulationsmodelle nun kommerziell entwickelt und vermarktet, sammelte auf Anhieb 15 Millionen Euro Startkapital ein – die bislang größte an ein österreichisches Start-up vergebene Seed-Finanzierung.

Es scheint ein Feld zu sein, in dem Analysten und Investoren insgesamt die Zukunft des KI-Einsatzes sehen, schließlich ließen sich mit solchen Modellen industrielle Prozesse enorm beschleunigen. Emmi AI belegt in der Sifted-Liste Platz 35 und unter den Top Ten gibt es gleich drei KIs, die industrielle Prozesse simulieren: Den ersten Platz belegt CuspAI für die Materialforschung, den zweiten PhysicsX für das Produktdesign, beide aus Großbritannien. An fünfter Stelle rangiert die in der Schweiz beheimatete KI-Plattform Cradle. Damit sollen sich Proteine, die einen potenziellen Nutzen für die Pharma- oder Ernährungsindustrie haben, deutlich schneller entwickeln und optimieren lassen.

Schweden-Vibes

Das wohl heißeste KI-Start-up des vergangenen Jahres kommt indes nicht aus den KI-Hochburgen des Kontinents, sondern aus dem kühlen Norden: Die Ende 2023 gegründete Vibe-Coding-Plattform Lovable sitzt im schwedischen Stockholm und hat binnen acht Monaten 100 Millionen US-Dollar wiederkehrenden jährlichen Umsatz erreicht, gestützt durch die in der Branche üblichen Abomodelle. Ende 2025 knackte das von Anton Osika gegründete Unternehmen die 200-Millionen-Dollar-Marke und er-

reichte eine Bewertung von sechs Milliarden US-Dollar.

Er profitiere auch von dem Pool an KI-Talenten, die aus Schwedens früherer Welle von Tech-Einhörnern wie Klarna und Spotify hervorgegangen seien, erklärt Osika. Weitere Erfolgsfaktoren seien die starke Open-Source-Community sowie die strengere Regulierung in Europa. Sie verschaffe Lovable einen früheren Zugang zu Unternehmenskunden, denen Datenschutz und Datensouveränität wichtig seien.

Fazit

Internationale Investoren entdecken deutsche und europäische KI-Start-ups, vielversprechende Unternehmen wie Lovable

werden binnen Monaten in höhere Sphären katapultiert und Aufsteiger wie Mistral profitieren von den Besonderheiten des europäischen Marktes. Trotz der wachsenden Skepsis und der Diskussionen um eine möglicherweise platzende KI-Blase überwiegt offenbar die Überzeugung, dass sich insbesondere mit generativen Modellen und darauf aufsetzenden Coding-Plattformen über kurz oder lang viel Geld verdienen beziehungsweise einsparen lässt.

(atr@ct.de) **ct**

Literatur

[1] Andrea Trinkwalder, Wunderbare Einhorn-Ver-mehrung, KI-Szene in Deutschland und Europa: Durchstarten, bis die Blase platzt?, c't 5/2026, S. 124



Bild: Sifted

London ist das florierende Zentrum der europäischen KI-Start-up-Szene. Hier leben die meisten Einhörner – und auch die vielversprechendsten Newcomer, wie die Branchenanalysten des Financial-Times-Ablegers Sifted zeigen.



Bild: Jessica Nachtigall / KI / heise medien

Reklamationsverstärker

So schützen Onlinemarktplätze ihre Kunden vor Schmutz und Betrügern

Gibt es ein Problem mit Käufen auf einem Onlinemarktplatz, können Sie vielfach ein Käufer-schutzverfahren starten. Wir erklären die Bedingungen und das Verfahren.

Von Markus Montz

Viele Marktplätze haben für missglückte Kauftransaktionen einen Käuferschutz. Doch jede Plattform hat ihre eigenen Regeln. Sie können schwer zu durchschauen sein. Nicht selten bleiben Kunden auf dem Schaden sitzen, weil sie etwas übersehen haben.

Wir erklären für die populären Marktplätze Amazon, eBay und Kleinanzeigen, wie die Verfahren ablaufen und worin sie sich vom Käuferschutz bestimmter Bezahlarten wie PayPal unterscheiden, den wir kürzlich vorgestellt haben [1]. All das gilt auch für Plattformen wie Etsy oder Vinted, die ebenfalls einen Käuferschutz bieten.

Was ist der Käuferschutz

Onlinemarktplatzbetreiber wollen Streitigkeiten zwischen Käufer und Verkäufer betriebswirtschaftlich aufwandsarm kanalisieren und werbewirksam für Vertrauen sorgen. Käufer sollen sich vor allem dann geschützt fühlen, wenn Artikel überhaupt nicht ankommen, beschädigt oder defekt im Paket liegen oder

deutlich vom Angebot des Verkäufers abweichen. Ein Käuferschutz kann auch einspringen, wenn der Verkäufer nach Rücksendungen den Kaufpreis nicht erstattet.

Indirekt lässt der Käuferschutz vor allem gewerbliche Händler kulanter agieren. Er erschwert schwarzen Schafen auch auf Käuferseite ihr Tun, trotzdem haben alle drei betrachteten Plattformen mit organisiertem Betrug zu kämpfen. Oft nutzen Kriminelle Schlupflöcher und Unkenntnis der Betroffenen aus. Eine Maßnahme dagegen lautet: Kommunizieren und bezahlen Sie ausschließlich auf der Plattform. Machen Sie davon keine Ausnahmen, wenn Ihnen der Käuferschutz so wichtig ist, dass sie ihn nicht aushebeln wollen. Das kann sinnvoll sein,

falls sich ein Makel an der Ware nicht beim ersten Augenschein herausstellt.

Wenn Sie die Ware persönlich abholen, erlischt überall der Käuferschutz. Für kleinere Summen empfehlen wir Bares gegen die Ware. Bei größeren Beträgen sollten Sie anbieten, dass Sie das Geld unmittelbar bei Abholung als Echtzeitüberweisung auf ein Bankkonto zu schicken, um nicht Opfer eines Raubes zu werden.

Während die Bezahldienste ihr Käuferschutzangebot plattformübergreifend anbieten, tun Plattformen das für ihren Marktplatz. Nur der Käuferschutz von Amazon Pay für externe Shops funktioniert auch außerhalb von Amazon. Sie können einen Käuferschutz über das Zahlungsmittel – Kredit- oder Debitkarte, PayPal, Klarna und Wero – beantragen. Gibt es dann Ärger und haben Sie über die Plattform bezahlt, führen Sie den Konflikt aber nicht mehr mit dem Händler auf dem Marktplatz, sondern mit dem Marktplatzbetreiber selbst.

Leiten Sie keine parallelen Verfahren ein, denn dann lehnen sowohl die Plattform als auch der Zahlungsdienst ab. Stornieren Sie ebenso keine Lastschriften. Weil die Verkaufsplattform meistens kürzere Fristen offen hält als der Zahlungsdienstleister, liegt es nahe, es mit dem Käuferschutz zuerst bei ihr zu versuchen. Lehnt sie ab, wird ein nachfolgender Antrag beim Zahlungsdienst aber oft ähnlich entschieden.

Voraussetzungen

Informieren Sie sich, was der Käuferschutz abdeckt. Er beschränkt sich durchweg auf den Versand, schließt also persönliche Übergabe aus. Auch bestimmte Warengruppen sind oft nicht abgedeckt, etwa digitale Güter. Den Artikel müssen Sie über die Plattform bezahlen. Nutzen Sie hingegen zum Beispiel PayPal außerhalb der Plattform, müssten Sie auf den PayPal-Käuferschutz bauen – die Verkaufsplattform ist dann ganz raus.

Teilweise gilt der Käuferschutz nur bis zu einem Maximalbetrag. Nicht immer sind die Versandkosten und die Rücksendekosten eingeschlossen. Bei Kleinanzeigen zahlen Sie für den Käuferschutz außerdem beim Kauf ein schönes Sümmchen drauf.

Alle Plattformen verlangen, dass Sie ein Problem zunächst innerhalb der Frist mit dem Händler klären. Den Dialog sollten Sie auf der Plattform einleiten. Deren Käuferschutzbearbeiter können die Kom-

munikation einsehen, wenn keine Einigung zustande kommt.

Bei niedrigpreisigen Artikeln erstatten viele Verkäufer den Kaufpreis ohne Retoure, ansonsten müssen Sie die Ware zurücksenden. Achten Sie sorgfältig auf die Bedingungen, insbesondere eine sichere Verpackung. Fotografieren Sie den Artikel, eine eventuelle Seriennummer und das Einpacken.

Schicken Sie Pakete nur versichert, also mit elektronischer Sendungsverfolgung oder mit einem Etikett, das Ihnen der Verkäufer oder die Plattform stellt. Nutzen Sie nur die dafür über die Plattform angebotene Adresse. Die Sendungsverfolgungsnummer sollen Sie dem Marktplatz ebenso vorweisen können wie den Einlieferungsbeleg, gerade wenn Sie Käuferschutz für ausbleibende Rückerstattungen geltend machen wollen.

Haben Sie das Käuferschutzverfahren gestartet, verfolgen Sie Ihre Mails, SMS sowie Nachrichten auf der Plattform, um Fristen für weitere Belege nicht zu verpassen. Ansonsten verlieren Sie das Verfahren. Bei einigen Plattformen können Sie es immerhin wieder aufnehmen.

Käuferschutzverfahren sind nicht mit Gerichtsurteilen zu vergleichen, sondern sollen Probleme informell und schnell lösen. Sie erfolgen nach den Regeln der Plattform. Gesetzliche Vorschriften wie Widerruf, Gewährleistung, Gefahrenübergang und Schickschuld oder Vertragserfüllung setzt der Käuferschutz aber nicht außer Kraft. Sie können also nach einem verlorenen Käuferschutzverfahren immer

ct kompakt

- Auf Onlinemarktplätzen wie Amazon, eBay oder Kleinanzeigen soll ein Käuferschutz für mehr Sicherheit sorgen.
- Die Bedingungen sind komplex, unterscheiden sich und können unangenehme Überraschungen mit sich bringen.
- Informieren Sie sich am besten vor einem Kauf, ob der Käuferschutz das Angebot abdeckt und wie Sie bei Ärger vorgehen.

noch vor ein ordentliches Gericht ziehen, genauso wie Sie das als Verkäufer auch können, wenn Kunden nicht zahlen.

Amazon

Haben Sie etwas bei Amazon selbst gekauft oder hat Amazon den Artikel im Auftrag eines Marktplatzhändlers versandt, bietet das Unternehmen eine 30-tägige kostenlose Rückgabegarantie an, die selbst bei Nichtgefallen greift. Obendrein greift die gesetzliche Gewährleistung.

Einen kostenlosen Käuferschutz im engeren Sinne hält Amazon vor, wenn Sie etwas von externen Marktplatzverkäufern erwerben, die Ware selbst versenden oder bereitstellen. Unabhängig vom Käuferschutz können Sie auch auf dem Marktplatz 14 Tage Artikel zurücksenden, wenn

Auf Lager

Menge: 1

In den Einkaufswagen

Jetzt kaufen

Versender / Verkäufer	
Rückgaben	Retournierbar innerhalb von 30 Tagen nach Erhalt
Zahlung	Sichere

Auf Lager

Menge: 1

In den Einkaufswagen

Jetzt kaufen

Versand	Amazon
Verkäufer	
Rückgaben	Retournierbar, wenn diese innerhalb von ...

Amazons „A-bis-z-Garantie“ gilt, wenn ein Marktplatzhändler selbst versendet (links). Tut Amazon das in seinem Auftrag (rechts), gelten dieselben Regeln wie beim Verkäufer Amazon.

sie Ihnen nicht gefallen. Seine Versandkosten kann der Händler Ihnen dann abziehen, die Rücksendekosten muss er wiederum selbst tragen.

Amazon nennt seinen Käuferschutz „A-bis-z-Garantie“. Er erstreckt sich auf Produkte, die nicht der Beschreibung entsprechen, kaputt sind sowie auf verspätete und ausbleibende Lieferungen. Letzteres bedeutet, dass der Liefertermin um mindestens drei Tage überschritten ist. Nicht im Käuferschutz enthalten sind insbesondere digitale Artikel und Dienste (siehe ct.de/yez6).

Für eine Rückabwicklung nehmen Sie innerhalb von 90 Tagen ab dem (letztmöglichen) Lieferdatum in Ihrem Amazon-Nutzerkonto Kontakt zum Händler auf. Der muss Ihnen innerhalb von 48 Stunden antworten. Der Händler muss das Problem zu Ihrer Zufriedenheit lösen und darf den Antrag nicht schließen. Bei positiv beschiedenen Rücksendeanträgen muss er eine deutsche Adresse nennen oder ein damit beschriftetes Retourenetikett mit korrekter Sendungsverfolgungsnummer bereitstellen. Für Rücksendungen in andere Länder ist das sogar Pflicht. Für Sperrgut muss der Händler eine Abholung organisieren. Alternativ kann er den Kaufpreis ohne Rücksendung erstatten.

Klappt das alles nicht, können Sie Amazon selbst einschalten. Das gilt auch, wenn der Händler den Kaufpreis nicht

innen sieben Tagen nach Eingang der Rücksendung bei ihm zurückerstattet. Ebenso deckt Amazon versprochenen, aber nicht gelieferten Ersatz oder eine unvollständige Rückerstattung ab.

Reagieren Sie auf Rückfragen nicht innerhalb von 72 Stunden, stellt Amazon das Verfahren zurück und Sie müssen es nach spätestens 30 Tagen erneut eröffnen. Berufung gegen verlorene Verfahren ist mit zusätzlichen Informationen oder Belegen ebenfalls möglich.

eBay

eBay bietet einen für Käufer kostenlosen Käuferschutz für Artikel, die beschädigt oder mit Defekt ankommen, nicht der Beschreibung entsprechen oder überhaupt nicht geliefert werden. Auch bei Schwierigkeiten mit der Rückgabe von Artikeln, verspäteter Rückerstattung oder Uneinigkeit mit dem Verkäufer kann der Käuferschutz greifen. Abgedeckt sind neue, gebrauchte und aufgearbeitete Artikel von privaten wie gewerblichen Verkäufern. Einen Höchstbetrag gibt es nicht.

Zu den vom eBay-Käuferschutz ausgeschlossenen Produktkategorien gehören unter anderem digitale Inhalte. Abgesicherte Produkte erkennen Sie auf der Angebotsseite im Abschnitt „Sicher einkaufen“: Dort muss „eBay-Käuferschutz“ mit vorangestelltem Haken in einem Schildsymbol stehen. Einige gewerbliche

Hersteller/EU Verantwortliche Person

Gleichen Artikel kostenlos verkaufen

Versand, Rückgabe & Zahlung

Lieferung	Gratis 3-Tage-Lieferung - Sendungsverfolgung Fr, 6. Feb - Sa, 7. Feb Aus , Deutschland
Abholung	Lieferung an Abholstation möglich
Rückgabe	Akzeptiert innerhalb von 1 Monat Kostenloser Rückversand
Zahlungen	
Prämien	ebayplus 20 Punkte sammeln

Sicher einkaufen

eBay-Käuferschutz
Geld zurück, wenn etwas mit diesem Artikel nicht stimmt.

Startseite Mein eBay Finden Benachricht. Verkaufen

eBay kennzeichnet Angebote, die vom Käuferschutz abgedeckt sind, unter „Sicher einkaufen“ mit „eBay-Käuferschutz“.

Händler nutzen alternativ das erweiterte Rückgabeprogramm „eBayZusatzschutz“.

Käuferschutz beantragen

Um bei eBay beschädigte, defekte oder stark von der Beschreibung abweichende Artikel zu reklamieren, haben Sie ab dem Lieferdatum 30 Werktage Zeit. Sie stellen dazu in Ihrer Kaufliste eine Rücksendeanfrage zu dem Artikel, geben im Dropdown-Menü einen Grund wie „Beschädigt“ an, beschreiben das Problem und laden nötigenfalls Fotos dazu hoch.

Falls Sie die Rücksendekosten selbst tragen oder Mitglied bei „eBay Plus“ sind und die Rücknahmebedingungen des Verkäufers oder für den Käuferschutz erfüllen, bekommen Sie ein Rücksendetikett von eBay. Falsche und beschädigte Artikel können Sie auch dann retournieren, wenn der Verkäufer Rückgaben eigentlich ausschließt.

Der Verkäufer muss bei eBay innerhalb von drei Werktagen eine Rücknahme sowie Rückerstattung oder einen Ersatzartikel anbieten. Das gilt auch, falls eine Lieferung ausgeblieben ist. Dann läuft die

Amazon Pay

Einen kostenlosen Käuferschutz bietet Amazon nicht nur im eigenen Online-marktplatz, sondern auch, wenn Sie in externen Onlineshops mit Amazon Pay zahlen. Er deckt wie beim Amazon-Marktplatz defekte, nicht der Beschreibung entsprechende und nicht gelieferte Artikel ab. Für die Rückgabe gelten die Rückgabebedingungen des Händlers. Die Liste der nicht vom Schutz abgesicherten Waren und Dienstleistungen (siehe ct.de/yez6) ist deutlich länger als bei Amazon selbst. Auch legale Güter wie Tabak sind in der Bannliste zu finden. Der Käuferschutz bei Amazon Pay ist auf 2500 Euro inklusive Versandkosten gedeckelt.

Bei Amazon Pay müssen Sie nach der Abbuchung des Kaufpreises mindestens 15 Tage warten und haben dann zunächst 75 Tage Zeit, den Händler anzuschreiben.

Die Mailadresse finden Sie in der Liste Ihrer Amazon-Pay-Zahlungen im Nutzerkonto, alternativ können Sie Händler auch direkt über Amazon Pay kontaktieren. Welche Informationen Sie übermitteln, beschreibt Amazon auf einer Hilfe-seite (siehe ct.de/yez6). Der Händler soll binnen zweier Kalendertage antworten und zum Beispiel eine Retoure veranlassen. Eine Rückerstattung muss 14 Kalendertage nach deren Eingang auf Ihrem Konto sein, etwaiger Ersatz 30 Kalendertage nach Zusicherung bei Ihnen sein.

Auch bei Amazon Pay dauert die Bearbeitung einige Tage. Updates kommen ins Nutzerkonto und per Mail. Haben Sie Erfolg, erstattet das Unternehmen Ihnen den Kaufpreis plus Versandkosten. Wenn Amazon Ihren Antrag ablehnt, können Sie Widerspruch einlegen.

30-Tage-Frist ab dem Zustelldatum, das der Händler nennt. Meldet sich der Verkäufer nicht oder gefällt Ihnen sein Lösungsvorschlag nicht, können Sie eBay direkt kontaktieren und entscheiden lassen.

Wenn Sie einen Artikel zurücksenden sollen, haben Sie dafür zehn Werktage Zeit. Stellt der Händler kein Rücksende-etikett, schicken Sie die Ware an die Adresse, die der Verkäufer nennt. Falls es keine gibt, gilt die Adresse aus seiner Widerrufsbelehrung. Die Sendungsverfolgungsnummer müssen Sie vor der voraussichtlichen Zustellung an den Verkäufer bei eBay hochladen.

Der Verkäufer muss innerhalb von zwei Tagen nach der Zustellung die Rückerstattung auslösen. Kommt bei Ihnen kein Geld an, haben Sie danach zehn Tage Zeit, den Käuferschutz einzuschalten. Lehnt eBay einen Käuferschutzantrag ab, können Sie 45 Tage lang Einspruch einlegen.

Kleinanzeigen: „Sicher bezahlen“

Das Käuferschutzprogramm „Sicher bezahlen“ vom Marktplatz Kleinanzeigen können Sie bei privaten wie gewerblichen Käufen mit Versand hinzubuchen. „Sicher bezahlen“ ist ein Treuhandsystem, das an den niederländischen Zahlungsdienstleister „Online Payment Platform“ (OPP) ausgelagert wurde.

Es gilt nicht für alle Angebote, sondern nur, wenn der Verkäufer „Sicher bezahlen“ für sein Angebot aktiviert hat. Das erkennen Sie an einem Symbol in der Anzeige. Pro Einkauf sichert Kleinanzeigen derzeit maximal 2000 Euro ab. Sie zahlen dafür eine Provision an OPP, die bei 50 Cent plus 4,5 Prozent des Kaufpreises liegt.

Der Käuferschutz kann greifen, wenn der Artikel nicht ankommt, er stark von der Beschreibung abweicht, wenn er ein gefälschtes Produkt ist sowie wenn ein falscher oder unvollständiger Artikel im Paket liegt. Einige Produktkategorien wie Eintrittskarten und Dienstleistungen deckt der Schutz bei Kleinanzeigen nicht ab – eine Liste finden Sie unter ct.de/yez6.

Sind Sie handelseinig, bezahlen Sie die Ware über Kleinanzeigen und das Geld landet zunächst auf einem Treuhandkonto. Als Käufer geben Sie es erst frei, wenn die Ware angekommen ist. Allerdings bekommt der Verkäufer sein Geld nach 14 Tagen automatisch, wenn Sie keinen Käuferschutzantrag stellen.

Praxis

Um „Sicher bezahlen“ für einen Kauf zu aktivieren, geben Sie als Käufer im Kleinanzeigenchat zum Inserat über das Preisvorschlagstool ein Angebot ab. Nimmt der Verkäufer an, bekommt er ein Versandetikett mit der Adresse, die Sie bei Kleinanzeigen hinterlegt haben, sowie eine Sendungsverfolgungsnummer. Die Nummer geht automatisch auch an Sie.

Kurz nachdem das Paket angekommen und der Inhalt geprüft ist, geben Sie als Käufer die Auszahlung frei und danach erlischt der Käuferschutz. Der Käuferschutz scheidet aus, wenn Sie die eingetroffene Ware verändert haben, etwa durch einen Versuch, sie zu reparieren. Der Schutz entfällt ebenso, wenn ein Artikel mit erwartbaren Gebrauchsspuren ankommt, die Maße und Farbtöne leicht abweichen oder die Originalverpackung fehlt, sofern sie nicht ausdrücklich Teil des Angebots war.

Eine Rückgabe beantragen Sie im Kleinanzeigenchat zum Kauf per Klick auf „Ich habe ein Problem“. Wählen Sie dann einen Grund aus und erläutern Sie den Fall. Das blockiert die Auszahlung an den Verkäufer einstweilen. Damit beginnt eine fünftägige Frist zur Einigung zwischen Käufer und Verkäufer. Ist sie glücklich, brechen beide Seiten den Kauf im Chat ab.

Falls es mit der Einigung nicht klappt, prüft Kleinanzeigen den Fall. Nach einer Einigung oder falls Kleinanzeigen zu Ihren Gunsten entschieden hat, müssen Sie den Artikel meist zurückschicken. Die Rücksendekosten bekommen Sie ebenso wenig

zurück wie die Versandkosten, die der Verkäufer von Ihnen erhalten hat.

Versandadresse, Paketdienst und andere Modalitäten vereinbaren Sie zwecks Beweissicherung unbedingt im Chat zum Inserat auf Kleinanzeigen. Teilen Sie dem Verkäufer die Sendungsverfolgungsnummer im Chat mit. Hat der Verkäufer die Rücksendung erhalten, bestätigt er dies seinerseits im Kleinanzeigenchat. Käufer bekommen dies dort eindeutig angezeigt. Ist alles korrekt, bucht OPP das Geld innerhalb der nächsten Wochen zurück.

Fazit

Käuferschutz kann helfen, wenn Sie die Regeln kennen und beachten – sowohl vor einem Verfahren als auch, wenn es einmal läuft. Einfach machen es die Onlinemarktplätze ihren Kunden nicht, wohl auch, um sich selbst gegen Missbrauch abzusichern. Bei Kleinanzeigen ist der Käuferschutz dazu sehr teuer.

In einem weiteren Artikel werden wir uns mit dem Käuferschutz durch sogenannte Siegelanbieter wie Trusted Shops beschäftigen. Bis dahin interessieren uns Ihre Erfahrungen mit Käuferschutz – mailen Sie gerne an mon@ct.de, wie Bezahl-dienste, Plattformen oder Siegelanbieter bei Ihnen entschieden haben.

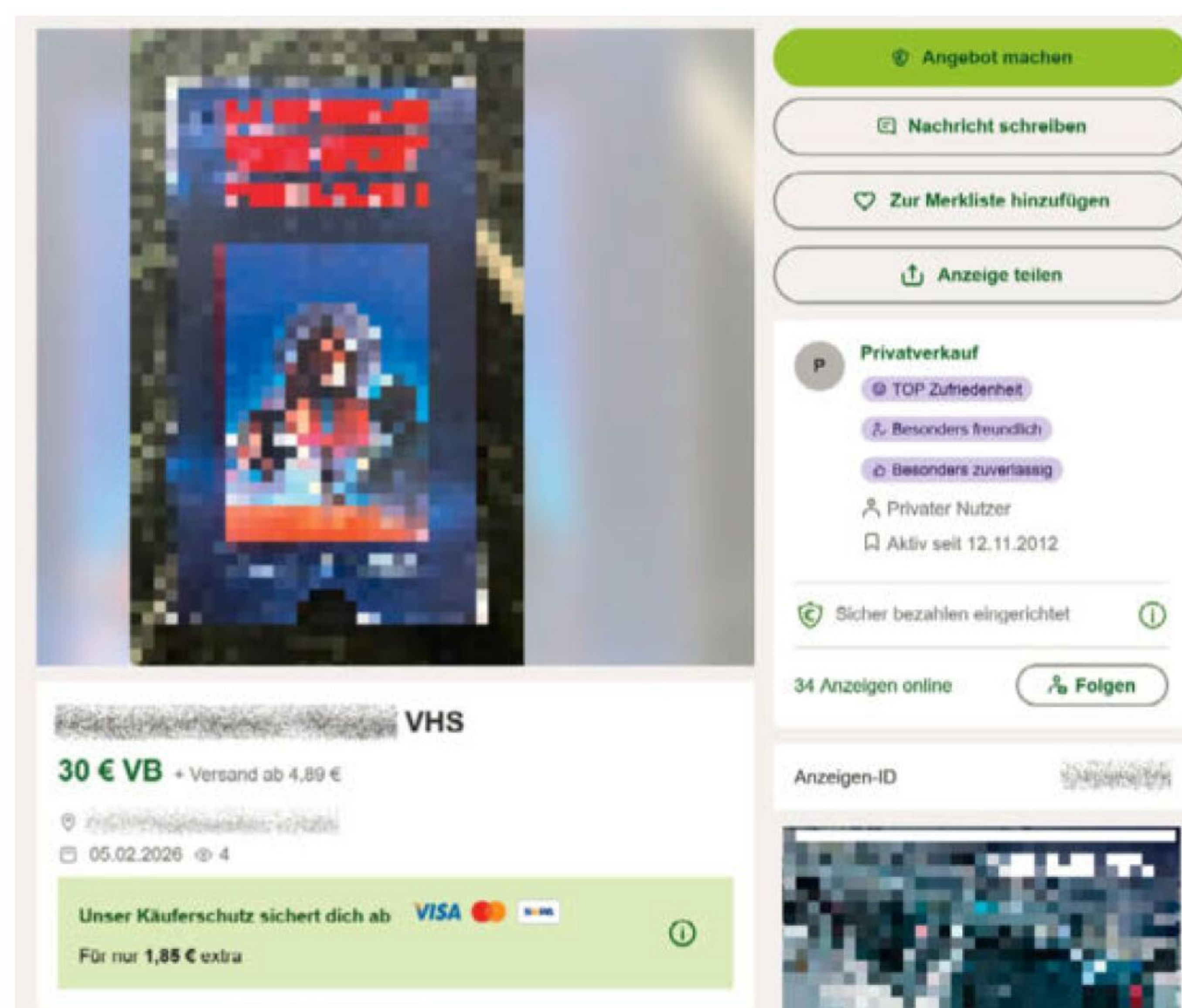
(mon@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Markus Montz, Reklamationshilfen, So funktioniert Käuferschutz bei Bezahl-diensten, c't 5/2026 S. 96

Was Käuferschutz abdeckt: ct.de/yez6

Inserate auf Kleinanzeigen tragen das „Sicher bezahlen“-Symbol. Sie zeigen auch die Bezahlarten und was der Schutz Sie kostet.



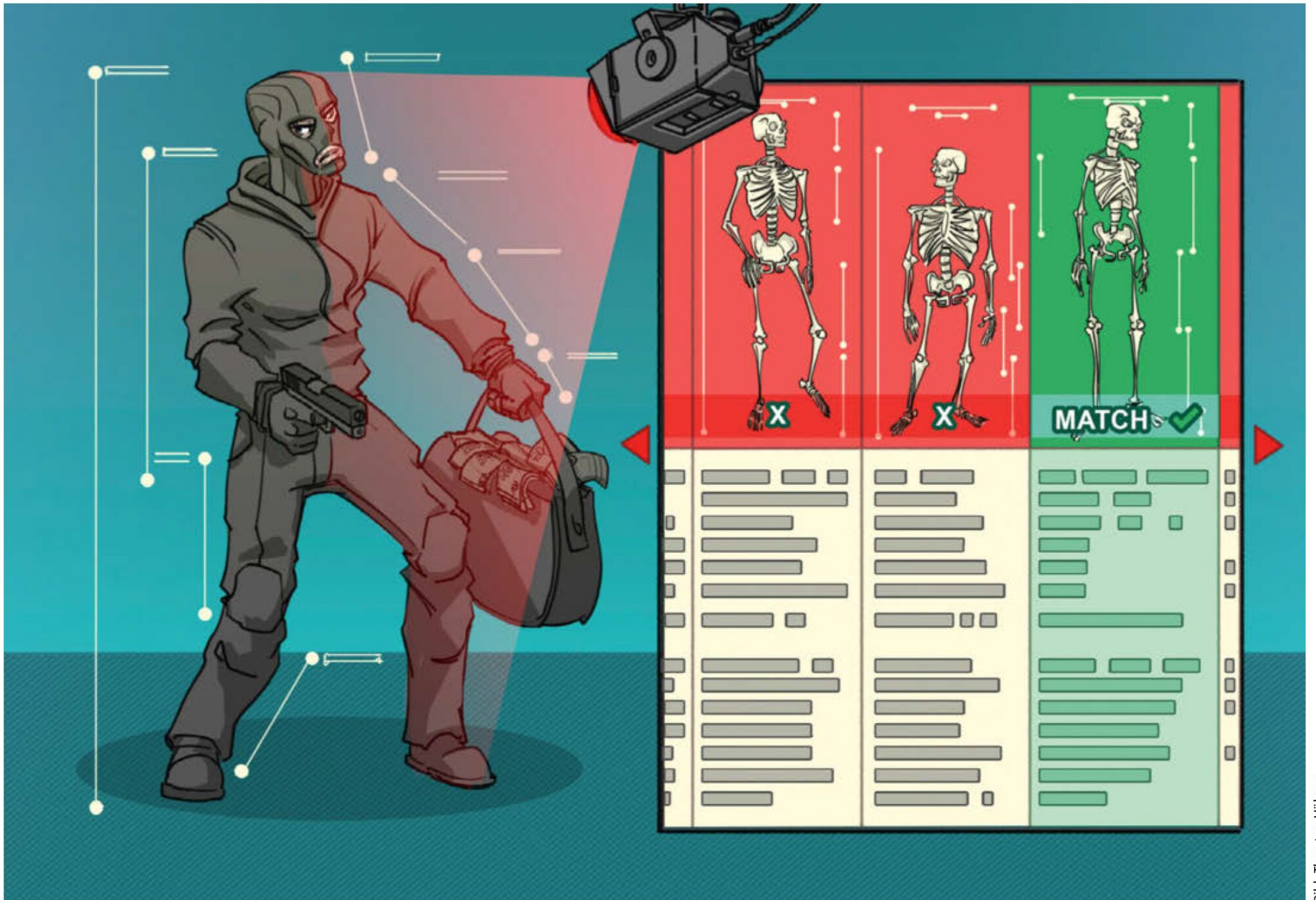


Bild: Thorsten Hübner

Vom eigenen Skelett verraten

Wie Videoanalysen des Knochenbaus Täter entlarven

Um einer Person eine Straftat nachzuweisen, muss man sie erkennen. Dazu dienen nicht nur Gesicht, Fingerabdrücke, DNA-Spuren oder Ganganalysen. Auch das menschliche Skelett lässt sich anhand räumlicher Analysen individuell zuordnen.

Von Arne Grävemeyer

Man hat es als Straftäter nicht leicht in einer zunehmend digitalisierten Welt. Da reicht es nicht mehr, vor dem Betreten einer Bank das Halstuch über die Nase zu ziehen. Und ist es nicht schlimm genug, dass man sich schon verrät, wenn man nur sein Handy eingeschaltet lässt [1]? Über Fingerabdrücke, DNA-Proben und Ganganalysen hinaus erweitert die digitale Forensik das Repertoire der gerichtstauglichen Beweise nach digitalen Menschmodellen [2] nun auch um Vergleiche des menschlichen Knochenbaus.

„Das menschliche Skelett an sich, beziehungsweise der Satz an Maßen und Relationen, die wir daraus ableiten, hat eine Duplikationswahrscheinlichkeit von

10^{-15} bis 10^{-8} “, sagt Dirk Labudde, Leiter der Fachgruppe FoSIL (Forensic Science Investigation Lab) an der Hochschule Mittweida. Demnach liegt die Wahrscheinlichkeit, dass zwei willkürlich gewählte Personen bezüglich ihrer 3D-Skelettmodelle nicht voneinander abweichen, im Mittel bei einem Zehnmilliardstel.

Die Schwierigkeit besteht allerdings darin, alle verfügbaren Überwachungskameras zu synchronisieren und Verzeichnungen etwa durch oftmals verwendete Fischaugenlinsen herauszurechnen. Erst dann ist es möglich, das virtuelle Skelettmodell eines Beschuldigten in der richtigen Pose mit den individuellen Skelettmaßen des Täters abzugleichen, um Beschul-

digte be- oder entlasten zu können. KI-Tools können diese Arbeit unterstützen.

Geringe Anforderungen an die Kameras

Jeder Tatort ist anders, mal existiert besseres, mal schlechteres Videomaterial. „Um einen Menschen aber mit einer gewissen Sicherheit erkennen zu können, sollte er auf dem Kamerabild möglichst 300, besser 350 Pixel in der Höhe einnehmen, da sonst ein hoher Pixelfehler auftreten würde“, erklärt Labudde. Wenn nun eine einfache Überwachungskamera nur 1280 × 720 Pixel auflöst, dann ist es entscheidend, dass der Täter einen hinreichend großen Bildbereich ausfüllt. Günstige Lichtverhältnisse müssen ebenso gegeben sein wie ein geeigneter Kamerawinkel.

Die Forensiker sammeln alle verfügbaren Kamerabilder aus unterschiedlichen Blickwinkeln. Falls vorhanden, können sie zusätzlich Aufnahmen von Infrarotkameras mit einbinden, da Bildinformationen wie die Farbe der Kleidung für die Skelettanalyse nicht von Bedeutung sind. Entscheidend ist nur, dass sich die betreffende Person vom Hintergrund abgrenzen lässt.

Als nächsten Schritt erzeugen sie per Laserscan ein 3D-Modell des Ereignisorts. In dieses 3D-Modell passen sie virtuelle Kameras ein, was bedeutet, dass sie die Bilder der Überwachungskameras mit dem 3D-Modell überlagern. Jede virtuelle Kamera repräsentiert alle Merkmale, welche eine reale Kamera wiedergibt.

Körperdaten oft schwer zu ermitteln

Zu begrüßen wäre es aus erkennungsdienstlicher Sicht sicherlich, wenn alle Kriminellen ihre Straftaten ohne Oberbekleidung ausführen würden. Bis es soweit ist, müssen die Forensiker allerdings mit den Problemen umgehen, die ihnen dicke Mäntel, Schulterpolster oder hohe Absätze schaffen. In der Regel werden die anatomischen Landmarken manuell bestimmt, für Gerichtsverfahren im Vieraugenprinzip.

Auf der anderen Seite müssen die Forensiker für Vergleiche erst einmal ein digitales Skelettmodell, das sogenannte Rig, von jedem Beschuldigten erstellen. In der Praxis verlässt man sich am FoSIL in Mittweida nicht auf Ganzkörperscans oder Videos. Stattdessen stellt sich die zu vermessende Person auf einen Drehteller und bei vorgegebenen Drehwinkeln nehmen

ct kompakt

- Egal ob ein Täter sich maskiert, Handschuhe trägt und vielleicht sogar absichtlich humpelt: In der Videoanalyse kann ihn sein Knochenbau verraten.
- Forscher scannen den Tatraum und berechnen verschiedene Kamerawinkel, um 3D-Modelle von Skeletten zu vergleichen.
- KI-Modelle könnten die erforderlichen Eckpunkte künftig einfacher aufnehmen und individuelle Merkmale digitalisieren.

zwei Kameras Fotos auf. Zuvor markieren Mitarbeiter die anatomischen Landmarken am Körper mit auffälligen Aufklebern. Zudem nehmen sie auch dabei ein 3D-Modell des Raums auf und integrieren die Fotos in virtuelle Kameras. Aus den Einzelbildern lässt sich dann die Lage der Landmarken bestimmen, aus denen wiederum das individuelle Rig händisch erstellt wird.

Erst damit ist es möglich, das Rig eines Beschuldigten mit dem Täter abzugleichen. Dazu integrieren die Forensiker das personalisierte Rig-Modell in das 3D-Modell des Ereignisorts. Die Pose des Täters im Videomaterial wird mit dem personenspezifischen Rig nachgestellt und anschließend in der Körper- und Schulterhöhe vermessen.

Diese Maße erfassen die Forensiker für mehrere unterschiedliche Frames des Videomaterials. Übersteigen die durchschnittlichen Abweichungen zwischen

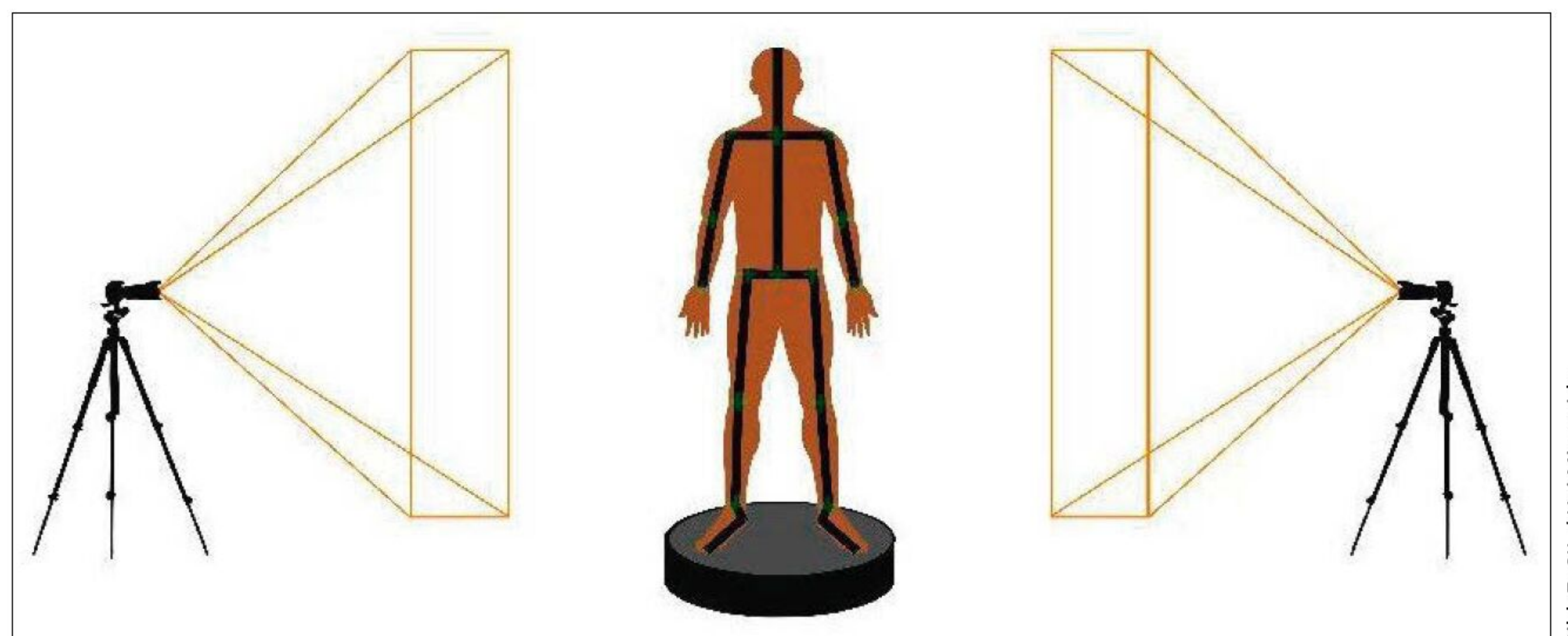
dem personenspezifischen Rig und dem Täter im Videomaterial einen Schwellwert, dann kann man von unterschiedlichen Personen ausgehen. Wenn nicht, spricht dies dafür, dass das personenspezifische Rig der tatverdächtigen Person auch zu dem Täter im Videomaterial passt.

Seit 2019 hat Labudde etwa 50 Gerichtsverfahren als Gutachter mit Skelettvergleichen begleitet. Die Technik diene gleichermaßen dazu, Beschuldigte auszuschließen oder zu belasten. „In einem Fall in Chemnitz gab das den Ausschlag zwischen zwei Verdächtigen. Den einen konnten wir belasten, den anderen entlasten“, berichtet der Forscher. Dieser Argumentation folgte der Richter schließlich laut Urteilsbegründung.

Juristische Diskussion

Prinzipiell kann sich ein Beschuldigter gegen Ganzkörperscans wehren. Das Gericht vermag aber eine erkennungsdienstliche Behandlung auf Grundlage von Fotografien durchzusetzen. Ein kooperationsunwilliger Beschuldigter kann jedenfalls nicht durch eine ungewöhnliche Körperhaltung sein Rig verändern, ist sich Labudde sicher. Schließlich sei niemand in der Lage, willentlich seine Beinlänge oder seine Schultersymmetrie zu modifizieren.

Allerdings hat genau dieses Fotografieren, um das Rig eines Beschuldigten zu erstellen, aktuell eine juristische Diskussion entfacht. Handelt es sich dabei tatsächlich nur um eine zulässige, erweiterte erkennungsdienstliche Behandlung gemäß Strafprozessordnung (StPO)? Ein Beschuldigter müsse lediglich Fotoaufnahmen erdulden, gemäß der sogenannten Selbstbelastungsfreiheit dürfe er aber nicht gezwungen werden, sich in bestimmter Art und Weise zu bewegen.



Bei den standardisierten Aufnahmen für ein digitales Skelettmodell steht der Tatverdächtige auf einem Drehteller. Zwei Kameras schießen Fotos aus einer Handvoll definierter Winkel.

Bild: FoSIL / Uni Mittweida



Bei einem realen Überfall auf einen Kioskladen hielten zwei Kameras mit unterschiedlichen Blickwinkeln die Szene fest. Das digitale Skelettmodell eines Tatverdächtigen zeigte eine hohe Übereinstimmung mit dem Täter.

Ein zweiter Diskussionspunkt betrifft den Beweiswert des Rig-Vergleichs. Wie genau müssen die Messungen aus den Daten von Überwachungskameras sein? Welcher Schwellwert ist beim Rig-Abgleich tatsächlich aussagekräftig? Gegenüber c't erläuterte Labudde, dass sein Institut mit dem Anthropologischen Institut der Universität Göttingen zusammengearbeitet hat und darüber Zugriff auf Hunderte Skelettdaten erhielt. Hinzu kam eine Studie mit 65 Personen, die die Forscher auf einer Laufstrecke aus fünf Perspektiven in der Bewegung aufnahmen. Daten aus zahlreichen Gerichtsverfahren mit Rigs von Beschuldigten erweiterten die Datenbasis kontinuierlich.

Gleichwohl bringen Anwälte der Verteidigung derzeit in Gerichtsprozessen Zweifel gegenüber der Methode vor, digitale Skelettmodelle zum Personenabgleich zu nutzen, wenn es darum geht, Beschuldigte mit Tätern auf Videoaufnahmen zu vergleichen. Aktuell passiert das in einem Verfahren vor dem Oberlandesgericht (OLG) Düsseldorf gegen sechs mutmaßliche Linksextremisten, denen vorgeworfen wird, bei verschiedenen Taten Angehörige der rechten Szene angegriffen und zum Teil schwer verletzt zu haben. Die Verteidigung argumentiert, dass Labudde als Gutachter befangen sein könne, weil er mit der von ihm erforschten Analyse-methode Erfolg haben wolle. Tatsächlich ist Dirk Labudde zusätzlich zu seiner Forschungstätigkeit auch Prokurist für das Unternehmen FZ forensic.zone, das als Dienstleister IT-forensische Gutachten anbietet und als dessen Geschäftsführerin Labuddes Ehefrau Mirijam Labudde zeichnet. Allerdings liegt der Schwerpunkt dieses Unternehmens nicht auf dem Per-

sonenabgleich mittels 3D-Skelettmodellen, sondern auf Gerichtsverfahren, bei denen Datenträger nach Hinweisen auf Kinderpornografie und sexuellen Missbrauch durchsucht werden müssen.

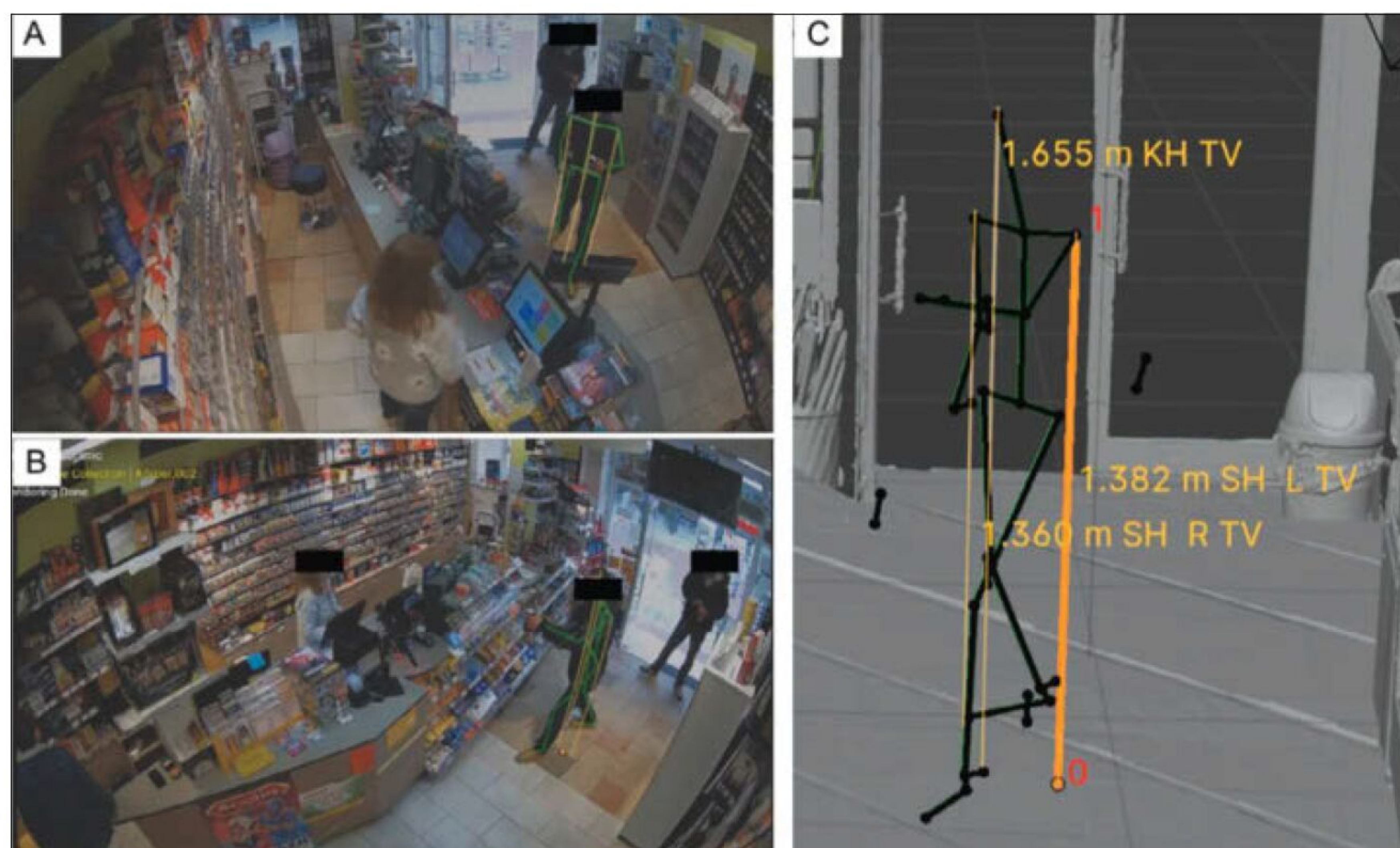
KI automatisiert die Rig-Analyse

Derzeit ist es ein manueller Prozess, das Rig eines Tatverdächtigen zu erstellen. Dazu kommen Forensiker beispielsweise in die Gefängnisse, vermessen den Verdächtigen, kleben Markierungen auf die Gelenkpunkte und nehmen im standardisierten Verfahren die Fotos auf. Bei der Analyse ermitteln sie dann am Bildschirm die Längen zwischen den Markierungspunkten und erstellen das Rig.

In einer jüngsten Untersuchung 2025 an der Hochschule Mittweida haben

Forensiker aus Labuddes Team parallel Fotos ohne aufgeklebte Markierungen aufgenommen. Von diesen Fotos ließen sie automatisiert durch das trainierte KI-Modell OpenPose die Gelenkpunkte bestimmen. Auf der Grundlage dieser Vorhersage erstellten sie im Anschluss händisch das digitale Skelettmodell. Auf diese Weise entstanden zwei leicht unterschiedliche Rigs.

Im konkreten Beispielfall eines realen Raubüberfalls auf einen Kiosk, der für die weitere Untersuchung zu Grunde lag, gab es eine Besonderheit: Der Täter ist beim Überfall nicht nur von zwei Kameras aus verschiedenen Winkeln erfasst worden. Zudem gibt es vom später beschuldigten Tatverdächtigen noch unmaskierte Aufnahmen vom Vortag in demselben Kiosk.



Am Vortag des Überfalls nahmen die Kioskkameras den Tatverdächtigen sogar unmaskiert auf. So konnten die Forensiker ihren Skelettvergleich noch einmal verifizieren.

Die Forensiker erfassten den Kioskeninnenraum mit einem Laserscanner und setzten in das resultierende 3D-Modell eine virtuelle Kamera ein. Damit konnten sie nun ihre beiden Rigs des Tatverdächtigen mit den verschiedenen Posen des Täters sowie mit den Aufnahmen des Tatverdächtigen vom Vortag vergleichen.

In der Tendenz wiesen beide Verfahren den Tatverdächtigen als den Täter aus, allerdings zeigte die rein händische Methode in dieser Untersuchung klare Vorteile.

Überraschenderweise war in beiden Fällen die Differenz zwischen den erkennungsdienstlich erstellten Rigs (händisch und OpenPose-basiert) und dem Tatverdächtigen vom Vortag sogar geringfügig größer als die Differenz zum Täter auf den Aufnahmen während des Raubs. Vor allem aber zeigte sich, dass der rein händisch erzeugte Abgleich offenbar genauere Ergebnisse lieferte. Insbesondere erkannte OpenPose nicht immer alle Gelenkpunkte korrekt. Auch bei der Poseneinpassung in

den virtuellen Raum mussten die Forscher manuell eingreifen, da OpenPose auch unnatürliche Körperhaltungen vorschlägt, die ein Mensch kaum einnehmen könnte. Diese Gefahr sollte sinken, wenn OpenPose mehr als eine Kameraaufnahme einbezieht, was die Untersuchung aber widerlegte.

Labudde vermutet, dass eine automatisierte Human Pose Estimation in Zukunft das Verfahren der Rig-Analyse in Gerichtsprozessen deutlich beschleunigen und vereinfachen kann. Dazu brauche es aber noch weitere Untersuchungen und Statistiken. Für Gerichtsverfahren nutzt sein Team derzeit ausschließlich die manuelle Methode.

Es ist allerdings eine Sache, das Verfahren als Indiz für oder gegen die Täterschaft eines einzelnen Beschuldigten zu verwenden, und eine ganz andere, bei einer Fahndung pauschal Videoaufnahmen von Menschen in Bahnhöfen und Flughäfen im Wege der Massenüberwachung zu scannen. Bis heute ist die

Datenbasis der Forscher noch klein, Kleidung verhüllt die individuelle Skelettstruktur teilweise und Forensiker brauchen Zeit, die Gelenkpunkte in Aufnahmen zu markieren. KI-unterstützte, automatisiert digitalisierte Rig-Analysen könnten in Zukunft möglicherweise Massenabgleiche ermöglichen, als eine weitere Säule neben Gesichtserkennung und Ganganalyse. Mit welcher Wahrscheinlichkeit sich dann aber Menschen anhand ihres Skelettmodells identifizieren lassen, wird noch Bestandteil künftiger Forschungen sein. (agr@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Arne Grävemeyer, Cluedo im Smart Home, Sensorik im privaten Heim soll zukünftig helfen, Verbrechen aufzuklären, c't 4/2025, S. 126
- [2] Arne Grävemeyer, Im Fall des Fallens, Digitale Menschenmodelle simulieren Unfall- oder Tathergang realitätsnah, c't 1/2023, S. 142

Paper zum Thema und juristische Diskussion: ct.de/y81n

Licht und Schatten der KI

Trends, Tipps und Transparenz

Mit **ct**
up-to-date
bleiben

ct KI-WISSEN
Kritische Analysen & kreative Praxis

Monopolkonzerne aus den USA
Auswirkung auf Wirtschaft, Umwelt und bürgerliche Freiheiten
Suche nach Alternativen: Wie Europa sich emanzipieren kann

Blick in die Zukunft
Smart Glasses zwischen Realität und Science-Fiction
Krebserkennung und Psychotherapie mit KI

Kultur & Urheberrecht
Song-Generatoren: Stehen Musiker vor dem Ende?
Diebstahl wird Eigentum: Wie KI-Anbieter sich Inhalte aneignen

Im Netz der KI-Agenten
Wie Sprachmodelle Apps und Internetdienste steuern
Lernen von RAG bis MCP und eigene Server aufsetzen

KI

Neu
im Shop!



shop.heise.de/ct-kiwissen225

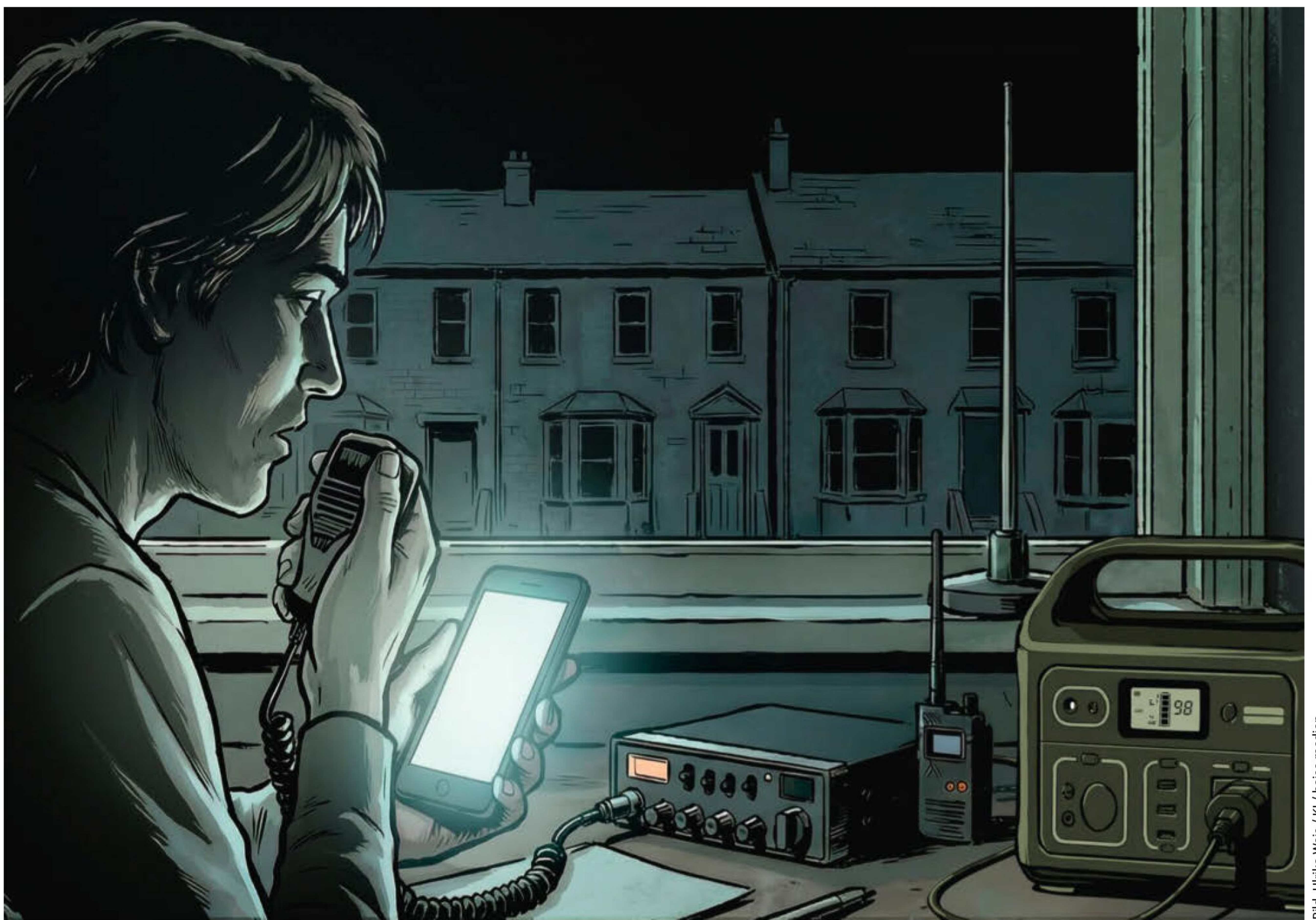


Bild: Ulrike Weis / KI / heise medien

Blackout-Gespräche

Netzunabhängige Kommunikationswege im Überblick

Fällt die öffentliche Stromversorgung aus, brechen schnell die Kommunikationsnetze zusammen und erst dann wird vielen klar, wie abhängig ihr Alltag von uneingeschränkter Telekommunikation ist. Wir erklären, welche netzunabhängigen Kommunikationsmethoden Sie im Katastrophenfall nutzen können.

Von Andrijan Möcker

Der Brandanschlag auf die Hoch- und Mittelspannungsleitungen nahe des Heizkraftwerks Lichterfelde in Berlin hat gezeigt, dass bei Stromausfall nicht bloß die Lichter ausgehen. Über 100.000 Menschen verloren in den frühen Morgenstunden des 3. Januars nicht nur Heizung und Licht, sondern wenig später auch den Zugang zu Fest- und Mobilfunknetzen.

Die Konsequenzen werden einem erst bewusst, wenn es passiert: Man kann plötzlich nur auf Rufweite kommunizieren. Der Kontakt zur Familie im anderen Stadtteil bricht ab und lebensrettende Hilfe ist unter Umständen einen fünfzehnminütigen Fußmarsch entfernt.

Im Nachgang wurden Stimmen laut, die bessere Vorbereitung auch der Telekommunikationsnetze auf solche Szenarien forderten. Doch aus technischer Sicht

steht längst fest: Insbesondere in mit Mobilfunkzellen gepflasterten Großstädten kann man nicht an allen Antennenstandorten Stromgeneratoren mit Spritreserven für Tage oder gar Wochen vorhalten – die Kosten für Installation und Wartung würden ausufern. Essenzielle Mobilfunkzellen zu versorgen kann helfen, dennoch hat dann das Mobilnetz viele Funklöcher und ist im Falle des Falles schnell überlastet.

Der Notfunk der Behörden, etwa durch das THW oder die Feuerwehr und der von Freiwilligen, etwa Funkamateuren, ist weniger für die individuelle Kommunikation gedacht, sondern er soll helfen, Hilfskräfte zu koordinieren. Die Konsequenz: Wer privat nicht abgeschnitten sein will, hält eigene alternative Kommunikationswege vor: Radio, Jedermannfunk, Mesh-Chat, Satellitentelefonie oder

ct kompakt

- Sprechfunk ist ideal, um unkompliziert im näheren Umkreis zu kommunizieren.
- Mit Mesh-Chats kann man auch ohne teure Hardware große Reichweiten überbrücken.
- Satellitentelefone sind praktisch, aber teuer in Kauf und Unterhalt.

Starlink – Möglichkeiten gibt es viele. Doch nicht alles ist gleichermaßen sinnvoll für Sie. Folgend fassen wir zusammen, worauf es ankommt.

Auf Empfang gehen

Das Radio ist das einfachste Kommunikationsmedium. Ein UKW- oder besser DAB+-Radio muss Teil Ihres Kommunikationssets für den Katastrophenfall sein, noch vor Sprechfunkgeräten und anderer Hardware. Dazu gehört außerdem ein Notizblock sowie einige Kugelschreiber und Bleistifte.

Wieso ein Medium so wichtig sein soll, mit dem man nur empfangen kann, aber nicht senden, mag verwunderlich klingen, ist aber einfach zu erklären: Behörden verbreiten Informationen zu Notschlafstellen, Katastrophenschutz-Leuchttürmen und Notruf-Anlaufpunkten über Rundfunk. Diese Infos können nicht nur den Unterschied zwischen einer kalten Nacht mit Minusgraden in der Wohnung und einem Feldbett im Warmen machen, sondern auch den zwischen Leben und Tod, wenn schnell eine Anlaufstelle für einen medizinischen Notfall gefragt ist.

Viele Katastrophenschutzbehörden halten entweder eigene UKW-Sender vor oder haben Konzepte, um lokale Rundfunksender mithilfe von Generatoren („Netzersatzanlagen“ in Behördensprech) in kurzer Zeit wieder in Betrieb zu nehmen. Ein batterie-, kurbel- oder solarbetriebenes Radio steht deshalb in den Ratgebern des Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (siehe ct.de/yt3p).

Unsere Kollegen von heise+ haben kürzlich fünf Notfallradios getestet (siehe ct.de/yt3p). Positiv fiel dabei das Sangean MMR-99 auf. Es bietet DAB+- sowie UKW-Empfang und mit fünf Minuten Kurbeln kann man 41 Minuten lang Radio

hören. Der Preis von rund 160 Euro mag nicht jedem gefallen, wenn das Gerät primär im Schrank liegt: Für rund 30 Euro gibts das „Bewinner“ genannte UKW-Modell, das aber auch noch unter dutzenden anderen Namen erhältlich ist.

Auch gegen ein einfaches Taschenradio mit Batterien spricht nichts. Sie müssen jedoch die Haltbarkeit der Batterien im Auge behalten und diese alle zwei bis drei Jahre tauschen, damit sie nicht auslaufen. Unserer Erfahrung nach sind die Haltbarkeitsangaben der Hersteller oft zu optimistisch.

Energieversorgung

Während sich bei Radios mit der Kurbel, einer USB-Powerbank oder ein paar Batterien leicht einige Tage überbrücken lassen, gilt das für viele nachfolgend erwähnte Kommunikationsmittel nicht. Deshalb muss man sich Gedanken um eine Notstromversorgung machen. Für den Betrieb von Smartphones, Handfunkgeräten, Satellitentelefonen und Mesh-Chat-Hardware benötigen Sie mindestens zwei bis vier größere Powerbanks, die mindestens 100 Wattstunden (Wh) speichern – je nachdem, mit welcher Ausfalllänge und Kommunikationshäufigkeit zu rechnen ist. Starlink-Terminals oder Fahrzeugfunkgeräte können Sie jedoch nicht an herkömmlichen Powerbanks mit USB-Buchsen betreiben.

Als Nächstes drängt sich vielleicht ein mit Benzin oder Diesel betriebenes Not-

stromaggregat auf, doch in dichter Bebauung stört der Lärm in Betrieb die Nachbarn. Außerdem darf man ohne spezielle Tanks und Genehmigungen in den meisten Bundesländern nur 20 Liter Benzin (oder 200 Liter Diesel) bunkern, was selbst bei kleinen Generatoren nur für anderthalb bis zwei Tage Betriebsdauer reicht.

Besitzen Sie bereits eine Photovoltaikanlage (PV) mit Speicher, sei es ein Balkonkraftwerk (BKW) oder eine große Dachinstallation, haben Sie eventuell schon eine Notstromquelle. Auch wenn Ihre PV-Installation nicht explizit für Netzersatz geplant ist, haben Sie möglicherweise einen Hybridwechselrichter oder AC-gekoppelten Speicher mit Ausgang für den Inselbetrieb; auch manche BKW-Speicher besitzen eine separate Steckdose. Näheres finden Sie in den Datenblättern der Geräte.

Balkonkraftwerke ohne Speicher können Sie wahlweise um einen notstromfähigen Speicher ergänzen oder eine geeignete Powerstation alias „Solargenerator“ besorgen, also einen kleinen Lithium-Ionen-Akku mit Solarladeregler sowie integrierten Wandlern für Gleich- und Wechselspannung. Viele Hersteller bieten Adapter für den Standard-Solarstecker MC4 als Zubehör, sodass man die Panels einfach vom Mikrowechselrichter abziehen und an die Powerstation stecken kann. Entscheidend ist, dass die Powerstation mit der unbelasteten Ausgangs-



Ein solar- oder kurbelbetriebenes Radio wie das Sangean MMR-99 sollte in jedem Notfall-Kommunikationsset vorhanden sein, denn Behörden verbreiten im Katastrophenfall essenzielle Infos über Rundfunk.



Bild: Andreas Wodrich / heise Medien

Fertige Hardware für die Mesh-Chat-Projekte Meshtastic und MeshCore gibt es mittlerweile günstig, sodass auch einsteigen kann, wer sonst nur wenig elektronikbastelt.

spannung zurechtkommt. Sie finden diese als „Open Circuit Voltage (Voc)“ auf dem Etikett an der Rückseite oder im Datenblatt des Panels. Auf keinen Fall darf ein Balkonkraftwerk-Wechselrichter in die Steckdose einer Powerstation gesteckt werden. Nehmen die angeschlossenen Verbraucher die Leistung nicht vollständig ab, zerstört die auftretende Rückspei-

sung wahrscheinlich den Wechselrichter der Powerstation.

Eine Powerstation lässt sich außer per PV auch im Auto oder an Notfall-Sammelstellen aufladen. In gut vernetzten Nachbarschaften kann ein gemeinsam beschaffter Generator sinnvoll sein, an dem dann über wenige Stunden pro Tag Powerstations und Powerbanks geladen

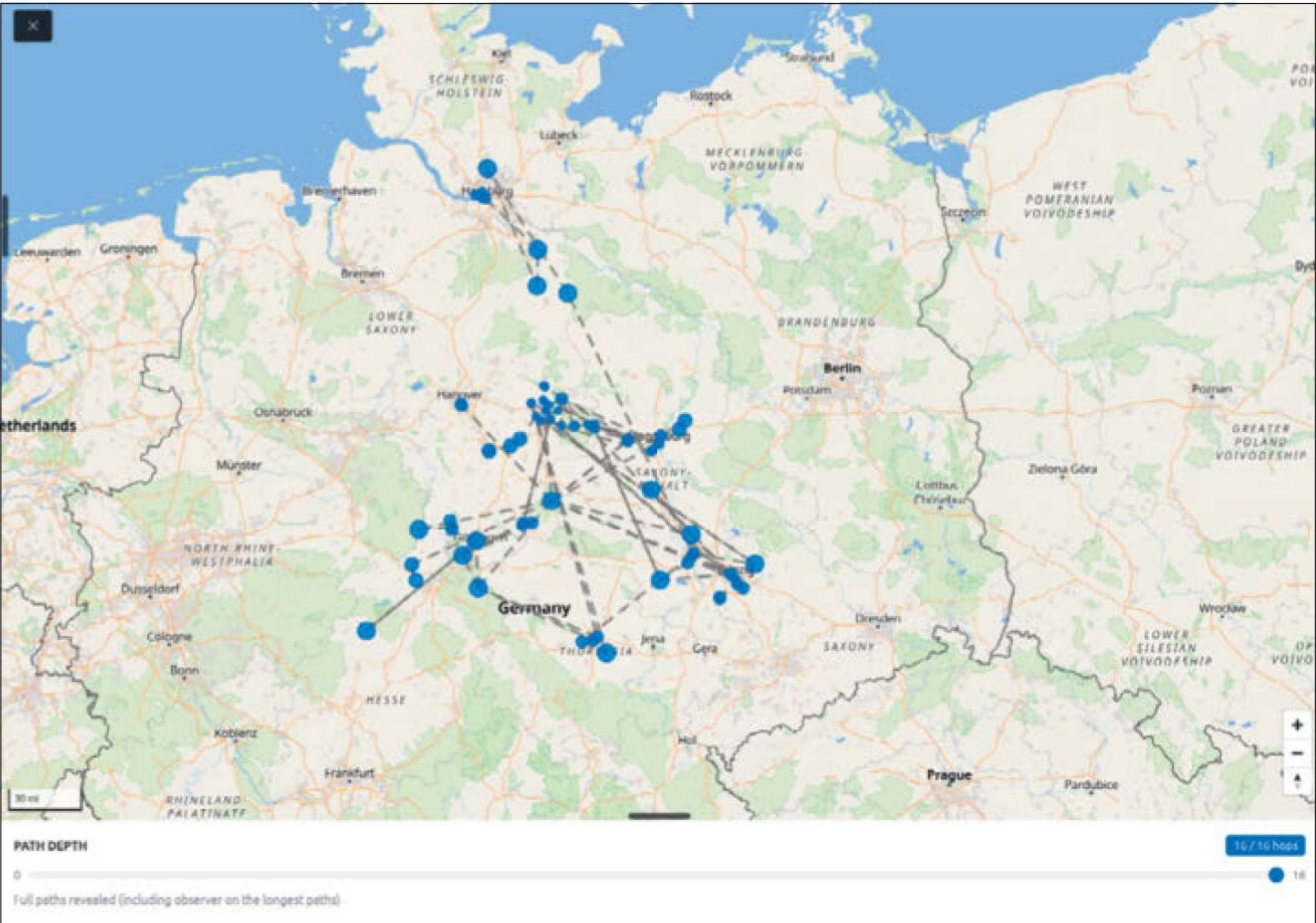


Bild: heise Medien / MeshCore Analyzer

Das MeshCore-Protokoll unterstützt bis zu 64 Hops, Meshtastic nur 7. Dadurch ist MeshCore prinzipbedingt im Vorteil, wenn Nachrichten mittels Repeatern über weite Strecken (bis rund 1000 Kilometer) transportiert werden sollen.

werden. Da das Lagerlimit für Kraftstoffe in den meisten Bundesländern pro Keller beziehungsweise Garage gilt, kann man gemeinschaftlich mehr lagern.

Typische Powerstations bieten einige USB-Ausgänge, eine 12-Volt-Buchse wie im Auto (ISO 4165) und eine oder mehrere Schutzkontaktsteckdosen, die je nach Modell zwischen 150 und 3500 Watt liefern. Die Kapazität kann ebenfalls von wenigen Hundert Wattstunden bis hin zu mehreren Kilowattstunden reichen. Doch Gewicht und Proportionen wachsen mit der Kapazität, was die Mobilität mindert.

Jedermannfunk

„Jedermannfunk“ ist eine umgangssprachliche Bezeichnung für Sprechfunkgeräte, die keine individuelle Erlaubnis der lokalen Regulierungsbehörde benötigen. In Deutschland werden Frequenzen dafür durch die Bundesnetzagentur über Allgemeinzuweisungen freigegeben, jeweils mit Rahmenbedingungen hinsichtlich Sendeleistung, Bauform, Antennen und weiterer Parameter. Sie sollen verhindern, dass einige wenige Nutzer mit leistungsstarken Geräten die Kommunikation für andere im großen Umkreis blockieren.

Derzeit gibt es drei hauptsächlich genutzte Jedermannfunk-Frequenzbereiche: PMR446, Freenet und CB. Der älteste ist das Citizen Band (CB) bei 27 Megahertz, wo bis zu 4 Watt Ausgangsleistung für Frequenz- und Amplitudenmodulation (FM, AM) sowie bis zu 12 Watt bei Einseitenbandmodulation (SSB) erlaubt sind. Die Freigabe reicht hierzulande von 26,565 bis 27,405 MHz und ist in 80 Kanäle aufgeteilt; externe Antennen sind erlaubt. Unter guten Bedingungen und mit Außenantennen kann der CB-Funker noch dutzende Kilometer und fallweise weltweit entfernt gehört werden. Zugelassene Geräte dürfen in ganz Europa betrieben werden, größtenteils aber auf nur 40 Kanälen.

Nachteile sind die hohe Leistungsaufnahme – typischerweise 10 bis 60 Watt beim Senden – sowie die Größe von CB-Handfunkgeräten. Wegen der Wellenlänge (11 Meter) sind die Antennen wesentlich klobiger als die für UKW-Funk. Außerdem sind CB-Handgeräte wesentlich teurer, da CB-Funk mittlerweile eine Nischenanwendung ist. Ein digitaler Sprechfunkstandard samt Verschlüsselung hat sich hier nicht etabliert. Sie müssen also immer damit rechnen, dass Fremde Ihre Gespräche mitbekommen. Außerdem setzt der CB-Funk permanente Auf-

merksamkeit voraus: Wenn Sie einen Funkspruch verpassen, ist er nicht erneut abspielbar.

Spielen diese Nachteile für Sie keine Rolle und wäre eine Außenantenne bei Ihnen möglich, ist der CB-Funk eine gute Wahl, um mehrere Stationen über größere Distanzen zu verbinden. Bis auf gelegentliche Tests, Absprachen mit Kommunikationspartnern und jährliche Kontrollen der Antennenkabel hat man mit CB-Funk keinen Aufwand.

CB-Funkgeräte fürs Auto oder einen festen Standort gibt es heute ab etwa 60 Euro; sie laufen mit 12 oder 24 Volt, können also auch aus einer Powerstation, einem 12-Volt-Akku oder einem Netzteil gespeist werden. Mit Antenne und Installationsmaterial muss man allerdings zwischen 250 und 500 Euro einplanen, wenn man alles selbst installiert.

Wenn Sie noch größere Distanzen ohne Abhängigkeit von öffentlicher Infrastruktur wie Mobilfunknetzen überbrücken wollen und bereit sind, tiefer in

die Funktechnik einzusteigen, ist der Amateurfunk möglicherweise etwas für Sie. Um Amateurfunkbänder nutzen zu dürfen, muss man eine Prüfung bei der Bundesnetzagentur ablegen. Der Deutsche Amateur-Radio-Club (DARC) vereint hiesige Funkamateure und bietet Informationsmaterial zum Einstieg und hat auch Notfunk-Gruppen (siehe ct.de/yt3p).

PMR446 & Freenet

PMR446 und Freenet kamen gegen Ende der 1990er Jahre und sind Handgeräte alias Walkie Talkies, mit denen Sie bei einigermaßen hindernisfreier Topografie wenige Kilometer weit funken können, sonst eher ein paar Hundert Meter [1]. Bei beiden Systemen sind mittlerweile digitale Sprechfunkverfahren erlaubt; durchgesetzt hat sich hierbei der europäische Standard DMR (Digital Mobile Radio), der auch verschlüsselt arbeiten kann. Fahrzeug- oder Stationsfunkgeräte sowie per Kabel abgesetzte beziehungsweise abnehmbare Antennen sind jedoch in beiden

Bändern nicht zulässig (siehe ct.de/yt3p). Das gleiche gilt für den technisch ohne Weiteres möglichen Betrieb als verkettete Stationen, die als sogenannte Repeater an exponierten Standorten die Reichweite vergrößern können. Beides ist für den Notfunk eine Verschlechterung der Bedingungen.

PMR446 (Private Mobile Radio) bewegt sich auf 16 Kanälen zwischen 446,0 und 446,2 MHz mit bis zu 500 Milliwatt (0,5 Watt) Sendeleistung. Der Frequenzbereich ist der am meisten genutzte Jedermannfunkbereich und in ganz Europa sowie einigen weiteren Ländern freigegeben.

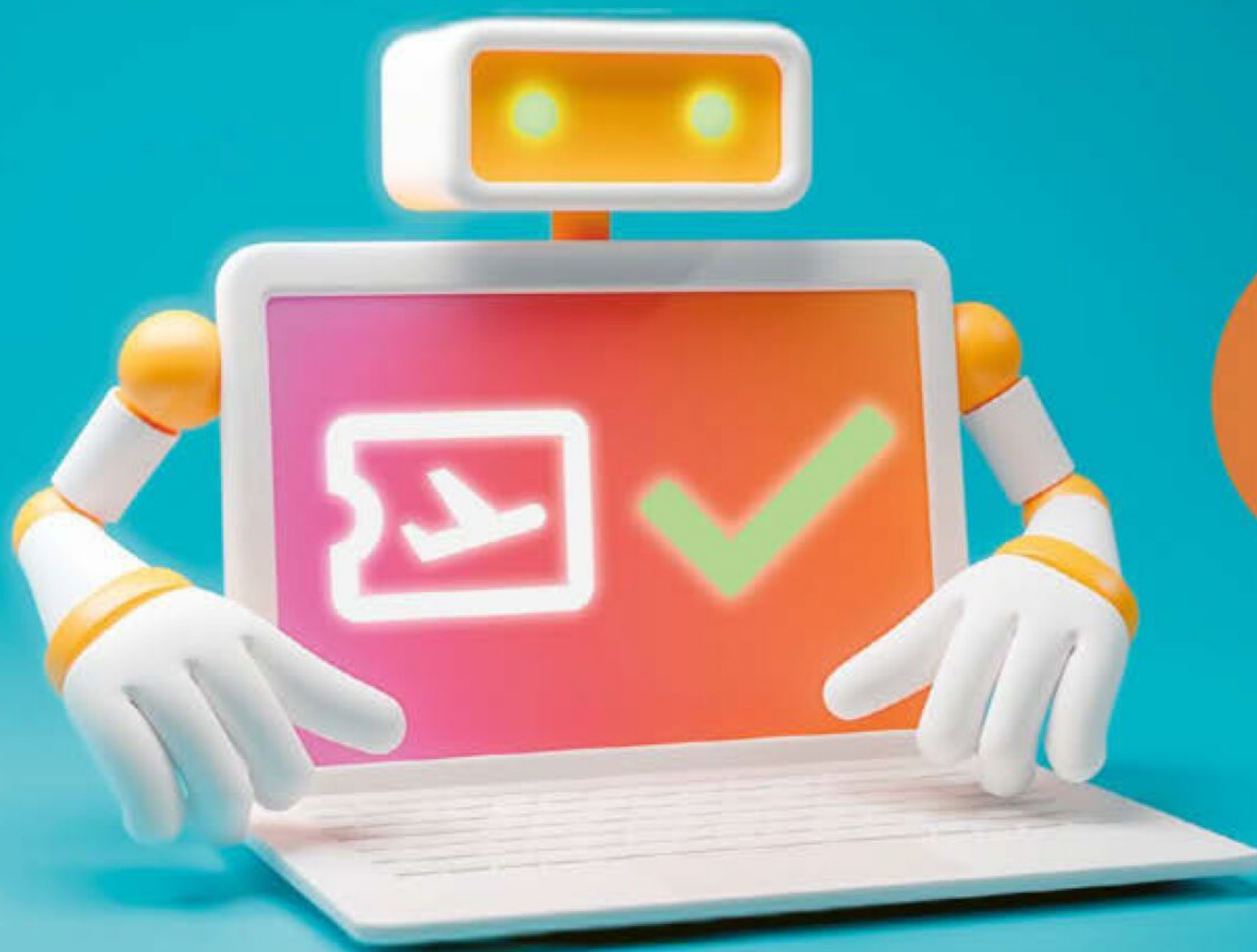
Es gibt eine große Geräteauswahl, und viele Elektronikhändler bieten mindestens ein PMR446-Set – vom kleinen Spielzeugfunkgerät für 30 Euro bis hin zu robusten Digitalfunkgeräten für mehrere hundert Euro. Zu altbekannten Marken wie Stabo, Alan, Albrecht, Midland und Motorola haben sich in den letzten Jahren chinesische Hersteller wie Rete-

26. März

MCP verstehen

So arbeiten KI-Agenten für Sie

ct
WEBINAR



Jetzt Ticket sichern

heise-academy.de/webinare/mcp



vis und Baofeng gesellt. Achten Sie besonders bei chinesischen Herstellern darauf, dass die Antenne fest montiert ist, sonst drohen Bußgelder. Besonders praktisch für den Blackout: Viele aktuelle Geräte können zum Laden an eine USB-Buchse und arbeiten mit 3,7-Volt-Lithium-Ionen-Akkus, die mit 5 Volt Ladespannung über einen Laderegler zu-recht kommen.

Freenet arbeitet im Bereich zwischen 149,01875 MHz und 149,11875 MHz üblicherweise auf 6 analogen Sprechkanälen und mit bis zu einem Watt Strahlungsleistung, im Grenzgebiet zu Belgien und Polen nur der Hälfte. Es gibt zwar rechnerisch noch weitere 12 Digitalkanäle, die jedoch wenig genutzt werden. Gegenüber PMR446 ist die Reichweite aufgrund der niedrigeren Frequenz und der doppelten Ausgangsleistung etwas größer. Freenet ist allerdings nur in Deutschland freigegeben und hierzulande auch kaum verbreitet: Geräte für semiprofessionelle Nutzer gibt es wenig. Freenet ist bei Fahrschulen und Sicherheitsdiensten als weniger ausgelastete Alternative zu PMR446 beliebt. Der Großteil des Angebots besteht daher aus simplen Geräten ohne Display in widerstandsfähigen Gehäusen zu Preisen ab 100 Euro aufwärts.



Bild: Melissa Ramson / heise Medien

Satellitentelefone wie dieses 25 Jahre alte Thuraya-Gerät kann man günstig gebraucht erwerben. Tarife verursachen jedoch zweistellige Grundkosten pro Monat und Gesprächsminuten sind teuer.

Unabhängig von der präferierten Funktechnik ergänzen zwei bis sechs Handsprechfunkgeräte mit USB-Ladeanschluss jedes Kommunikationsset. Selbst in dichter bebauten Gegenden dürfen Sie am Fenster stehend einige Hundert Meter Reichweite für den Informationsaustausch mit Nachbarn erwarten. Bewegt sich ein Familienmitglied aus dem Haus, kann man in Kontakt bleiben und wenn es länger als geplant dauert, kommt keine Nervosität auf.

Die zuvor erwähnten simplen Geräte ohne Display sind die, die Sie kaufen sollten: Eingeschaltet werden sie über einen Drehknopf, der gleichzeitig die Lautstärke einstellt; daneben ist der Kanalwahlschalter und auf der linken Seite die große Sprechstaste (PTT). Das und den Merksatz „Denken, Drücken, Sprechen“ hat man jedem in zwei Minuten erklärt. Verwirrung können lediglich etwaige Knöpfe unterhalb der Sprechstaste stiften, die bei manchen Geräten die Rauschsperrung öffnen oder die Kanalsuche aktivieren. Einige Hersteller bieten Programmierkabel und -software für ihre Geräte an, über die Knöpfe deaktiviert werden können.

Mesh-Chat

Wenn Sie größere Distanzen überbrücken und gleichzeitig keine Nachricht verpassen möchten, sind Mesh-Chat-Projekte wie Meshtastic und MeshCore die richtige Wahl [2]. Die Open-Source-Software der jeweiligen Dienste greift auf günstige Entwicklerplatinen zu, die sowohl Bluetooth als auch ein Modem für die IoT-Funktechnik LoRa haben. Damit kann jedermann kurze Textnachrichten im lizenzfreien Bereich bei 868 MHz versenden.

LoRa selbst kann einige Kilometer weit reichen. Beide Projekte nutzen Router beziehungsweise Repeater, die Nachrichtenpakete weiterleiten, damit sie auch ohne große Antennen und eine hohe Sendeleistung mehrere hundert Kilometer weit reisen können. Repeater nutzen extrem sparsame Mikrocontroller – ein kleines Solarpanel sowie ein 10-Ah-Lithium-Akku genügen für die Energieversorgung.

Egal ob Meshtastic oder MeshCore: Die meisten Anwender nutzen dafür eine Smartphone-App, die sich per Bluetooth mit dem Mesh-Platinchen verbindet. Es gibt jedoch auch autonome Geräte mit eigenem Bildschirm und Tastatur für die Nachrichteneingabe.

Während Meshtastic bis vor Kurzem das beliebteste Mesh-Projekt war und

viele Repeater-Standorte zählte, zeichnet sich derzeit ein Übergang zu MeshCore ab. Das liegt vor allem daran, dass Meshtastic-Netze bei steigenden Nutzerzahlen aufgrund ausufernder Telemetrie zunehmend unzuverlässig werden. Denn bei Meshtastic versendet jedes Gerät regelmäßig die eigene Position, Akkustände und weitere Parameter. Wenn das viele Meshtastic-Sender in Reichweite tun, kollidieren ihre Aussendungen miteinander, denn alle arbeiten auf derselben Frequenz. Größere Reichweite scheitert gerade in Zonen, in denen es mehrere Repeater gibt, schnell daran, dass das Protokoll maximal sieben Hops erlaubt – also siebenmaliges Weiterleiten über Router. Die Meshtastic-Entwickler erläutern dazu, dass Meshtastic mal als System für kleine Gruppen gedacht war und nicht für Meshes mit hunderten Nutzern und Repeatern. Als Mesh-Technik im kleinräumigen Notfall ist die Technik also dennoch geeignet.

Das um den YouTuber Andy Kirby entstandene Projekt MeshCore umgeht einige der Limitationen. MeshCore-Sender funken nur auf Anforderung ihre Telemetrie und schweigen sonst. Dazu arbeitet es mit einem Protokoll, das bis zu 64 Hops unterstützt. Das erlaubt in der Praxis über 1000 Kilometer Reichweite, wenn exponierte Repeater sich untereinander „sehen“. Wir haben vor Kurzem die Hardware, die wir für unsere Meshtastic-Versuche in Hannover an mehreren Standorten aufgebaut haben, auf MeshCore umgestellt und können nun von Hannover aus mit Nutzern in Hamburg, Braunschweig, Göttingen, Magdeburg und Leipzig chatten.

MeshCore taugt somit durchaus dafür, mit Verwandten und Freunden in anderen Städten bei Stromausfall zu kommunizieren – sofern sich diese dazu bekehren lassen. Denn anders als bei Sprechfunk benötigen Meshtastic und MeshCore Einarbeitungszeit und persönliches Engagement. Ist kein Repeater in Reichweite, muss man sich selbst darum kümmern, einen zu bauen und in der Nähe auf ein Dach zu bringen.

Außerdem sind die Systeme kein Sprechfunksatz, denn die geringe Datenrate beider Dienste reicht nicht für Sprache. Zudem mag die Bastelei den falschen Eindruck einer im Ernstfall untauglichen Spielerei wecken: Gehäuse für die Mesh-Module sind in der Regel nicht so robust wie die guten Handfunkgeräte. Viel vom Bastel- und Lötanteil fällt mittler-



Bild: Andrijan Möcker / heise Medien

Das Starlink Mini ist ein für den Mobilbetrieb gemachtes Satellitenmodem mit integriertem WLAN-Router.

weile aber weg, da insbesondere chinesische Hersteller wie RAKWireless, Seeed Studio oder Heltec den Trend wahrgenommen und mit betriebsbereiten Geräten darauf reagiert haben. Funkgeräte für Nutzer (Clients) gibt es ab circa 50 Euro, Solar-Repeater ab etwa 100 Euro.

Der Vorteil der LoRa-Techniken: Ob Sie mit Meshtastic ein kleines Nachbarschaftsnetz aufbauen, das mit kleinen Funkmodulen in der Kleidung oder am Fahrzeug live Positionen wichtiger Personen überträgt oder lieber mit MeshCore von Hamburg nach Leipzig kommunizieren, müssen Sie beim Kauf noch nicht entscheiden, denn beide Projekte laufen auf denselben Mikrocontrollern und sind mit einem Browsertool ruckzuck umgeflasht. Informationen zu beiden Projekten haben wir unter ct.de/yt3p verlinkt.

Orbit-Kommunikation

Wer über Kommunikationsmethoden im Blackout nachdenkt, kommt vermutlich schnell auf klassische Satellitentelefone, wie sie seit etwa 30 Jahren von Iridium, Thuraya, Inmarsat oder Globalstar gebaut werden. Die Geräte sind kompakt, leicht und können unter freiem Himmel SMS verschicken und beliebige Telefonnummern anrufen. Lästiges Aufstellen von Antennen, Planen von Mesh-Netzen und langwierige Erklärungen für technisch weniger Versierte entfallen dabei ebenso. Internetverbindungen sind möglich, wenn auch nur mit 9 bis 60 kbit/s.

Doch die Geräte richteten sich schon immer an einen speziellen Kundenkreis aus Regierungen, Militär, Forschung und

Medien und sind teuer. Neuware samt Zubehör geht meist für über 1000 Euro über den Tisch und die Gesprächskosten sind mit 1 bis 4 Euro pro Minute saftig. Ein Gebrauchtmärkte mit Geräten zwischen 150 und 400 Euro existiert zwar, aber die laufenden Kosten machen die Rechnung noch mal deutlich länger. Die meisten Netzbetreiber verschlingen mindestens einen zweistelligen Betrag monatlich – entweder weil der Laufzeitvertrag so viel kostet, weil das Prepaid-Guthaben bereits nach wenigen Monaten verfällt oder die SIM nur kurz gültig ist.

Kurzum: Die Geräte sind nur etwas für Sie, wenn Geld keine Rolle spielt und Sie gerne etwas im Schrank haben möchten, was minimale Vorbereitung erfordert und einfach funktioniert.

Starlink Standby

Eine günstigere, aber ebenso unkomplizierte Alternative kommt von einem Unternehmen des Tech-Milliardärs Elon Musk. Starlink bietet für die zeitweilige Nutzung eine neue Tarifoption, damit man nicht kündigt: Die Pausenfunktion alias „Standby“ kostet 5 Euro pro Monat und bietet 500 kbit/s (0,5 Mbit/s) Up- und Downloaddatenrate mit unbeschränktem Datenvolumen. Wir haben diese Option noch nicht getestet, Nutzer berichten jedoch, dass Messaging-Apps, das Surfen und sogar Internettelefonie funktionieren. Wenn das Tempo nicht reicht, kann man auf diesem Wege über die Starlink-App auch wieder einen Breitbandtarif aktivieren.

Die herkömmlichen Heimnutzer-Sets genehmigen sich jedoch 60 bis 100 Watt,

saugen also kräftig an der Powerstation und sind damit schlecht für den Notbetrieb geeignet. Besser taugt das Starlink Mini, das lediglich 15 bis 20 Watt im Standby und 35 bis 45 Watt im Sende- und Empfangsbetrieb verlangt. Es ist für Fahrzeuge gemacht und läuft daher mit 12 bis 48 Volt Eingangsspannung, kann also ohne verlustbehaftetem 230-Volt-Wechselrichter an der 12-Volt-Buchse einer Powerstation laufen.

Voraussetzung für Starlink ist ein größtenteils freier Blick auf den Himmel; eine bestimmte Richtung mit freiem Himmel ist aufgrund der vielen Satelliten aber nicht mehr Pflicht. Das Gerät kann man entweder auf den Boden stellen oder über den mitgelieferten Mast-Aufsetzhalter an Rundmasten zwischen 30 und 53 Millimeter schrauben.

Außer den monatlichen fünf Euro entstehen keine laufenden Kosten, denn das Mini muss erst laufen, wenn es gebraucht wird. Sie sollten es lediglich alle paar Monate in Betrieb nehmen, um Firmware-Updates zu installieren. Das muss ein fester Termin in Ihrem Kalender sein, denn Geräte, deren Software zu alt ist, können sich erfahrungsgemäß vielfach nicht mehr mit dem Netzwerk verbinden und müssen sogar ausgetauscht werden. Das Starlink Mini kostet neu etwa 260 Euro, gebraucht werden Sie ab etwa 200 Euro fündig.

Fazit

Welche der vielen Funktechniken Ihnen im Fall der Fälle am meisten nützt, dürften Sie spätestens am Ende dieses Artikels wissen. Unabhängig davon ist gute Vorbereitung der Schlüssel zu einer funktionierenden Rückfallebene zum Fest- und Mobilnetz. Nehmen Sie sich die Zeit, die Optionen und ihren Nutzen durchzugehen. Nach der Entscheidung und der Umsetzung helfen regelmäßige Erinnerungen an die Wartung im Kalender, alles funktional zu halten. Mit gelegentlichen Übungen stellen Sie sicher, dass alles funktioniert, sollte es mal ernst werden.

(amo@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Michael Link, Urs Mansmann, Quasselstrippen, Lizenzfreie Funkgeräte für jedermann, c't 3/2023, S. 110
- [2] Andrijan Möcker, Notfallkanal, Meshfähiges Chatnetzwerk für Katastrophenfälle, c't 16/2025, S. 128

Weitere Artikel, Quellen: ct.de/yt3p



Bild: Ulrike Weis / KI / heise medien

Geisterwolke

Wie man mit Spectre Cloudsysteme angreift

Ein Vortrag auf dem 39C3 demonstriert eindrucksvoll, dass CPU-Schwachstellen wie Spectre immer noch eine höchst relevante Gefahr darstellen.

Von David Knichel

Angriffe auf Lücken wie Spectre prägen seit Anfang 2018 die Sicherheitsforschung. Doch nach anfänglich großer Aufregung in der IT-Sicherheits-Community fragen sich heute viele, ob die kontinuierlich erscheinenden neuen Varianten noch

praktische Relevanz haben oder rein akademische Experimente sind.

Spectre ist eine architektonische Schwachstelle moderner Prozessoren. Die beherrschen „spekulative Befehlsausführung“, bei der die CPU rät, welcher Befehl wohl als Nächstes kommt, und damit beginnt, diesen auszuführen, bevor die Befehlsfolge feststeht. Das dient der Leistungsoptimierung, kann aber von Angriffen wie Spectre ausgenutzt werden: Mit Code, der die Sprungvorhersage gezielt manipuliert, veranlassen Angreifer die CPU dazu, sensible Daten aus ge-

schützten Speicherbereichen vorübergehend zu verarbeiten und über Seitenkanäle wie den CPU-Cache preiszugeben.

Nun liegt in Szenarien, die eine lokale Code-Ausführung erfordern, oft bereits eine kritische Kompromittierung vor, und der darauf aufbauende Angriff ist sinnlos.

Ihre volle Schlagkraft entfalten solche Angriffe jedoch in Cloudumgebungen. Hier teilen sich durch Virtualisie-

rung verschiedene Mandanten dieselbe physische Hardware. Theoretisch gewährleistet die Virtualisierung eine strikte Trennung dieser Workloads. In der Praxis de-



monstrierten Forscher jedoch wiederholt, dass die Isolation durch Cache-Timing-Seitenkanäle unterlaufen werden kann. Dies ermöglicht es, sensible Informationen über VM-Grenzen hinweg aus eigentlich isolierten Instanzen zu extrahieren.

In den vergangenen Jahren haben Sicherheitsforscher zahlreiche derartige Schwachstellen gefunden – üblicherweise unter kontrollierten Laborbedingungen. Aber kommen die notwendigen Randbedingungen in der Realität überhaupt zusammen? Schließlich bieten moderne Prozessorarchitekturen nur minimale externe Schnittstellen und implementieren meist mehrstufige Sicherheitsmechanismen. Außerdem haben CPU-Hersteller seit dem Aufkommen dieser Angriffsklasse weitreichende Hardware-Mitigationen und Microcode-Updates implementiert, um das Problem zu bekämpfen, haben also die Architektur und das Verhalten ihrer Chips so angepasst, dass Angreifer ausgebremst werden.

Dieser Frage widmete sich Thijs Raymakers auf dem 39. Chaos Communication Congress (39C3) im vergangenen Dezember (siehe ct.de/yx1x). Sein Vortrag basierte auf einer Forschungs Kooperation zwischen der Vrije Universiteit Amsterdam und der University of Birmingham, in der Raymakers zusammen mit anderen Wissenschaftlern demonstrierte, wie die Kombination bekannter und vermeintlich behobener Sicherheitslücken eine erfolgreiche Angriffskette ermöglichte. Die Forscher konnten sensible Daten aus Googles Cloud extrahieren – ein Szenario mit weitreichenden Konsequenzen.

Starke Gegenmaßnahmen sind unwirtschaftlich

In Cloudumgebungen laufen Prozesse verschiedener Benutzer parallel auf ein und derselben Hardware. Durch Simultaneous Multithreading (SMT, auch bekannt als Hyper-Threading) werden sogar einzelne physische CPU-Kerne zu geteilten Ressourcen. Das Problem: Optimierungen, welche die Effizienz der Hardware und damit die Wirtschaftlichkeit für Cloudanbieter erhöhen, verringern oft die Sicherheit. Lückenlos wirksame Gegenmaßnahmen erfordern häufig ein neues Hardware-Design. Intel und AMD setzen nötige Änderungen zwar kontinuierlich um, doch der sofortige Austausch kompletter Prozessorgenerationen ist für einzelne Cloudanbieter ökonomisch meist keine Option und für alle Betroffenen nicht realisierbar,

schon aufgrund der beschränkten Fertigungskapazitäten für neue Chips. Daher kommen primär softwareseitige Maßnahmen und Microcode-Updates zum Einsatz, die Probleme oft nur abschwächen können. Beispielsweise bereinigen CPUs als Gegenmaßnahme den Level-1-Daten-Cache (L1d) bei einem Kontextwechsel auf einen folgenden Mandantenprozess – ein sogenannter Flush – damit darin keine sensiblen Datenrückstände verbleiben.

Dies löst jedoch nicht das Problem bei SMT, wenn zwei Mandantenprozesse (das Opfer und der Angreifer) parallel auf verschiedenen logischen Kernen innerhalb desselben physischen Kerns operieren und sich den L1d-Cache teilen. Da das komplette Abschalten von SMT Performanceeinbußen von etwa 30 Prozent verursacht, ist dies für Cloudanbieter wirtschaftlich kaum tragbar. Stattdessen setzen sie Core-Scheduling ein, um zu verhindern, dass zwei unterschiedliche Kontexte gleichzeitig auf demselben physischen Kern laufen. Ein einzelner Kontext darf jedoch weiterhin alle logischen Kerne parallel nutzen. Zwischen den Kontextwechseln erfolgt auch hier ein L1d-Flush.

Damit greifen zwei virtuelle Maschinen (VMs) nie gleichzeitig und ohne vorherige Bereinigung auf denselben Cache zu. Doch auch diese Maßnahme löst das Problem leider nicht ganz. Es gibt nämlich noch einen anderen Prozess, der auf den CPU-Kernen ausgeführt wird und aus Performancegründen kaum auf eigene Kerne verbannt werden kann.

Der Angriff: Eine Kombination alter Bekannter

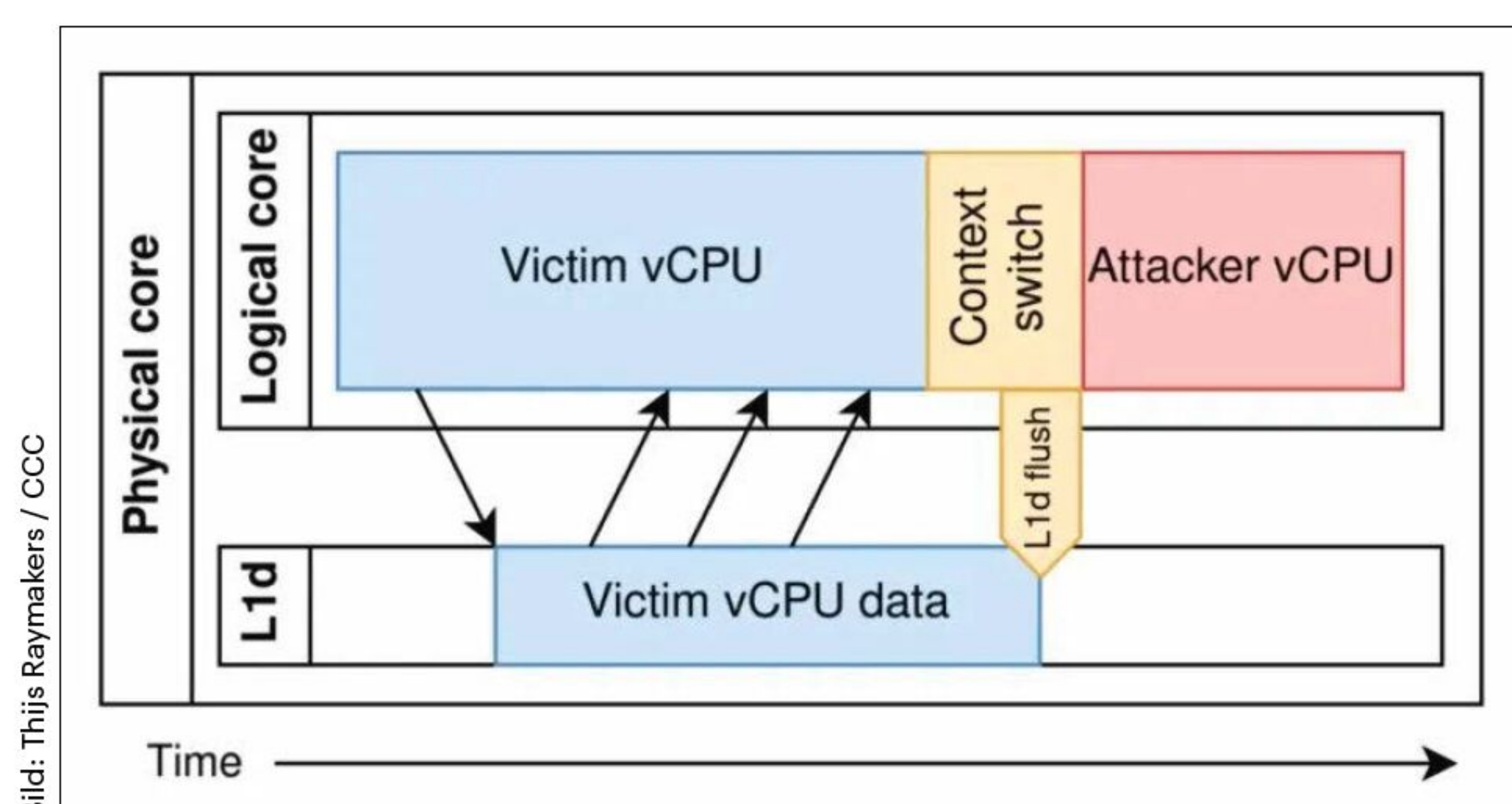
Dieser Prozess ist der Hypervisor. Er fungiert als Softwareschicht, die virtuelle Maschinen erstellt, ausführt und voneinander isoliert, indem sie deren Zugriff auf CPU, Speicher und I/O-Ressourcen kontrolliert. Der Hypervisor vermittelt zwischen Gastbetriebssystemen und der

ct kompakt

- Spectre ist ein jahrealtes, aber immer noch viel untersuchtes Architekturproblem.
- Angriffe lassen sich nicht nur unter Laborbedingungen, sondern auch praktisch auf produktiv genutzter Hardware durchführen.
- Gegenmaßnahmen kosten Geld oder Leistung oder beides, was ihre Umsetzung einschränkt.

Hardware und setzt dabei die Sicherheitsgarantien der Virtualisierung durch. Doch genau diese Instanz kann ausgenutzt werden, um beliebige Daten aus dem physischen RAM in den Cache zu laden. Der von Raymakers vorgestellte Angriff beruht auf einer Kombination zweier Techniken und hinterlässt keinerlei Spuren.

Der erste Kniff heißt „Half-Spectre“, was eine Technik bezeichnet, bei der die spekulative Befehlsausführung genutzt wird, um Daten außerhalb der vorgesehenen Speichergrenzen in mikroarchitektonische Zustände – typischerweise Caches – zu laden, ohne diese direkt auslesen zu können. In diesem Szenario nutzt man die spekulative Ausführung innerhalb des Programmflusses des Hypervisors aus, um gezielt Daten aus dem RAM in den L1d-Cache zu schleusen. Dafür interagiert der Angreifer in einer Gast-VM geschickt mit dem Hypervisor und veranlasst diesen zu Speicherabfragen. Durch passende Inputs für den Hypervisor kann die Sprungvorhersageeinheit der CPU fehlgeleitet werden. Dann findet während der spekulativen Ausführung der Speicherabfragen ein Out-of-Bounds-Zugriff statt und schützenswerte Daten werden in den Cache geladen. Die CPU erkennt den Vorhersagefehler und der



Der Flush während des Kontextwechsels stellt sicher, dass keine Daten des Opfers im L1d-Cache liegen, wenn der Angreifer die virtuelle CPU bekommt.

Out-of-Bounds-Zugriff entfaltet keine direkte Auswirkung – doch die bereits geladenen Daten verbleiben im Cache. Im Gegensatz zum klassischen Spectre dient dieser Schritt nur der Vorbereitung.

Die eigentliche Exfiltration erfolgt über die zweite Schwachstelle „L1 Terminal Fault“ (L1TF), die ein zweiter Prozess des Angreifers ausnutzt, der parallel auf der anderen virtuellen CPU eines physischen Kerns mit SMT läuft (siehe Grafik unten). L1TF ist eine bekannte Schwachstelle, die Intel-Prozessoren bis zu frühen Modellen der 9. Generation (Coffee Lake) betrifft; spätere Modelle verfügen über Hardware-Mitigationen. L1TF ermöglicht es, Daten über einen Timing-Seitenkanal direkt aus dem L1d-Cache zu extrahieren. Auch AMD weist mit TSA-L1 eine sehr ähnliche Schwachstelle für bestimmte Prozessorgenerationen (2021–2024) auf. Solche Hardware ist in vielen Public-Cloud-Umgebungen noch immer weit verbreitet.

Rekordprämie für Google Cloud

Diese Kombination von Schwachstellen erwies sich als äußerst effektiv. Den Forschern gelang es, den Angriff in verschiedenen Cloudumgebungen zu reproduzieren und damit gezielt sensible Informationen zu extrahieren, wie kryptografisches Schlüsselmaterial oder Zugangsdaten von VMs anderer Nutzer.

Das Team informierte die betroffenen Provider im Rahmen eines Responsible-Disclosure-Prozesses. Google zahlte für diesen Fund eine Prämie in Höhe von gut 150.000 US-Dollar aus – die höchste Bug-Bounty, die das Unternehmen bis

dato für eine Cloudschwachstelle vergeben hat. Bei AWS führte der Angriff aufgrund einer abweichenden Hypervisor-Architektur lediglich zu Teilerfolgen; Daten fremder Gast-Instanzen konnten dort nicht ausgelesen werden. Andere ungenannte Cloudanbieter, bei denen der Exploit ebenfalls funktionierte, zeigten sich laut Aussage der Forscher hingegen deutlich weniger kooperativ als Google.

Um das Risiko solcher Angriffe zu minimieren, schlagen die Forscher zwei Maßnahmen vor:

- eXclusive Page Frame Ownership (XPFO): Dieser Mechanismus stellt sicher, dass ein physischer Speicherrahmen zu jedem Zeitpunkt exklusiv genau einem Kontext (etwa einer VM oder dem Hypervisor) zugeordnet ist. Dadurch wird verhindert, dass andere Instanzen dessen Inhalte beobachten können, weder über den regulären Programmablauf noch über Seitenkanäle.
- Address Space Isolation (ASI): Hierbei verwenden unterschiedliche Prozesse oder Privilegdomänen strikt getrennte virtuelle Adressräume. Speicherzugriffe außerhalb des eigenen Bereichs werden so hardwareseitig und logisch unterbunden, was die Angriffsfläche innerhalb der CPU massiv verringert.

Beide Techniken führen jedoch zu spürbaren Performanceeinbußen, was ihre Implementierung für Cloudanbieter zu einer wirtschaftlichen Abwägung macht. Google hat sich inzwischen für die Einführung der Address Space Isolation (ASI) entschieden, um die kritische Trennung zwischen Hypervisor und Gast-Systemen

zu verstärken. AWS nutzte bereits vor dem Angriff XPFO, was die Attacke wie oben beschrieben eingeschränkt hat.

Fazit

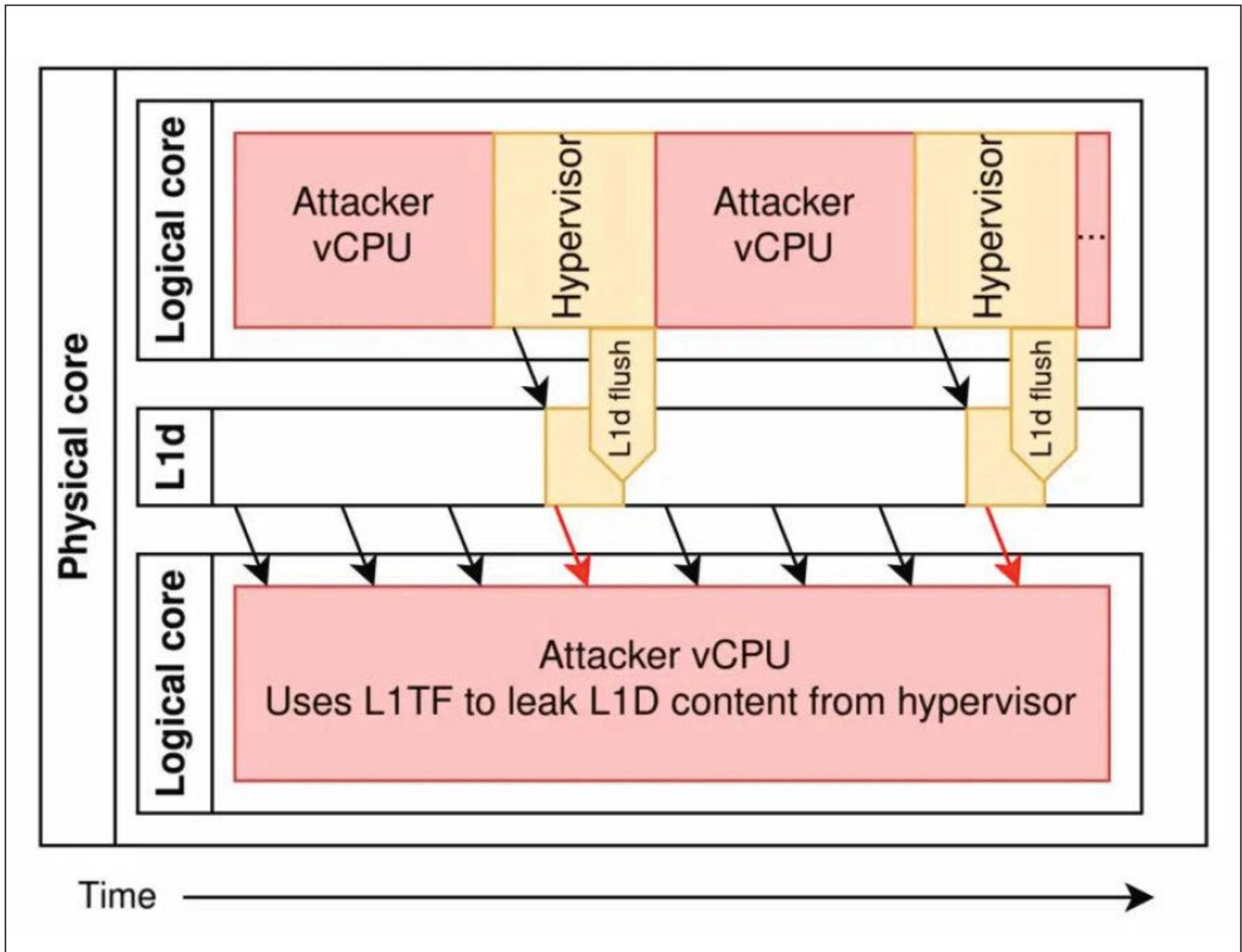
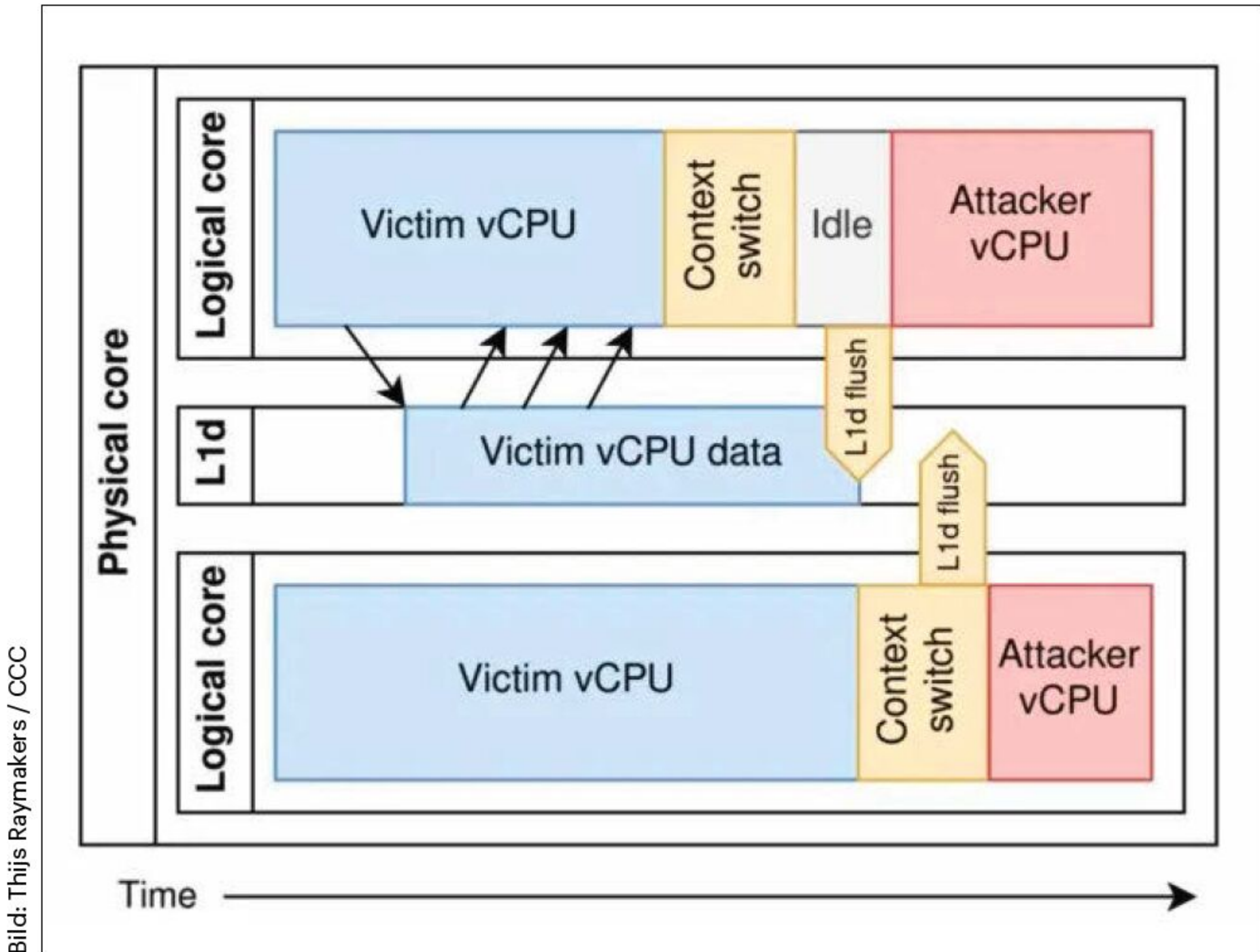
Raymakers Vortrag auf dem 39C3 hat der IT-Sicherheits-Community mehrere zentrale Erkenntnisse erneut vor Augen geführt: Die geschickte Verkettung bekannter Schwachstellen kann zu neuen, durchschlagenden Angriffen führen, die eine hohe praktische Relevanz besitzen und über unerwartete Wege miteinander verbunden werden, wie in diesem Fall den Hypervisor.

Sicherheit in Cloudumgebungen muss grundlegend von der Hardware aus gedacht werden. Rein softwareseitige Lösungen sind oft nur unzureichende Kompromisse, insbesondere im Hinblick auf die resultierenden Performanceeinbußen. Hier stehen die wirtschaftlichen Interessen der Cloudanbieter unweigerlich im Konflikt mit der bestmöglichen Datensicherheit.

Angriffe nach dem Typ Spectre sind auch im Jahr 2026 hochrelevant und müssen zwingend Bestandteil aktiver White-Hat-Forschung bleiben. Nur so lassen sich kombinierte Angriffsmöglichkeiten frühzeitig identifizieren und beheben. Da solche Seitenkanalangriffe keinerlei Spuren in Log-Dateien hinterlassen, können sie vollständig unbemerkt stattfinden, was sie zu einer gefährlichen Bedrohung für moderne Infrastrukturen macht.

(synt@ct.de) ct

Vortrag und Paper: ct.de/yx1x



Beim Simultaneous Multithreading zweier Prozesse auf einem physischen CPU-Kern müssen Kontextwechsel auf den virtuellen CPUs koordiniert werden.

Über den einen Kern bringt der Angreifer den Hypervisor dazu, Daten in den Cache zu laden. Über den anderen Kern exfiltriert er sie, bevor der Cache bereinigt wird.



Wo die Branche Lösungen findet.

Seit 19 Jahren der Treffpunkt für
Software- und Geräteentwicklung.



19. – 21. Mai in München

Seien Sie dabei

medconf.de

Silber-Partner



Bronze-Partner



Hüpf-und-Spring-Baukasten

Editoren für Super-Mario-Levels und damit erstellte Projekte

Mit Level-Baukästen wie Lunar Magic und SMBX2 erstellt man unter Windows eigene Super-Mario-Welten zum Durchhüpfen. Damit haben Fans ein wunderhübsches Mario-Abenteuer mit Story gebastelt, es entstanden aber auch extrem fordernde Speedrun-Levels. Ein Einblick.

Von Dennis Schirmmacher

Nintendo-Spiele wie „Super Mario Bros. 3“ oder „Super Mario World“ sind der Inbegriff des 2D-Jump-&-Run-

Genres. Auf der Switch-Konsole kann man mit „Super Mario Maker 2“ selbst Hand anlegen und Levels kreieren. Auf einem Windows-PC klappt das mit von der Community erstellten, kostenlosen Level-Baukästen wie Lunar Magic und SMBX2 (Downloads via ct.de/y2va).

Beide Editoren funktionieren nach dem What-You-See-Is-What-You-Get-Prinzip. So wählt man als Basis etwa ein Wolkenbild als Hintergrund aus, zeichnet mit der Maus einen begehbaren Untergrund ein und platziert dann Objekte wie die bekannten Fragezeichenblöcke und Feinde in Form von Sprites via Drag & Drop im Level.



Bild: Mike Bunjes / KI / heise medien

Frisch aus
c't Nerdistan

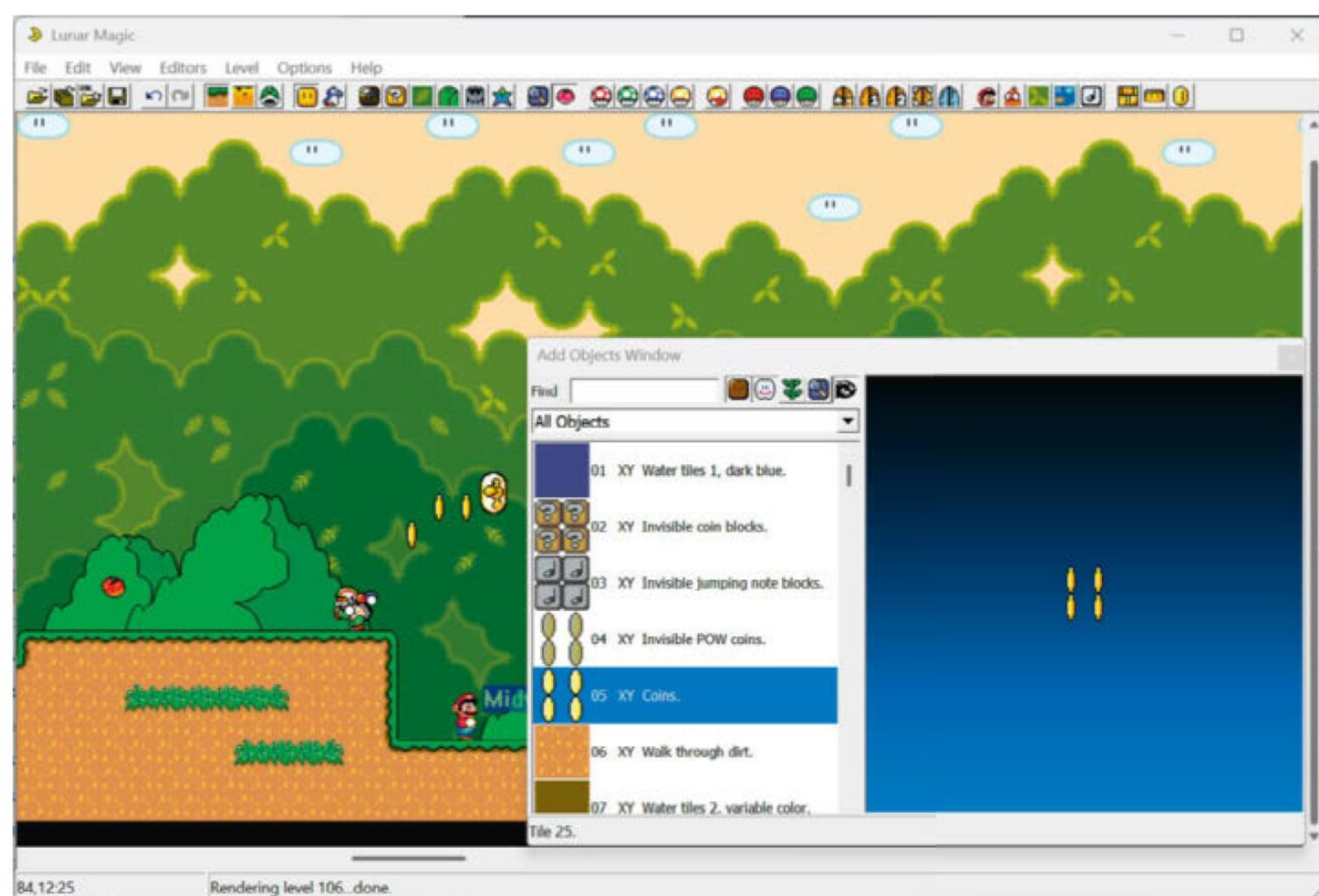
Blöcken weist man Eigenschaften zu, sodass etwa ein Pilz nach einem Sprung dagegen erscheint. Die Bedienung ist einfach gehalten und man kann direkt loslegen.

Mit etwas Übung erstellt man mit den Editoren äußerst komplexe Levels, die die von Nintendo festgelegte Spielmechanik nicht nur voll ausreizen, sondern sogar erweitern. So nutzen kreative Level-Bastler gewohnte Items wie den Schildkrötenpanzer für eigentlich von Nintendo nicht vorgesehene Aktionen.

Fertige Levels speichert Lunar Magic als ROM-Datei, die man über einen Super-Nintendo-Softwareemulator wie bsnes unter Linux, macOS und Windows spielt. Wer eine Flash Cart, etwa von Everdrive, besitzt, kann modifizierte Super-Mario-World-ROMs in der Regel sogar auf einem Original-SNES laden. Mit SMBX2 erstellte Titel laufen hingegen ausschließlich direkt im Level-Editor.

Für Selbstquäler

Lunar Magic gibt es bereits seit dem Jahr 2000. Der Community-Level-Editor bekommt auch heute noch Updates – die letzte Aktualisierung ist vom Dezember 2025. Lunar Magic basiert auf den Assets aus „Super Mario World“ und ist selbst nach knapp 26 Jahren noch sehr beliebt. Er bedient vor allem Kaizo-Fans. Der japanische Begriff Kaizo bedeutet übersetzt „modifiziert“. In diesem Kontext erstellt die Community extrem schwere Levels, die für Normalsterbliche nicht zu schaffen sind. Mit solchen Hacks messen sich Speedrunner untereinander und stellen Bestzeiten auf.



Mit dem Level-Editor Lunar Magic erstellt man bereits nach kurzer Zeit simple Levels. Für komplexe Kaizo-Herausforderungen muss man aber in die Tiefen des Editors absteigen.

Kaizo-Levels sind flächendeckend mit Fallen und Gemeinheiten gespickt. Das kann etwa ein unsichtbarer Block vor einem Abgrund sein. Will man darüber hüpfen, stößt Mario sich den Kopf und fällt in den Abgrund. Oft sind auch spezielle, von Nintendo nicht vorgesehene Techniken nötig, um ein Level abzuschließen. So überwindet man etwa höher gelegene Hindernisse, indem man einen Schildkrötenpanzer mit sich trägt, diesen im Sprung loslässt, um den davonfliegenden Panzer im gleichen Moment als Sprungplattform zu nutzen.

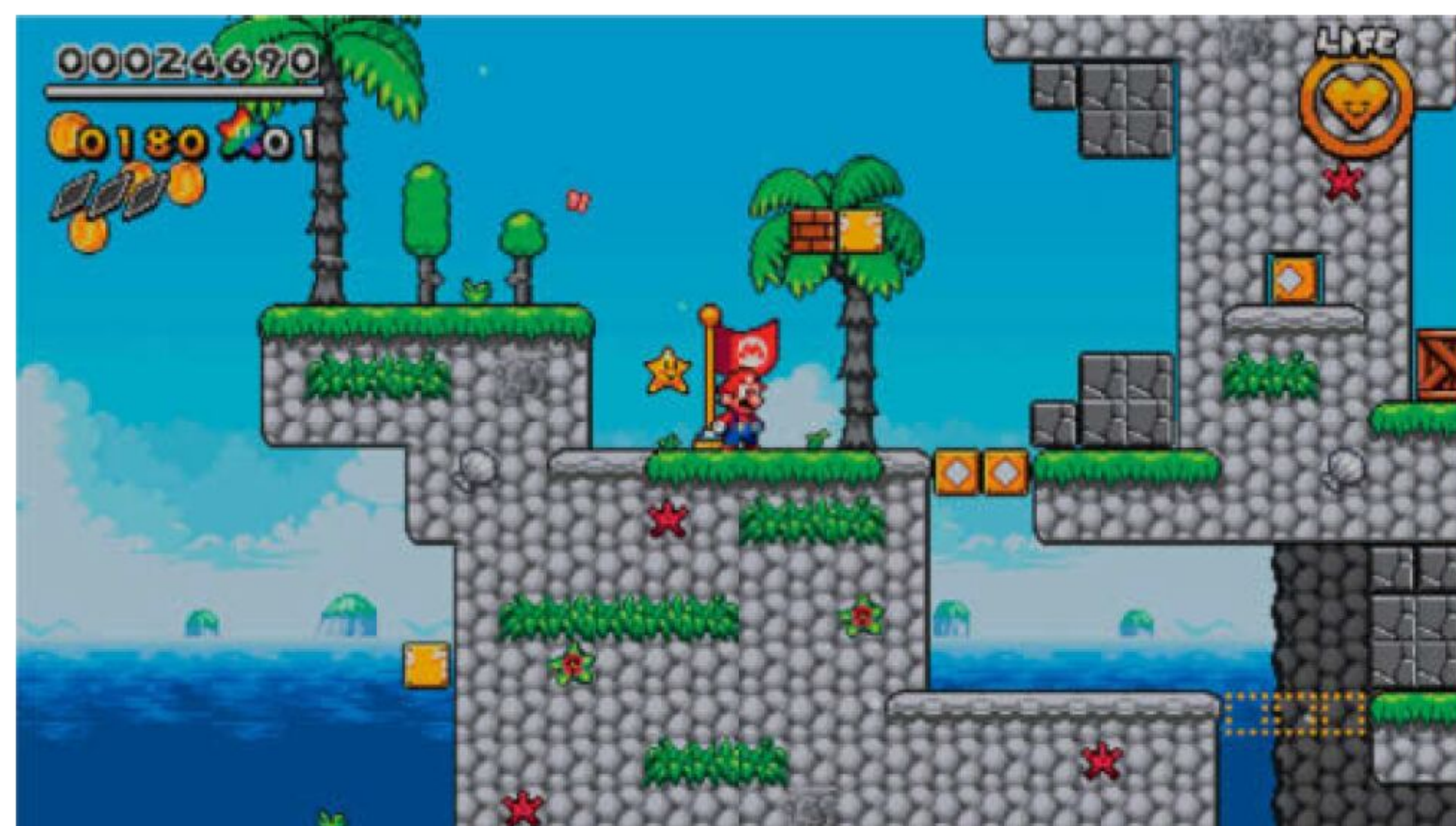
Kaizo-Levels muss man auswendig kennen und sie sind nur mit viel Geduld und Übung zu schaffen. Aber genau das macht den Reiz aus und das Belohnungsgefühl beim Level-Abschluss fällt umso größer aus. Wer schnell in Rage gerät, sollte solche Levels lieber meiden und sich das nächste Projekt anschauen.

Ausgewachsenes Mario-Spiel

Mit den vorgestellten Level-Editoren kann man nicht nur knackig schwere und kurzweilige Levels erstellen, sondern auch umfangreiche Story-Abenteuer. Ein Paradebeispiel dafür ist „Super Mario & The Rainbow Stars“. Der Titel ist ein klassisches Jump-&-Run-Spiel und es könnte auf den ersten Blick von Nintendo stammen. Es ist aber ein kostenloses Fanspiel, das mit dem SMBX2-Editor erstellt wurde. Dieser Level-Baukasten bietet im Vergleich zu Lunar Magic vielfältigere Assets. Bei Redaktionsschluss war das Spiel noch nicht fertig, man konnte aber bereits eine Demo spielen, die definitiv Lust auf mehr macht. Das Spiel wurde für Windows entwickelt, dank der Proton-Kompatibilitätsschicht startet der Titel aber auch unter Linux, etwa auf dem PC-Handheld Steam Deck (Installationsanleitung siehe ct.de/y2va). Für die Veröffentlichung der fertigen Version gibt es zurzeit noch kein Datum.

Der Titel borgt sich bekannte Elemente wie eine begehbare Weltkarte zur Level-Auswahl aus „Super Mario World“ und vermengt sie mit klassischen Mario-Hüpfmechaniken wie dem Wandsprung, aber auch Merkmalen aus Spielen der Paper-Mario- und Mario-&-Luigi-Serien. Mario zur Seite steht der Stern Starry. Diesen wirft man wie die Eier in „Super Mario World 2: Yoshi’s Island“ auf Blöcke oder Feinde. In der Summe ergibt sich aus den Elementen ein rasanter Spielfluss. Dank

Cool, ein neues Mario-Spiel von Nintendo? Nein, „Super Mario & The Rainbow Stars“ entstammt der Feder von ambitionierten Fans.



der präzisen Steuerung hat man immer alles im Griff und der Titel spielt sich fantastisch. Praktisch: Im Pausenmenü veranschaulichen animierte Tutorials die verschiedenen Moves der Spielfigur.

Die Pixelgrafik ist wunderschön anzuschauen und die geschmeidigen Animationen beweisen viel Liebe zum Detail: So verliert Mario etwa beim seitlichen Einstieg in eine Röhre seine Mütze. Innerhalb von Sekundenbruchteilen steckt er seine Hand heraus und greift sich die Kopfbedeckung. Die Story wird über animierte Zwischensequenzen erzählt. Wer möchte, kann den Titel sogar zu zweit im Koop-Modus spielen.

Fazit

Es übt schon eine gewisse Faszination aus, mit wie viel Herzblut und Kreativität Mario-Fans Levels designen und etwa im Fall von Kaizo Items auf bislang ungewohnte Art und Weise zum Vorankommen „missbrauchen“.

Bei „Super Mario & The Rainbow Stars“ kann man kaum glauben, dass es sich um ein Fanprojekt handelt. So nahe kommt der Titel dem hohen Qualitätsstandard von Nintendo. Wer keine Lust auf frustrierendes Hüpfen durch Kaizo-Levels hat oder das Story-Abenteuer langweilig findet, bastelt einfach seine eigene Mario-Welt. Das Erstellen von Levels klappt mit dem offiziellen Level-Editor „Super Mario Maker 2“ zwar noch einfacher und intuitiver als mit den Fan-Baukästen, doch auch mit Lunar Magic und SMBX2 hat man schnell erste Erfolge. Wer möchte, steigt noch tiefer ein und zeichnet etwa eigene Grafiken oder manipuliert Hex-Werte von Objekten, um die Farbe anzupassen. Tipps und Anregungen dafür und noch vieles mehr findet man im Super-Mario-World-ROM-Hacking-Forum SMW Central (siehe ct.de/y2va).
(des@ct.de) **ct**

Downloads und weitere Infos: ct.de/y2va



Geht's noch gemeiner? Ja! Kaizo-Mario-Levels sind nichts für zarte Gemüter, und Spieler sterben tausende Bildschirmode.



Bild: Martina Bruns / KI / heise medien

Teilchenregen aus dem All

Ein Myonendetektor zum Selberbauen

**Kosmische Strahlung trifft un-
aufhörlich die Erde, ohne dass
wir es merken. Doch mit nur
wenigen Mitteln können Sie
selbst einen Detektor bauen und
Myonen aus dem Weltall auf-
spüren. Unser Detektor hat be-
reits als Teil eines Wetterballons
die Stratosphäre erkundet –
doch auch am Boden liefert er
faszinierende Einblicke in die
Teilchenwelt.**

Von Nico Entz

Ständig und überall auf der Erde trifft uns eine Flut unsichtbarer, energiereicher Teilchen – vor allem sogenannte Myonen. Diese Elementarteilchen sind bei ihrer Reise so energiereich, dass sie Häuser, Straßen und sogar Berge durchdringen und dabei Zeit und Raum überlisten. Wer sie misst, öffnet nicht nur ein kleines Fenster zu den Prozessen in Kosmos und Atmosphäre, sondern erlebt auch die Effekte der Relativitätstheorie.

Auf den ersten Blick scheint der Nachweis dieser Teilchen Wissenschaftlern in

High-Tech-Laboren mit teurer, präziser Messtechnik vorbehalten. Doch die rasanten Entwicklung der Halbleitertechnik macht es heute überraschend einfach und

erschwinglich, Myonen und andere kosmische Teilchen nachzuweisen.

In diesem Artikel zeigen wir Schritt für Schritt, wie Sie selbst

einen Detektor bauen, der die unsichtbare kosmische Teilchenflut sichtbar macht – und das zu erschwinglichen Kosten.

Myonen sind energiereiche Elementarteilchen, die in vielen Eigenschaften den Elektronen ähneln. Sie sind ebenfalls

Frisch aus
c't Nerdistan

ct kompakt

- Myonen sind die schweren Brüder der Elektronen und sie prasseln un-
aufhörlich aus der kosmischen
Strahlung auf die Erdoberfläche.
- Wir haben einen Detektor für
Myonen konstruiert, den Sie mit
nur wenigen Mitteln und für unter
200 Euro selbst bauen.
- Mit dem Detektor können Sie nicht
nur kosmische Strahlung messen,
sondern auch Radioaktivität detek-
tieren und ihn als Zufallsgenerator
nutzen.

negativ geladen, wiegen allerdings gut zweihundertmal mehr. Sie entstehen unter anderem erdnah in einer Höhe von etwa 10 bis 15 Kilometern über dem Erdboden. Dort kollidieren energiereiche Teilchen der primären kosmischen Strahlung aus dem All – hauptsächlich Protonen – mit Atomkernen der Atmosphäre. Von dort aus rasen die Myonen mit einer Geschwindigkeit von etwa 99,8 Prozent der Lichtgeschwindigkeit in Richtung Erde.

Myonen sind extrem kurzlebig: Im Mittel existieren sie nur etwa 2,2 Mikrosekunden. Selbst mit nahezu Lichtgeschwindigkeit dürften sie in dieser Zeit eigentlich nur rund 660 Meter zurücklegen. Dennoch erreichen die meisten von ihnen den Erdboden. Dass sie dies tun, liegt an den Effekten, die aus der Speziellen Relativitätstheorie bekannt sind: Aus Sicht eines Beobachters auf der Erde tickt die Uhr der Teilchen langsamer, aus Sicht der Teilchen selbst ist der Weg zur Erde verkürzt. Sie haben also mehr Zeit, um eine kürzere Strecke zurückzulegen und schaffen es deshalb zur Erde.

Myonen gehören, wie auch Elektronen, zu den Leptonen, einer Teilchenfamilie, die nicht der starken Kernkraft unterliegt. Daher durchdringen sie Materie nahezu ungehindert. Da sie so schwer sind, werden sie in Materie kaum abgelenkt und können diese unbeeindruckt passieren. Das lässt sich zum Beispiel nutzen, um in Gebäude, Bauwerke oder Hohlräume hineinzusehen [1]. Gebremst werden sie fast ausschließlich durch Ionisation: Dabei schlagen die Myonen Elektronen aus Atomen und Molekülen heraus

und verlieren dadurch einen Teil ihrer Energie.

Als ionisierende Teilchen tragen Myonen zur natürlichen Strahlenbelastung auf der Erde bei. Ihr Anteil ist aber im Vergleich zu anderen Quellen ionisierender Strahlung auf der Erde vergleichsweise klein. Ihre ionisierende Wirkung ist auch der Schlüssel, Myonen nachzuweisen. Dazu benötigt man mindestens zwei räumlich getrennte Detektoren. Diese detektieren die Energie, die die Myonen freisetzen, wenn sie das Material im Detektor durchdringen. Lösen beide Detektoren nahezu gleichzeitig aus, gilt ein Myon als nachgewiesen. Das bezeichnet man als Koinzidenz.

Bau des Teilchendetektors

Einen einfachen Detektor für Myonen können Sie mit einigen grundlegenden Elektronikkenntnissen selbst bauen. Dafür benötigen Sie zwei Szintillatormodule, Platinen sowie einen STM32-Mikrocontroller. Die Szintillatormodule bestehen dabei aus jeweils einem Szintillator (siehe Kasten „Szintillatoren“ unten) und einem Lichtdetektor (siehe Kasten „Lichtdetektor“ rechts). Die Module liefern immer dann einen kleinen Spannungspuls, wenn ein Teilchen sie trifft. Die Elektronik auf der Hauptplatine verstärkt diese Pulse und verlängert sie.

Ein Mikrocontroller digitalisiert die Signale, zählt sie und gibt sie aus. Als Mikrocontroller-Board sind die verbreiteten „BluePill“-Boards eine hervorragende Wahl. Herzstück ist ein STM32F103-Mikrocontroller oder ein Klon davon. Dieser verfügt über zwei schnelle Analog-

Digital-Konverter und kann die Signale der beiden Szintillatormodule unabhängig voneinander digitalisieren. Außerdem ist er leistungsfähig genug, um die kurzen Signale zu verarbeiten – und das zu einem Preis von etwa fünf Euro.

Zusammenbau

Neben diesen Hauptelementen benötigen Sie noch einige günstige Elektronikbauteile, die Bastler womöglich sogar zu Hause haben: acht Kondensatoren, sieben

Lichtdetektoren

Eine Methode, Licht zu detektieren, sind sogenannte Silizium-Photomultiplier, kurz SiPM. Das sind hochempfindliche, halbleitergestützte Detektoren, die aus vielen einzelnen Zellen bestehen, die auf Lichtteilchen, sogenannte Photonen, reagieren. Trifft ein Photon auf eine Zelle, löst es einen kleinen elektrischen Impuls aus. Dafür genügt bereits ein einzelnes Photon. Die Summe aller Impulse der einzelnen Zellen ergibt ein Ausgangssignal, das darauf schließen lässt, wie viele Photonen den Sensor getroffen haben.

SiPM sind klein, sehr schnell und liefern präzise Signale. Sie funktionieren ohne aufwendige Elektronik oder Hochspannung. In den letzten Jahren sind sie zudem deutlich günstiger geworden, sodass sie sich heutzutage auch für Hobbyprojekte und kleine Experimente eignen. SiPM gibt es schon ab etwa 20 Euro.

Szintillatoren

Szintillatoren sind Materialien, die kurze Lichtblitze erzeugen, wenn energiereiche Teilchen sie durchdringen. Trifft beispielsweise ein Myon auf einen Szintillator, regt es dessen Atome oder Moleküle an oder schlägt Elektronen aus diesen heraus (Ionisation). Die auf diese Weise vom Szintillator aufgenommene Energie gibt dieser anschließend als kurzer, schwacher Lichtblitz wieder ab. Sehr empfindliche Detektoren (siehe Kasten „Lichtdetektoren“) können diesen Lichtblitz anschließend nachweisen.

Szintillatoren können aus Kristallen, Kunststoffen oder Flüssigkeiten bestehen. Für die Detektion von Myonen sind Kunststoffsintillatoren besonders gut geeignet. Die Signale klingen dort besonders schnell ab, sodass Teilchen damit schnell und präzise nachweisbar sind. Außerdem sind sie robust, lassen sich leicht in großen Flächen fertigen und liefern eine ausreichende Lichtausbeute bei geladenen Teilchen. Darüber hinaus sind sie die erschwinglichste Variante und schon für etwa 20 Euro erhältlich.

Dioden, zwei Spannungswandler, fünfzehn Widerstände, zwei Spulen, ein Display, ein SD-Kartenmodul, zwei Operationsverstärker sowie einige Kabel und Klebeband. Eine detaillierte Liste der benötigten Materialien und Hilfsmittel sowie die entsprechenden Bezugsquellen finden Sie via ct.de/yzg8. Dort finden Sie auch weiteres Zusatzmaterial, wie einen Schaltplan und kurze Aufbauvideos zu den entscheidenden Schritten. Die Platinenlayouts für den Detektor haben wir in KiCad entworfen und stellen diese im entsprechenden Projektformat zum Download bereit. Wenn Sie die Ausstattung zur Hand haben, können Sie die Platinen auch selbst ätzen. Wir haben die Vorlage bei einem Platinenfertiger hochgeladen, dort können Sie die Platinen für etwa 35 Euro bestellen.

Den Bau des Detektors beginnen Sie mit der Bestückung der Hauptplatine. Dazu benötigen Sie einen Lötkolben mit einer 1–2 mm breiten Lötspitze und einer Leistung von etwa 50 Watt sowie möglichst dünnes Elektroniklot (< 0,5 mm). Wenn Sie die Platine beim Fertiger bestellt haben, werden die drei für den Bau des Teilchendetektors erforderlichen Platinen in Form einer einzelnen großen Platte mit Sollbruchstellen geliefert. Brechen Sie die drei Teile auseinander und schleifen Sie die Bruchkanten mit etwas Schleifpapier. Die größte der drei Platinen ist die Hauptplatine. Die zwei kleineren Platinen benötigen Sie später zum Bau der Szintillatormodule.

Beginnen Sie mit dem Aufbau der Verstärkerschaltungen für die Detektorsignale. Löten Sie dafür zunächst die Widerstände R1 bis R5, die Kondensatoren C1 und C2 und die Dioden D1 bis D3 auf die Hauptplatine. Bei den Widerständen und den Kondensatoren können Sie die Einbaurichtung frei wählen, bei den Dioden ist diese durch einen Strich auf Bauteil und Platine gekennzeichnet. Abschließend löten Sie das Bauteil LM6172 an die entsprechende Stelle auf die Platine. Dieses enthält zwei Operationsverstärker. Die Einbaurichtung ist durch eine Kerbung im Bauteil und eine entsprechende Markierung auf der Platine vorgegeben.

Signalaufbereitung

Durch die Beschaltung des ersten Operationsverstärkers mit den Widerständen R1 und R3 und dem Kondensator C1 verstärkt dieser Eingangssignale etwa um den Faktor 20. Der zweite Operationsverstärker sorgt in Kombination mit C2, R4 und D1 dafür, dass die Pulse zusätzlich von einigen Nanosekunden in den Mikrosekundenbereich verlängert werden, sodass der Mikrocontroller diese erfassen kann. Die restlichen Widerstände und Dioden filtern die Signale und schützen den Mikrocontroller. Verfahren Sie entsprechend für die Beschaltung des zweiten Operationsverstärkers (R6 bis R10, C3 bis C4, D4 bis D6).

Da der Detektor über den USB-Port des Mikrocontroller-Boards mit Strom versorgt wird, steht als Versorgungsspannung für den Betrieb aller Komponenten des

Platinen für Forschung und Lehre

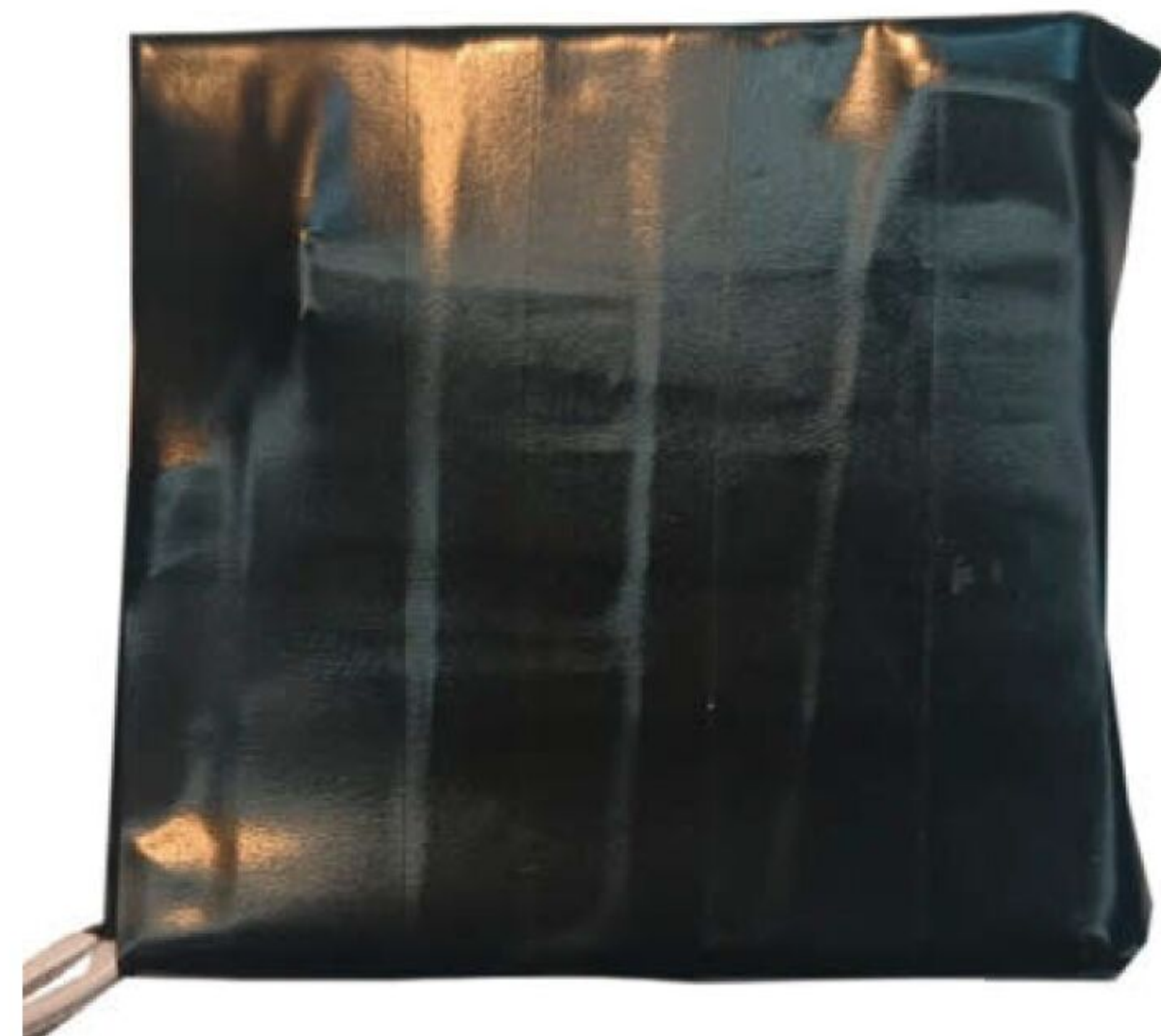
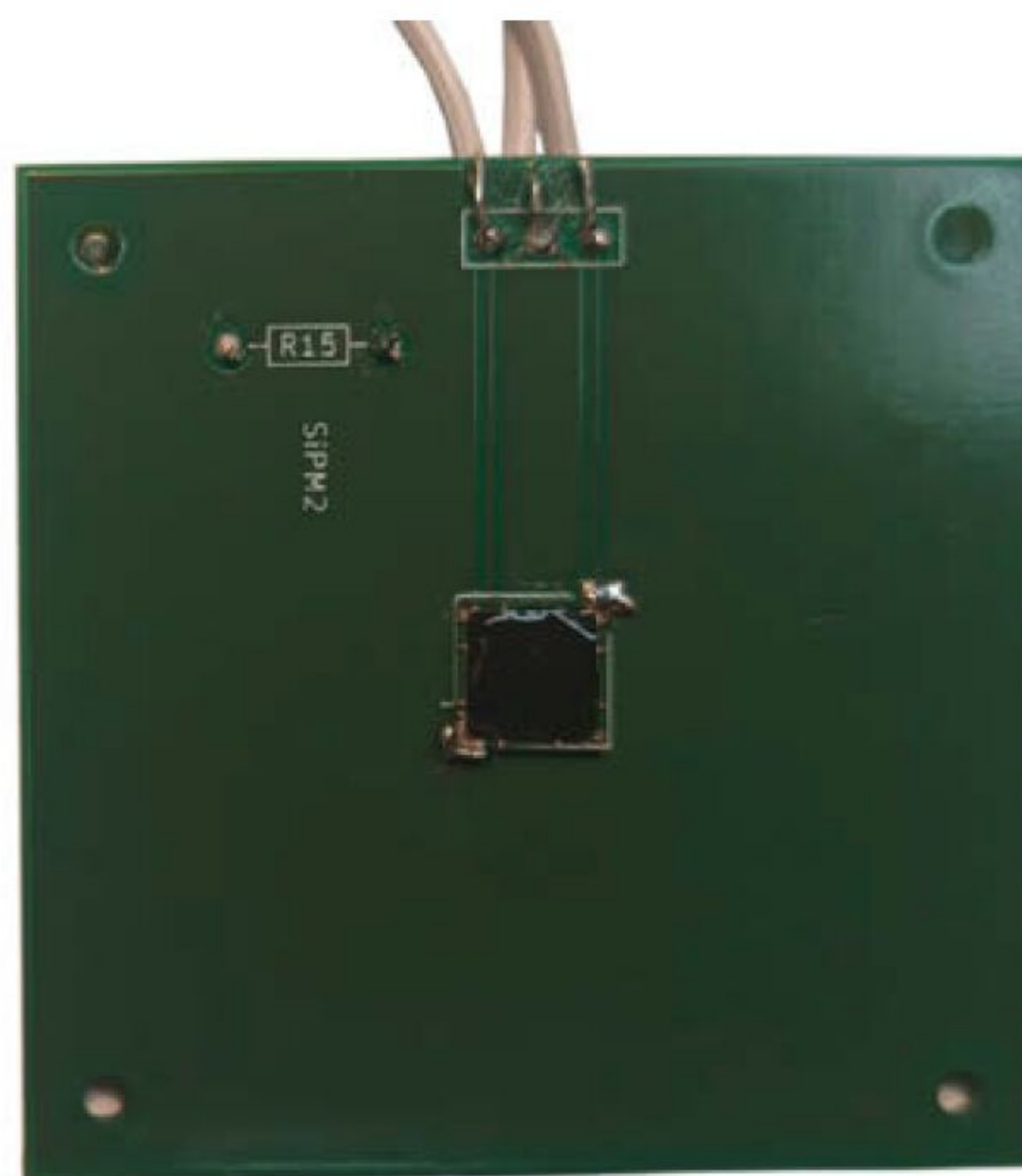
Sie unterrichten an einer Schule oder einer anderen Bildungseinrichtung und wollen kosmische Strahlung im Unterricht auswerten? Wir haben noch eine Handvoll Platinenrohlinge für den Bau eines Detektors, die wir gern den ersten Einsendern für Bildungsprojekte zusenden. Melden Sie sich per Mail an spa@ct.de.

Detektors nur eine Spannung von 5 Volt zur Verfügung. Die Operationsverstärker benötigen für ihren Betrieb allerdings eine symmetrische Spannungsversorgung von ± 15 V. Diese Spannungen erzeugen Sie, indem Sie den Spannungswandlerbaustein SDT01F05D15 an die mit DCDC1 beschriftete Stelle auf die Platine löten. Da bei diesem Baustein der Pin an Position 3 fehlt, können Sie ihn nicht falsch herum einsetzen. Löten Sie auch C8 und L2 an die entsprechenden Stellen. Diese Komponenten filtern die Eingangsspannung und gewährleisten einen stabilen, störungsarmen Betrieb des Spannungswandlers.

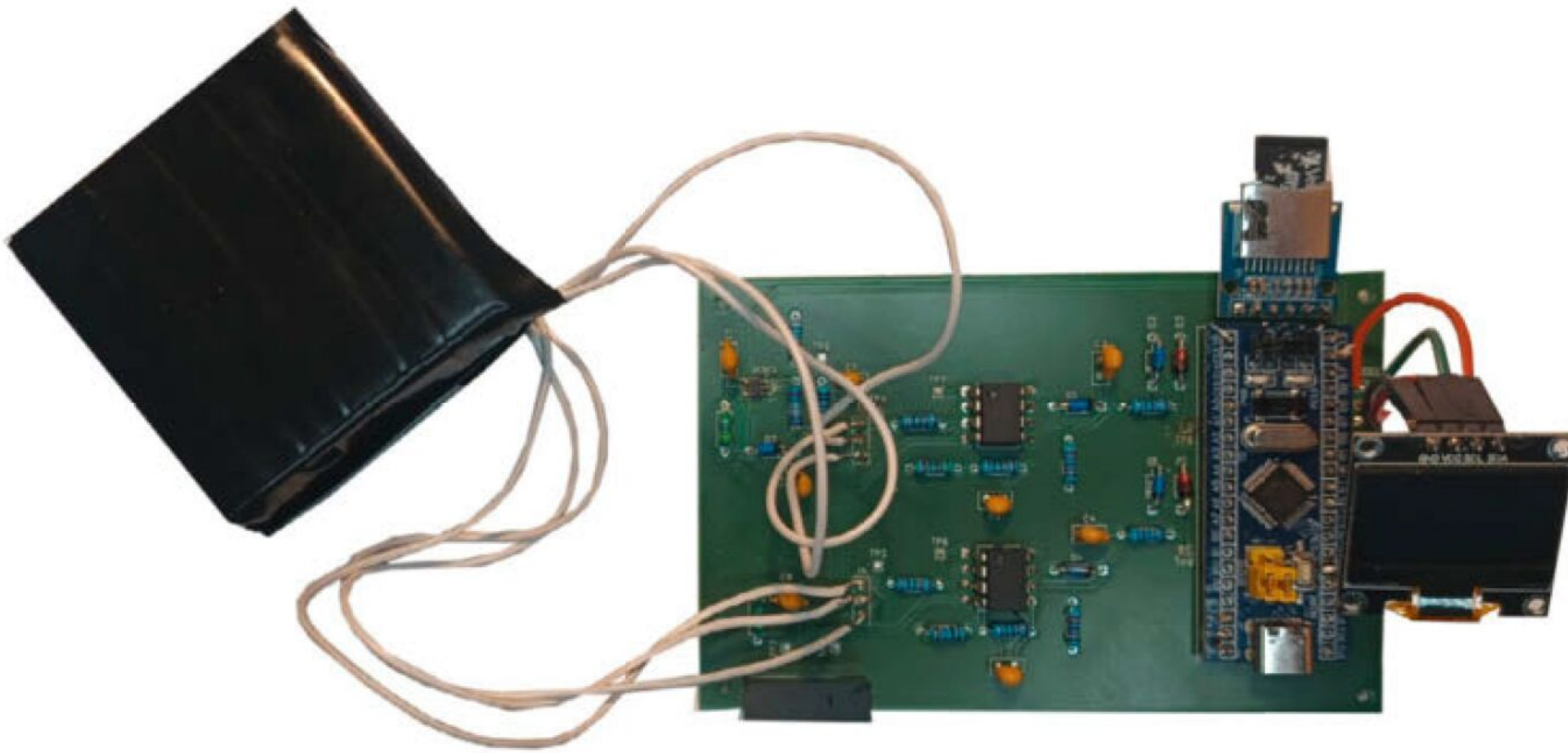
Damit ist der Teil der Schaltung abgeschlossen, der die Signale verstärkt und für die Digitalisierung aufbereitet. Bauen Sie nun die Spannungsversorgung für die Lichtdetektoren. Diese benötigen eine



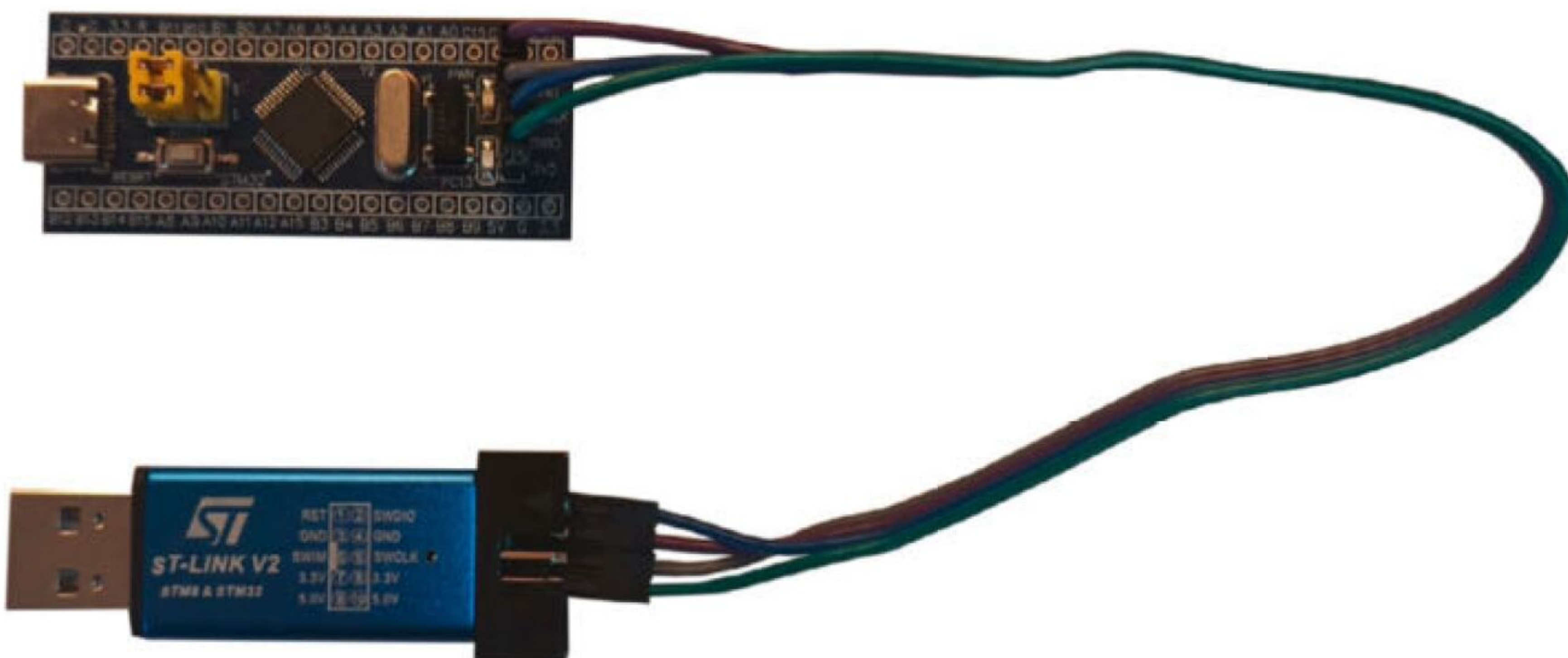
Der Szintillator wird bis auf ein kleines Fenster mit Teflonband umwickelt (links). Dieses passt zum Lichtdetektor auf der Platine (rechts). Die Kabel sowie der Widerstand befinden sich auf der Rückseite der Platine. Auf den Lichtdetektor wurde bereits etwas Silikonöl aufgetragen.



Das Szintillatormodul ist fertig, wenn es lichtdicht mit Klebeband umwickelt wurde. Das können durchaus einige Lagen sein, allzu sparsam sollten Sie nicht sein.



Der fertige Teilchendetektor ist fest mit den beiden Lichtdetektoren (in Schwarz) verbunden.



Das „Blue Pill“-Mikrocontrollerboard (oben) kann über den ST-Link-Dongle (unten) programmiert werden.

Versorgungsspannung von 30 V, damit Sie zuverlässig sehr geringe Lichtmengen erfassen können. Löten Sie dazu den Spannungswandler MAX5026 an der mit DCDC2 markierten Stelle auf die Platine. Die Einbaurichtung ist hier durch einen kleinen Punkt auf dem Bauteil und der Platine vorgegeben. Hier ist etwas Fingerspitzengefühl gefragt, um die feinen Kontakte korrekt und sicher mit der Platine zu verlöten.

Der MAX5026 ist ein einstellbarer Spannungswandler. Seine Ausgangsspannung ergibt sich nach der Beschaltung mit Widerständen (R11 und R12), einer Diode (D7) und einer Spule (L1). Löten Sie die Komponenten entsprechend der Beschriftung auf die Platine. Anschließend montieren Sie den Widerstand R13 und die Kondensatoren C5 bis C7. Diese Komponenten filtern die Ein- und Ausgangsspannung und minimieren Schwankungen der Spannungsversorgung.

Haben Sie diesen Schritt gemeistert, fehlen nur noch der Mikrocontroller, das

Display und das SD-Karten-Board. Löten Sie den Mikrocontroller in der auf der Platine vorgegebenen Einbaurichtung auf die Platine. Für die Montage von Display und SD-Karten-Board nutzen Sie kurze Kabelstücke, um beide mit der Hauptplatine zu verbinden. Verbinden Sie dazu die entsprechend beschrifteten Kontakte an Hauptplatine und Display sowie SD-Karten-Board miteinander. Wir haben das SD-Modul direkt auf die Platine gelötet, kamen dann aber nur schwer an die Pins zur Programmierung heran. Daher empfehlen wir Ihnen, Kabel zu benutzen.

Szintillatormodule

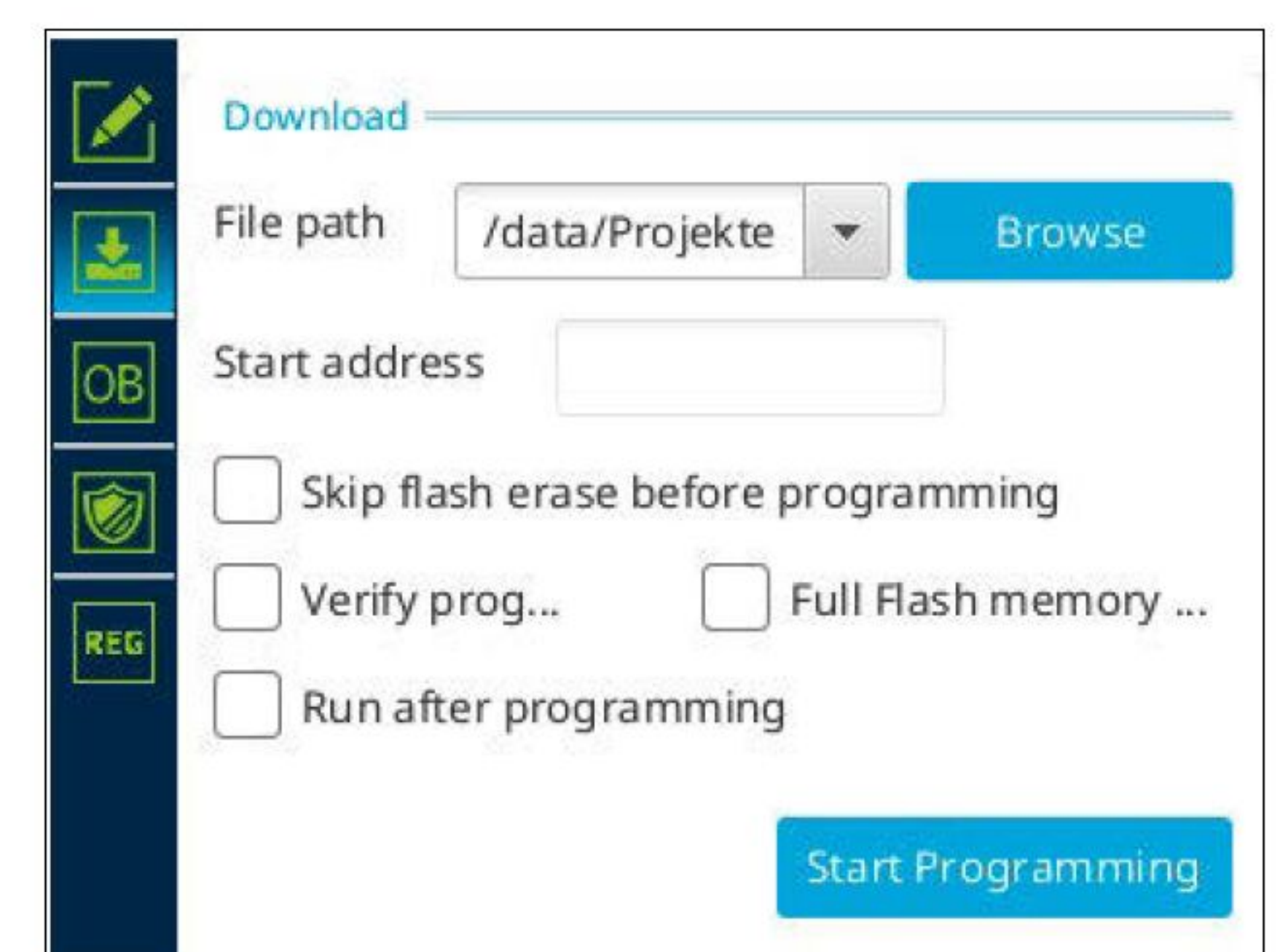
Für den Zusammenbau der Szintillatormodule benötigen Sie die zwei kleinen Platinen aus dem Platinenset. Löten Sie zunächst jeweils drei verschiedenfarbige (oder anderweitig unterscheidbare) Kabel an die mit 30V, GND und S gekennzeichneten Lötstellen – allerdings auf der Rückseite der Platinen. Die Markierung der Kabel ist wichtig, damit Sie später wissen,

welches Kabel an welche Stelle der Hauptplatine gelötet werden muss. Montieren Sie anschließend die Widerstände R14 und R15 auf die Platinen. Diese halten die Signalleitungen auf 0 V, wenn die Lichtdetektoren gerade kein Licht messen.

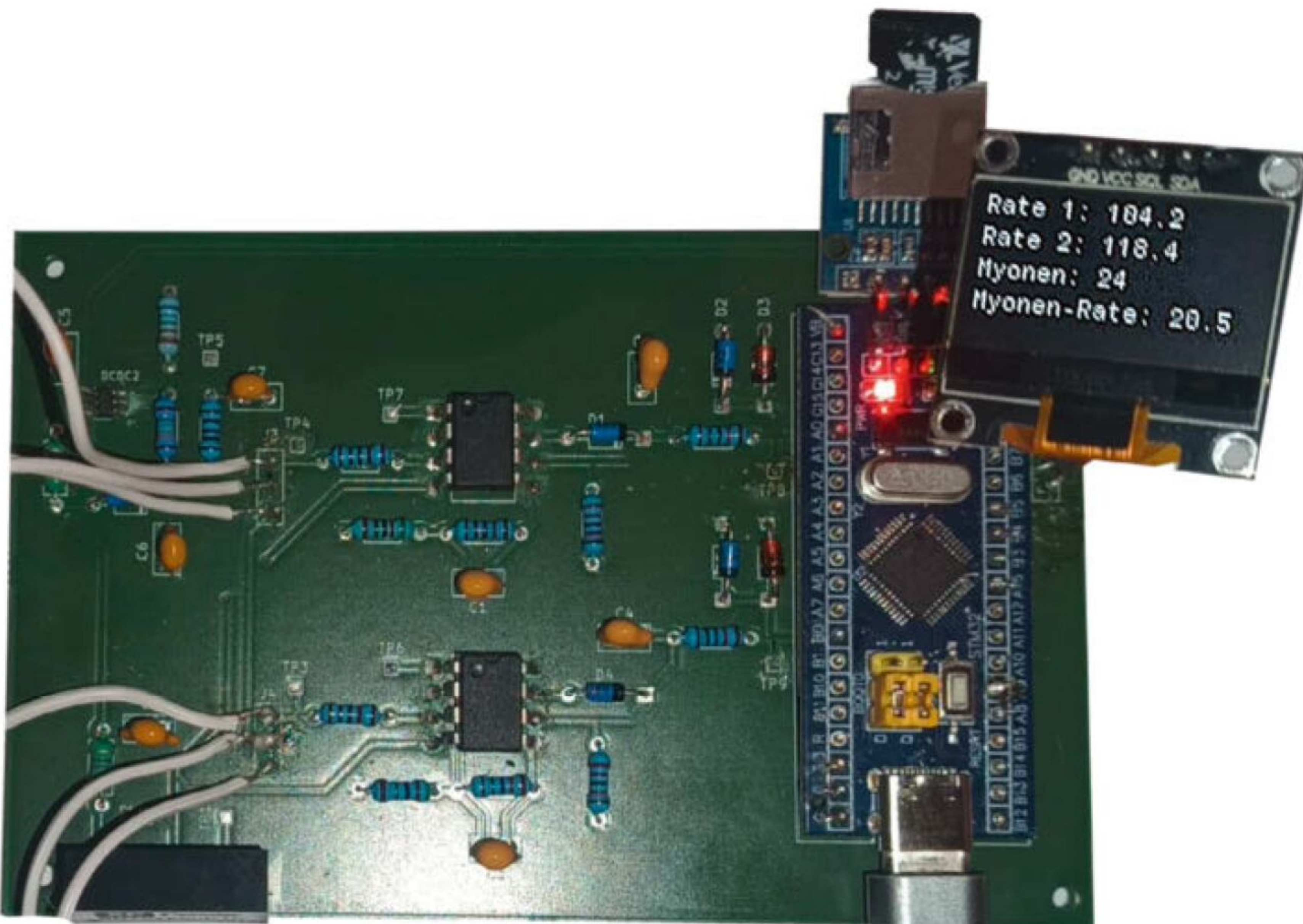
Löten Sie anschließend die Lichtdetektoren an die für sie vorgesehenen Plätze auf die Platinen. Die Einbaurichtung ist durch die Position des Anschlusses 1 des Lichtdetektors vorgegeben; Anschluss 1 ist der einzige Anschluss, der zwei Kontaktflächen auf der Unterseite des Lichtdetektors aufweist. Alle anderen Anschlüsse sind symmetrisch und besitzen jeweils nur eine Kontaktfläche. Hier hilft im Zweifel ein Blick aufs Datenblatt und das entsprechende Aufbauvideo (via ct.de/yzg8). Achten Sie beim Einlöten der Lichtdetektoren darauf, dass Sie mit dem LötKolben nicht deren empfindliche Kunststoffgehäuse berühren – dies könnte die wertvollen Komponenten unbrauchbar machen.

Nach der Montage der Lichtdetektoren bereiten Sie die Szintillatoren vor. Diese werden in aller Regel unpoliert geliefert. Schleifen Sie die Szintillatoren dazu nacheinander mit Schleifpapier der Körnungen 120, 220, 400 und 1200, bis sie eine glatte Oberfläche haben. Für den letzten Feinschliff nutzen Sie eine Heißluftpistole bei etwa 300 bis 450 °C. Erhitzen Sie vorsichtig alle Seiten des Szintillators, bis dessen Oberfläche klar wird – möglichst ohne Bläschenbildung im Szintillatormaterial. Beachten Sie dafür auch unser Aufbauvideo.

Damit das im Szintillator entstehende Licht nicht verloren geht, sondern möglichst verlustfrei an den Lichtdetektoren ankommt, umwickeln Sie anschließend die Szintillatoren mit zwei bis drei gleichmäßigen Schichten Teflonband. Lassen Sie dabei ein etwa 15 × 15 mm großes Fens-



Über diesen Bereich der STM32Cube-Programmer-Software lässt sich die Firmware installieren.



Der fertige, über USB mit Strom versorgte Detektor: Auf dem Display sind die Zählraten der zwei einzelnen Szintillatormodule (Rate 1 und 2), die Gesamtzahl der gezählten Myonen (Myonen) sowie die Myonen-Zählrate (Myonen-Rate; Myonen pro Minute) aufgelistet.

ter auf einer der großen Seiten der Szintillatoren frei (siehe Bild links auf Seite 130). Geben Sie anschließend etwas Silikonöl auf die Lichtdetektoren und legen Sie diese auf die frei gebliebenen Fenster auf den Oberflächen der Szintillatoren. Das Silikonöl verbessert den Übergang des Lichts von den Szintillatoren in die Lichtdetektoren.

Umwickeln Sie die so entstandenen Kombinationen aus Szintillator und Lichtdetektor mit weiteren zwei bis drei Schichten Teflonband und mit drei bis vier Schichten schwarzem Elektronik-Isolierband, um sämtliches Licht von außen vom Detektor fernzuhalten. Sparen Sie hier

nicht und bringen Sie das Isolierband großzügig und überlappend auf – dringt Licht von außen in die Aufbauten ein, messen die Szintillatormodule das Außenlicht und nicht die von uns gesuchten Teilchen, die sie treffen.

Verbinden Sie nun die Kabel der beiden Szintillatormodule entsprechend der Beschriftung mit der Hauptplatine. Das Ergebnis sehen Sie auf Seite 131.

Softwareinstallation

Damit der Mikrocontroller die Signale erfasst und verarbeitet, haben wir eine Firmware für den Mikrocontroller entwickelt. Zur Installation dieser Firmware

benötigen Sie einen ST-Link Adapter und die Software STM32CubeProgrammer, die es für alle gängigen Betriebssysteme gibt (siehe ct.de/yzg8). Verbinden Sie die Anschlüsse SWCLK, SWDIO, GND und 3.3V des ST-Link-Adapters mit den vier entsprechend beschrifteten Pins auf der Oberseite des „BluePill“-Mikrocontrollers. Schließen Sie anschließend den ST-Link per USB an Ihren PC an. Wichtig hierbei ist, dass das Board nicht gleichzeitig über USB angeschlossen ist – es darf immer nur entweder über ST-Link oder USB mit Strom versorgt werden.

Das BluePill-Board verfügt über zwei Pinleisten mit Jumpers, die mit BOOT0 und BOOT1 beschriftet sind. Sitzt der BOOT0-Jumper auf 0, bootet das BluePill-Board die im Flash-Speicher gespeicherte Firmware – sitzt der BOOT0-Jumper auf 1, startet das Board im Bootloader-Modus und lässt sich auf verschiedene Weisen programmieren.

Zur Installation der Firmware setzen Sie daher den BOOT0-Jumper auf 1. Drücken Sie nun den Reset-Taster neben den Jumper-Pinleisten, um das Board neu zu starten. Klicken Sie anschließend im STM32CubeProgrammer im Modus STLink auf „Connect“. Die Software verbindet sich nun über den STLink-Dongle mit dem Board. Laden Sie nun via ct.de/yzg8 unsere Firmware herunter. Um den Mikrocontroller zu programmieren, wählen Sie auf der linken Seite im Programm den Reiter „Erasing & Programming“ aus, wählen in der Rubrik „Download“ die Firmware-Datei und klicken den Button „Start Programming“ (siehe nächstes Bild).

Im Log-Feld erscheint nach einigen Sekunden der Hinweis „File download complete“. Um die Firmware auf dem Board nun zu starten, setzen Sie den BOOT0-Jumper wieder auf die 0-Position und betätigen erneut den Reset-Taster. Nun zählt der Detektor fleißig eintreffende Teilchen und zeigt deren Raten auf dem Display an. Falls nicht, empfiehlt es sich, alle Lötstellen und die korrekte Bestückung der Platine zu prüfen. Mehr Hinweise zur Fehlersuche gibt es unter ct.de/yzg8.

Liegen die Detektoren übereinander, sollte die Zählrate der detektierten Myonen zwischen 10 und 20 liegen. Dies entspricht der Anzahl der Myonen, die den Detektor pro Minute treffen. Liegen die Detektoren nebeneinander, sollte diese

Messung radioaktiver Quellen

Der Detektor registriert nicht nur Myonen, sondern auch ionisierende Strahlung, die beim radioaktiven Zerfall von Atomkernen entsteht. Sie können Ihren Detektor somit auch als einfachen Geigerzähler-Ersatz verwenden.

Alphastrahlung, die aus leichten Atomkernen besteht, wird in dieser Bauform durch das Teflon- und Isolierband zuverlässig abgeschirmt und erreicht die Szintillatoren deshalb nicht.

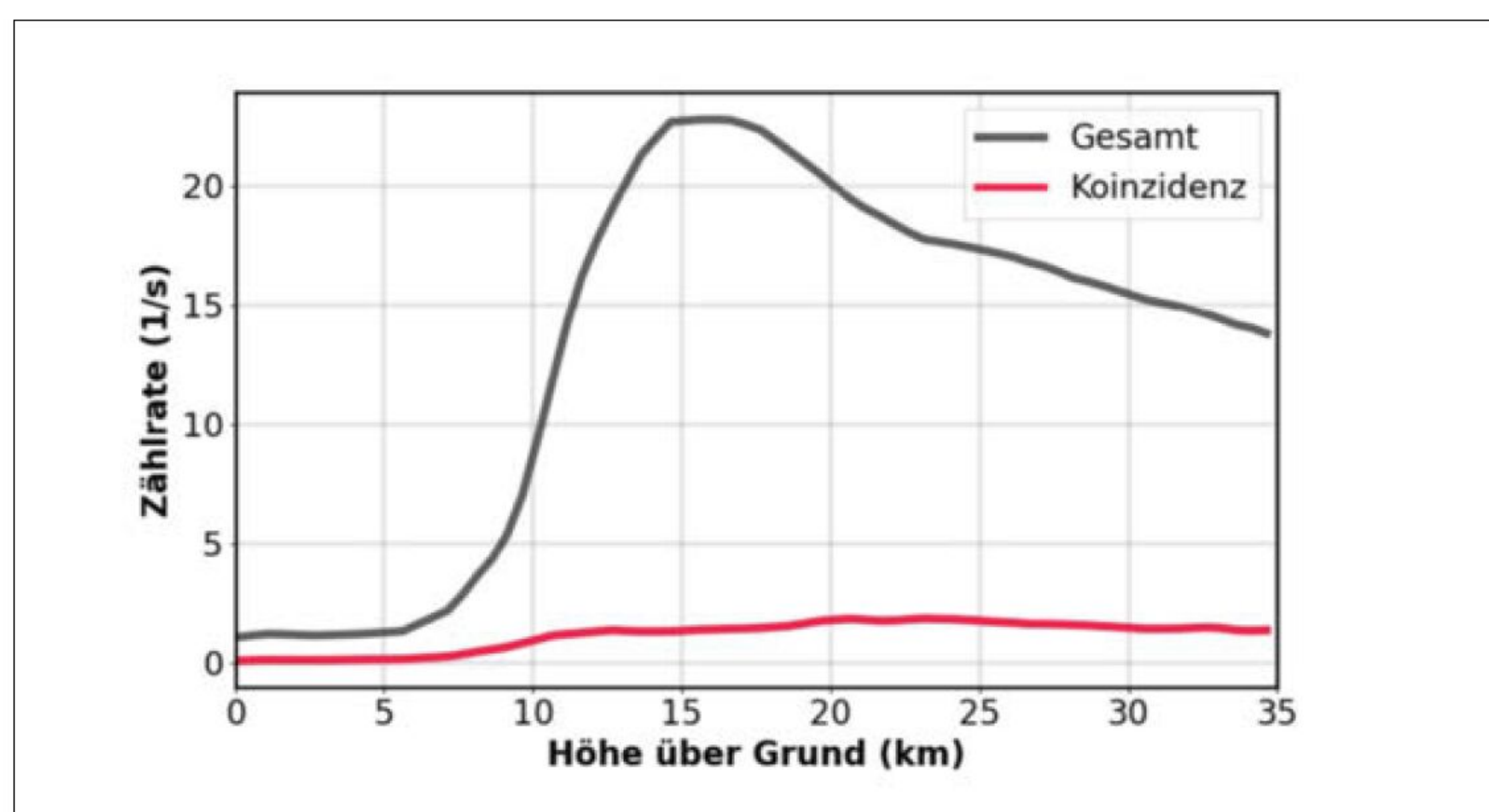
Im hier diskutierten Aufbau tragen hauptsächlich Gamma- und energiereiche Betastrahlung zu den Einzelzählraten

der beiden Detektormodule bei. In der Regel lösen diese allerdings keine Koinzidenzereignisse aus, bei denen beide Szintillatoren nahezu gleichzeitig ein Signal liefern.

Je nachdem, welche Testquelle Sie untersuchen, etwa einen Thorium-Glühstrumpf oder altes Uranglas von der Großmutter, können Sie Zählraten von rund tausend Ereignissen pro Minute oder mehr beobachten. Benötigen Sie verlässliche Strahlungswerte, müssten Sie Ihr Gerät jedoch kalibrieren lassen und die Firmware anpassen.



Das Webtool zeigt Ihnen die Messdaten live an.



Die Ergebnisse unseres Wetterballon-Experimentes: Die Gesamtzählrate steigt zunächst bis zum Pfotzer-Maximum an und fällt danach ab.

Zahl 0 betragen, da dann keine Teilchen beide Detektoren treffen können.

Datenauswertung am PC

Wenn Sie vor dem Start des Detektors eine MicroSD-Karte einlegen, speichert der Detektor sämtliche detektierten Ereignisse mit Mikrosekunden-Zeitstempel seit Start des Mikrocontrollers und Amplitude (ADC-Rohwert und ADC-Spannung) in eine CSV-Datei.

Schließen Sie den Detektor hingegen per USB an einen PC an, erkennt dieser ihn als seriellen Anschluss, über den Sie Messdaten in Echtzeit auslesen und verarbeiten können. Unter ct.de/yzg8 finden Sie einen Link zu einem Tool, das die Daten in Echtzeit per USB einliest, auswertet und übersichtlich darstellt (siehe Bild oben). Das Tool nutzt die WebSerial-API und funktioniert daher nur mit Chrome-gestützten Browsern, aber mit allen gängigen Betriebssystemen.

Höhenabhängigkeit der kosmischen Strahlung

Eine frühe Version des Detektors hat bereits als Teil eines Wetterballons eine Reise in die Stratosphäre unternommen (siehe Kasten). So konnten wir die Höhenabhängigkeit der kosmischen Strahlung messen. Man würde erwarten, dass die Zählrate mit der Höhe zunimmt, bei etwa 15 bis 20 Kilometern ein Maximum erreicht und danach wieder sinkt. Diesen charakteristischen Verlauf nennt man in der Fachwelt Regener-Pfotzer-Kurve und er entsteht durch das Zusammenspiel von Teilchenproduktion und -absorption in der Atmosphäre.

Primäre kosmische Strahlung kollidiert beim Eintritt in die obere Atmosphä-

re mit Luftmolekülen. Dabei entsteht ein Schauer sekundärer Teilchen, der stärker wird, je tiefer man in die Atmosphäre eindringt. In 15 bis 20 Kilometern Höhe erreicht die Intensität ihr Maximum – das sogenannte Pfotzer-Maximum –, weil hier die Teilchenproduktion am stärksten ist. Unterhalb dieser Höhe nimmt die Intensität wieder ab, da die Sekundärteilchen durch weitere Wechselwirkungen, Absorption und Zerfall in der zunehmend dichteren Luft allmählich verschwinden. Nur besonders energiereiche Teilchen wie Myonen erreichen den Erdboden.

Unsere Messungen (siehe Bild oben rechts) deckten sich mit den Erwartungen. Darüber hinaus zeigte sich, dass die Koinzidenzrate im Gegensatz zur Gesamtzählrate in großer Höhe nur geringe Schwankungen aufweist. Wir vermuten, dass sich dies dadurch erklären lässt, dass der Detektor in großer Höhe nicht mehr ausschließlich Myonen misst, sondern auch andere energiereiche Teilchen, die ebenfalls beide Szintillatormodule auslösen können. Während das auf der Erdoberfläche selten ist, kommen in großer Höhe viele Protonen vor, die vor allem aus der primären kosmischen Strahlung stammen. In dieser Höhe misst der Detektor also nicht länger nur Myonen, sondern verschiedene Arten kosmischer Teilchen.

Experimente für zu Hause

Doch auch auf der Erde bietet Ihr Myonendetektor spannende Anwendungsmöglichkeiten: Nutzen Sie ihn als Geigerzähler (siehe Infokasten „Messung radioaktiver Quellen“), als Zufallsgenerator [2] für sichere Passwörter auf Basis kosmischer Strahlung und natürlicher Radioaktivität oder messen Sie die Winkelverteilung kos-

mischer Myonen. Ambitioniertere können sich auch an ersten Versuchen zur Myonentomographie wagen. Für einige dieser Experimente haben wir Ihnen Webtools für Echtzeitmessungen über USB und Python-Skripte zum Auswerten der CSV-Messdaten zusammengestellt. Lassen Sie Ihrer Kreativität freien Lauf und entwickeln Sie eigene Projekte mit Ihrem Teilchendetektor. (spa@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Sabrina Patsch, Der etwas andere Röntgenblick, Wie kosmische Strahlung Verborgenes enthüllt, c't 21/2024, S. 130
- [2] Oliver Lau, Faites vos jeux!, Zufallszahlen erzeugen, erkennen und anwenden c't 2/2009, S. 172

Materialliste, Videos und Skripte:

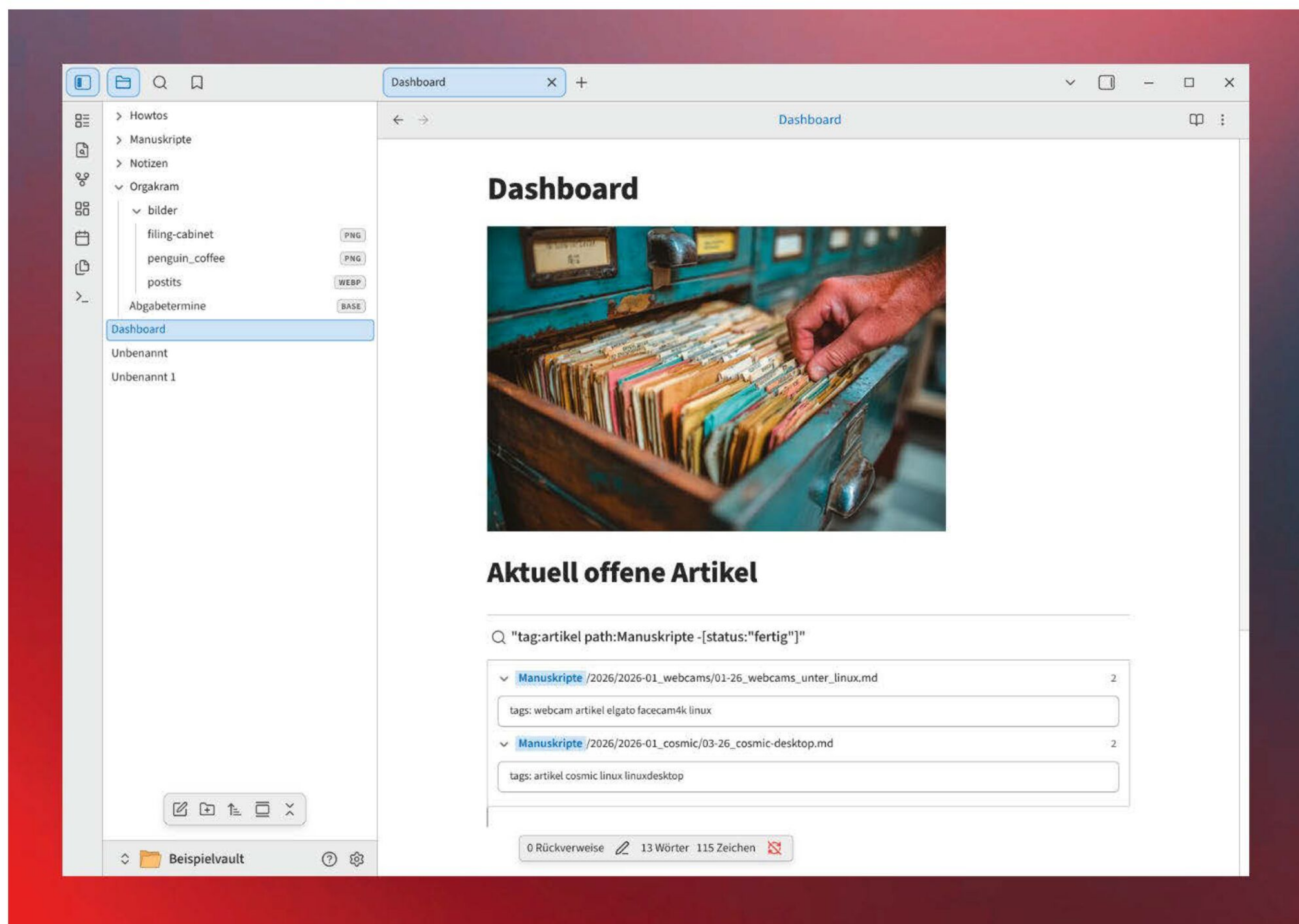
ct.de/yzg8

Selbst die Stratosphäre erforschen

Möchten Sie auch einen Wetterballon bauen und Ihren Myonendetektor in die Stratosphäre schicken? Auf YouTube finden Sie ab sofort eine Reihe von Videos, die Sie Schritt für Schritt durch die Planung und Konstruktion Ihres eigenen Wetterballons leiten.



Sie finden das Video auf YouTube unter der URL <https://youtu.be/IHEsjZ88FAg>



Wissen organisieren

Besser suchen und finden in Obsidian

Die Notizverwaltung Obsidian macht das Sammeln von Artikeln & Tipps einfach. Mithilfe einer mächtigen Suchfunktion und smarten Lesezeichen finden Sie schnell das gesuchte Wissen wieder.

Von Liane M. Dubowy

Schnell wächst eine Notizensammlung in Obsidian so an, dass sie zu unübersichtlich wird, um in den Ordnern eine bestimmte Textstelle oder Notiz zu finden. Doch Obsidian enthält verschiedene Funktionen, um in umfangreichen Notizsammlungen oder Knowledge Bases Informationen schnell wiederzufinden. Sie können aktuelle Notizen anpinnen, mit Ordnern mehr Übersicht schaffen und häufig benötigte Notizen mit einem Lesezeichen versehen. Komplexere Notizsammlungen können Sie in einer Datenbankstruktur (Base) organisieren und dort nach Bedarf filtern und sortieren, um

etwa zu erledigende Aufgaben anzuzeigen [1].

Doch häufig führt der schnellste Weg zu einer Datei oder Textstelle über die Suchfunktion von Obsidian. Die kann deutlich mehr als nur Suchbegriffe entgegennehmen, die wichtigsten Parameter stellen wir hier durch Beispiele vor. Das Suchergebnis können Sie als Lesezeichen oder in einer Notiz speichern – auch so, dass die Suche bei jedem Aufruf erneut aktualisiert wird.

Ein Beispiel: In einem Obsidian-Vault – also einer Notizensammlung – liegen unter anderem selbst geschriebene

Texte für eine Zeitschrift. Um an einem davon weiterzuarbeiten, können Sie ein Lesezeichen dafür anlegen. Doch das müssten Sie für jeden aktuellen Artikel aufs Neue erledigen und natürlich die Lesezeichen für abgeschlossene Artikel wieder entfernen. Praktischer wäre da ein Lesezeichen, das automatisch die noch nicht abgeschlossenen Texte listet. Ein dynamisches Lesezeichen präsentiert eine solche Liste stets aktuell. Wir zeigen, welche praktischen Möglichkeiten die Suche in Obsidian bietet und wie Sie diese für ein dynamisches Lesezeichen nutzen.

Lesezeichen

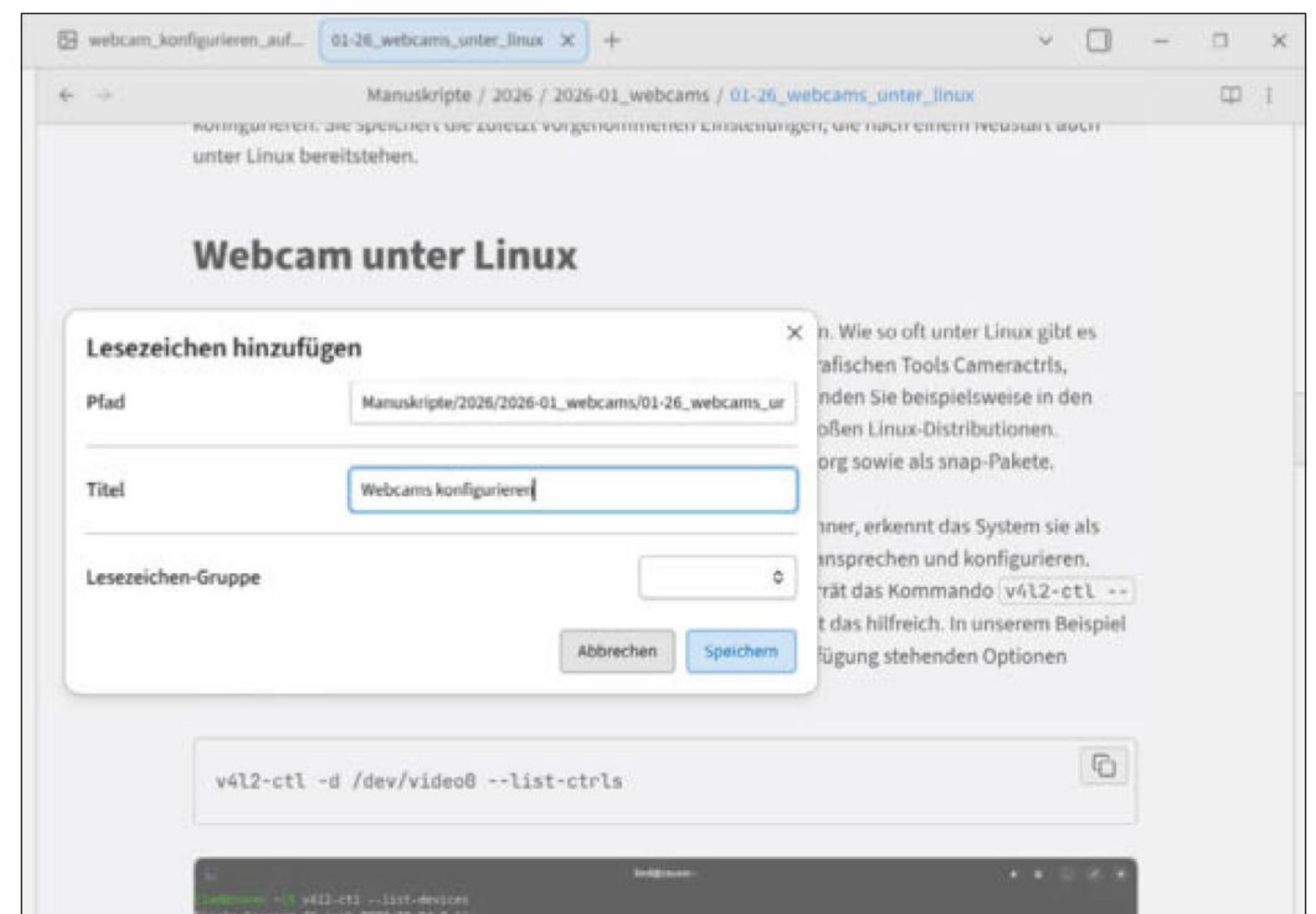
Um Lesezeichen in Obsidian zu verwenden, aktivieren Sie das zuständige Core-Plug-in. Öffnen Sie dazu die Einstellungen über das Zahnradsymbol am unteren Rand des Seitenpanels. Wechseln Sie dort zu „Obsidian-Erweiterungen“ und ziehen Sie den Schieberegler bei „Lesezeichen“ nach rechts. Wenn Sie Obsidian mit der Tastatur steuern möchten, können Sie hier auch direkt zwei Tastenkürzel für das Anlegen und Entfernen von Lesezeichen hinterlegen. Nach dem Schließen der Einstellungen steht über der linken Seitenleiste neben den Schaltflächen für Dateiexplorer und Suche auch eines für die Lesezeichen. Um ein Lesezeichen hinzuzufügen, öffnen Sie eine Notiz, klicken auf die drei Punkte oben rechts, wählen „Lesezeichen setzen“ und geben ihm einen aussagekräftigen Titel. Wenn Sie viele Lesezeichen haben, lohnt es sich, sie in thematische Gruppen zu sortieren – ganz wie im Browser.

Mächtige Suche

Die Suchfunktion von Obsidian durchstöbert einen Vault nicht nur nach einzelnen Suchbegriffen, sie lässt sich auch über verschiedene Parameter verfeinern. Öffnen Sie die Suche über das Icon oberhalb der linken Seitenleiste. Sobald Sie ins Suchfeld klicken, verrät ein Tooltip mögliche Suchoptionen.

Mit `path:` durchforsten Sie einen bestimmten Ordner in der Sammlung. `file:` sucht nach einem bestimmten Dateinamen. `tag:` fördert Notizen zutage, die das genannte Schlagwort enthalten. Und `line:` sucht nach Dateien, in denen mindestens eine Zeile den Suchbegriff enthält. Auch nach Eigenschaften in einem Metadaten-Bereich (Frontmatter), den Sie mit

In Obsidian können Sie jedem Lesezeichen einen aussagekräftigen Titel geben und mehrere davon in Gruppen organisieren.



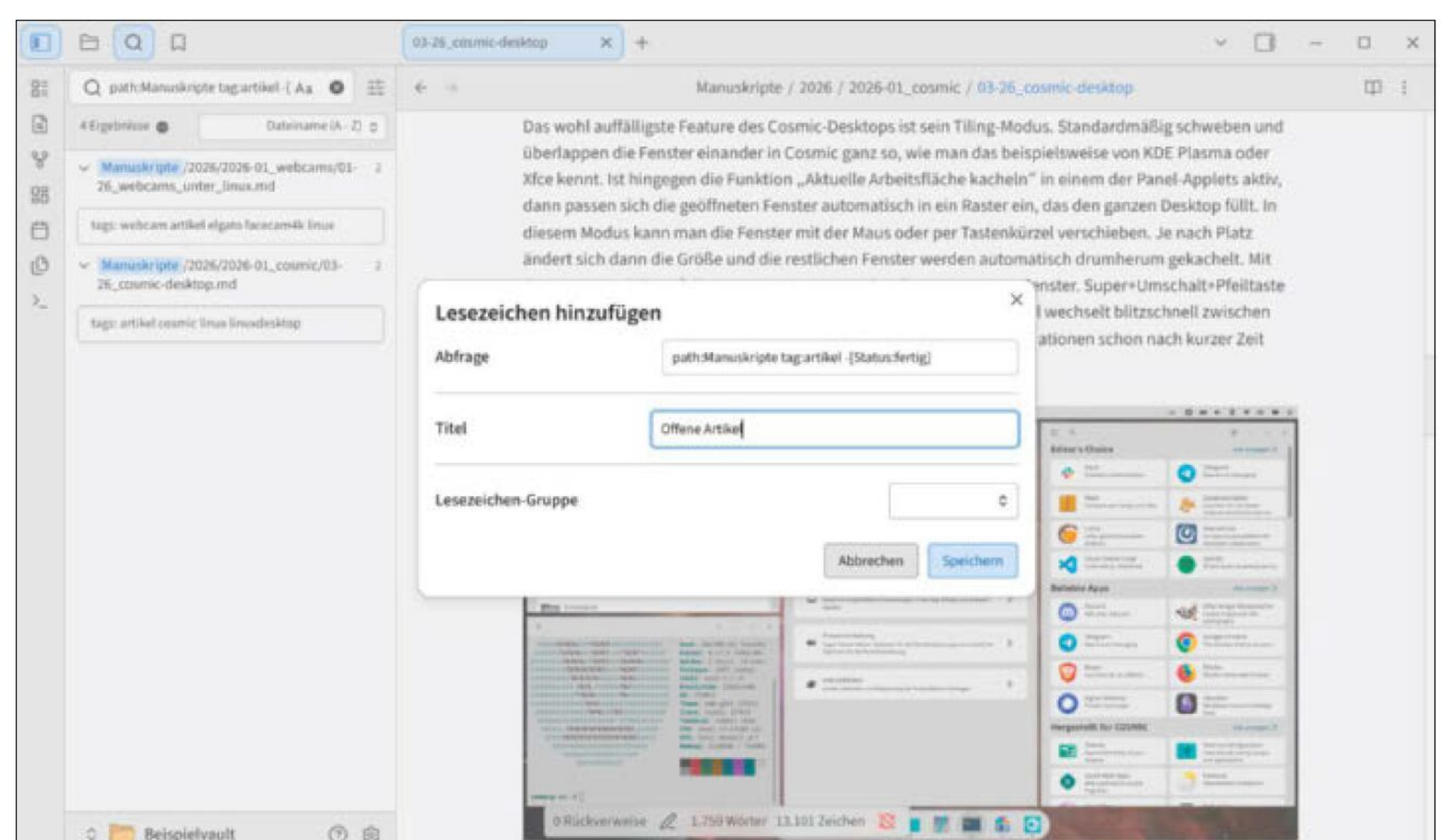
--- einleiten und ebenso wieder beenden, können Sie mit `[property:]` suchen. Reguläre Ausdrücke sind ebenfalls möglich. Weitere Suchparameter liefert die Obsidian-Dokumentation.

Obsidian kann die Sammlung auch absatzweise durchsuchen und dabei Begriffe kombinieren. Um etwa Artikel zu finden, die in einem Absatz sowohl den Begriff Spiele als auch den Begriff Linux enthalten, tippen Sie in das Suchfeld `block:(Spiele Linux)`. Per Klick auf ein Suchergebnis springt die Anzeige direkt zum jeweiligen Absatz.

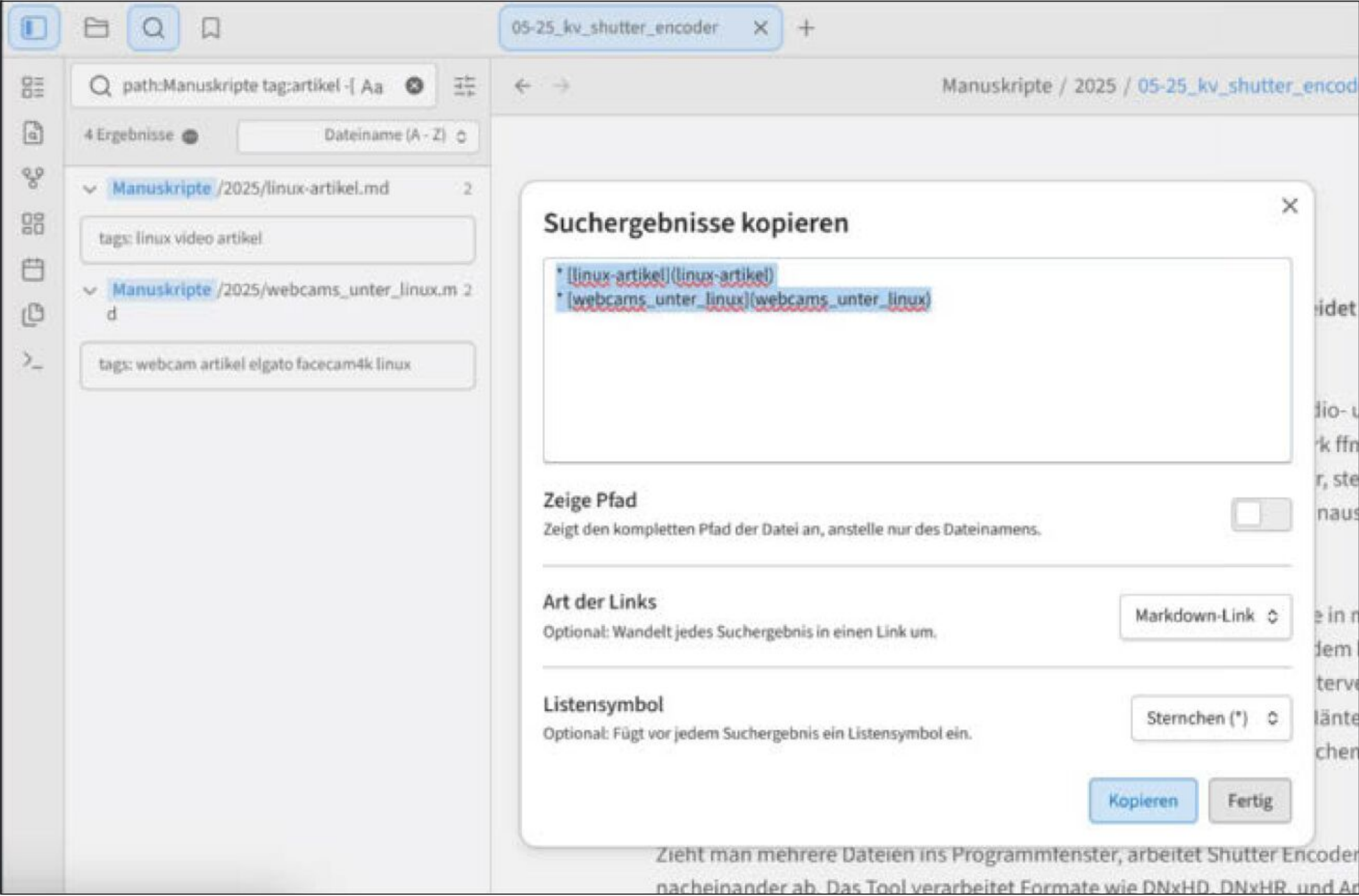
Beim Suchen können Sie Begriffe, Pfade und anderes ausschließen. Dazu stellen Sie dann nur - voran, also beispielsweise `-tag:spiele`. Wollen Sie also beispielsweise schnell alle Artikel, in denen

das Wort Linux vorkommt, aber nicht das Schlagwort `spiele` gesetzt ist, kombinieren Sie das in der Suche zu `Linux tag:artikel -tag:spiele`.

Um diese Funktion für unser oben gesuchtes Beispiel zu nutzen, haben wir alle Artikel in Obsidian in einem Ordner „Manuskripte“ abgelegt. Die Dateien beginnen allesamt mit einigen Eigenschaften in einem Frontmatter-Block, dort ist als Schlagwort (`tags:`) mindestens „artikel“ gesetzt. Je nach Anwendungsfall können Sie weitere Felder (`properties`) im Frontmatter definieren. Zum Beispiel ein Veröffentlichungsdatum, ein Projekt, zu dem die Seite gehört oder eine verantwortliche Person. Fertige Beiträge erhalten außerdem bei der Eigenschaft „Status“ den Eintrag „fertig“:



Eine einmal formulierte Suche kann Obsidian als dynamisches Lesezeichen speichern, das stets aktuelle Ergebnisse liefert.



Ein Suchergebnis lässt sich nicht nur kopieren, sondern dabei auch mit Links, Pfaden und Listensymbolen versehen.

```
---
Status: fertig
tags:
- artikel
---
```

Um die nicht fertigen Artikel herauszufischen, schränken wir die Suche mit path:Manuskripte zunächst auf das Verzeichnis „Manuskripte“ ein. Außerdem sollen alle Einträge herausgefiltert werden, die bereits den Status „fertig“ haben:

```
path:Manuskripte -[Status:"fertig"]
```

Praktisch: Brauchen Sie die Liste nur einmal, können Sie das Suchergebnis kopieren, es dabei automatisch mit Markdown-Links zu den jeweiligen Artikeln versehen, ein Listensymbol wählen und in eine andere Notiz einfügen. Den Dialog dazu finden Sie versteckt neben der Anzahl der Ergebnisse direkt unter dem Suchfeld. Klicken Sie auf das Icon mit den drei Punkten und wählen Sie „Suchergebnisse kopieren“. Daraufhin öffnet sich ein Fenster, in dem Sie die Wahl haben zwischen Dateinamen und absoluten Pfaden, Markdown- oder Wiki-Links und Listensymbolen wie Sternchen, Bindestrich und Nummer.

Diese Liste ist allerdings statisch, kommen neue Artikel hinzu oder ändert sich deren Status, wird sie nicht aktualisiert. Für eine Übersicht zu einem bestimmten Zeitpunkt ist das kopierte Suchergebnis zwar praktisch, besser ist aber

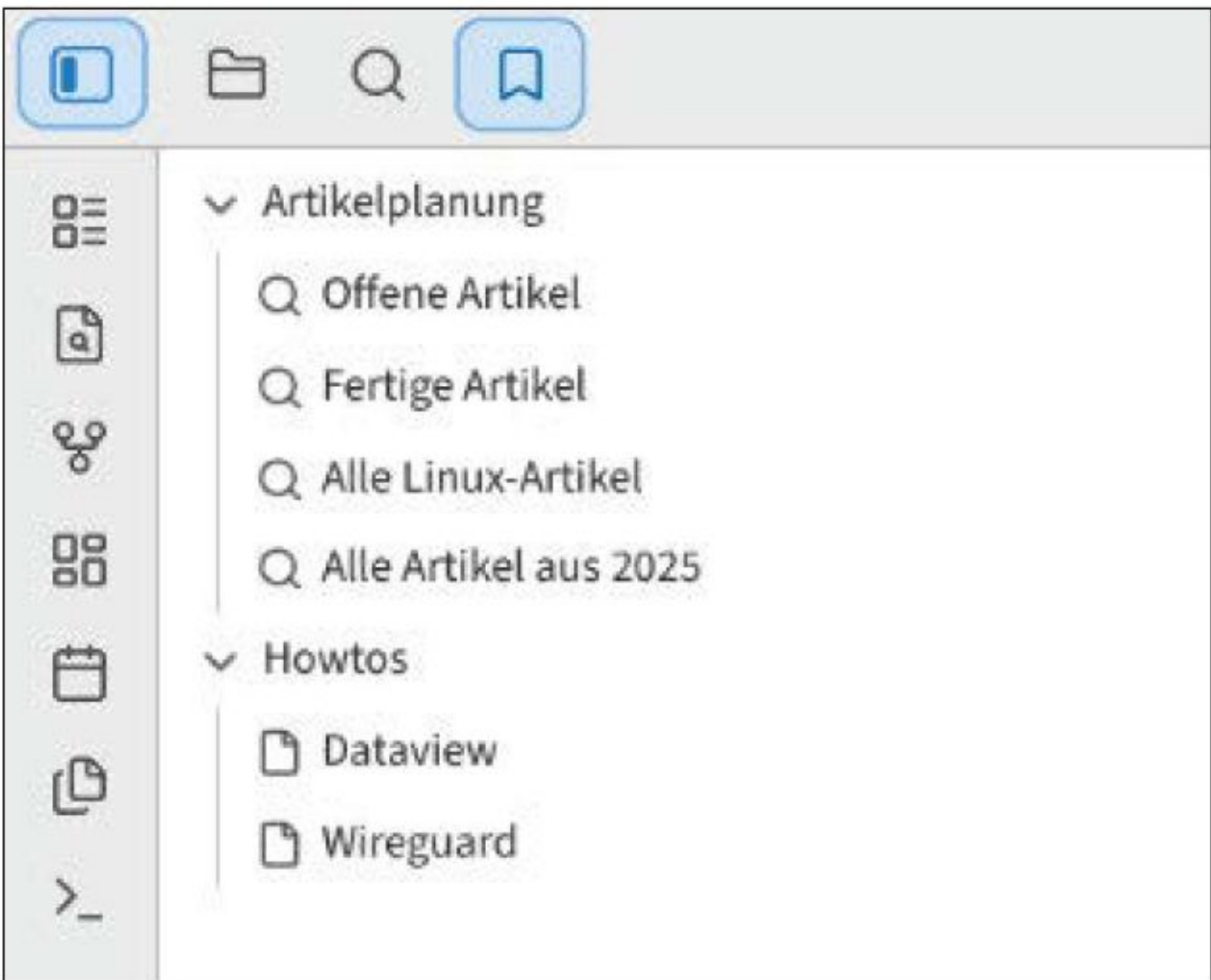
eine dynamische Ansicht, die stets aktuell bleibt.

Suchergebnisse einbetten

Eine stets aktuelle Version des Suchergebnisses ist beispielsweise in einem Dashboard praktisch, in dem Sie alles Wichtige auf einen Blick sehen möchten. Dazu schreiben Sie die Suchabfrage direkt als Markdown-Code ins Dashboard:

```
```query
tag:artikel
path:Manuskripte
-[Status:"fertig"]
```
```

Dabei ist es egal, ob die Elemente in einer Zeile stehen oder untereinander. Diese



Suchergebnis statt Dashboard: Häufig benötigte Suchabfragen können Sie in Gruppen sortiert als Lesezeichen speichern.

Liste wird bei jedem Aufruf der Notiz aktualisiert.

Optisch anpassen und etwa mit Markdown-Links oder Listensymbolen gestalten lässt sich diese einfache Abfrage nicht. Wer das braucht, muss zum Community-Plug-in Dataview greifen, das komplexere Abfragen und Möglichkeiten bietet.

Mit Dynamik

Obsidian kann nicht nur einzelne Dokumente, sondern auch Ordner oder Suchergebnisse als Lesezeichen speichern. Wenn Sie kein Dashboard haben, können Sie die obige Suche deshalb so für später sichern. Bei jedem Aufruf des Lesezeichens wird die Suchanfrage dann aufs Neue ausgeführt und präsentiert eine stets aktuelle Liste der noch nicht fertigen Artikel – vorausgesetzt, Sie aktualisieren fleißig den Status der Texte.

Um ein dynamisches Lesezeichen anzulegen, tippen Sie zunächst Ihre Parameter wie oben beschrieben ins Suchfeld und prüfen das Ergebnis. Für unfertige Artikel lautet der Eintrag im Suchfeld wieder path:Manuskripte tag:artikel -[status:"fertig"].

Direkt über den Suchergebnissen steht nun beispielsweise „5 Ergebnisse“, direkt dahinter ist ein kleines Symbol mit drei Punkten. Klicken Sie darauf und wählen Sie diesmal „Lesezeichen setzen“, um die dynamische Abfrage in den Lesezeichen zu speichern. Ein kleines Lupensymbol vor dem Titel kennzeichnet die dynamischen Lesezeichen.

Viele Möglichkeiten

Die mächtige Suche in Kombination mit der Lesezeichen-Funktion von Obsidian macht es einfach, passende Notizen schnell in einem umfangreichen Vault wiederzufinden. Die Lesezeichenfunktion von Obsidian kann in manchen Fällen sogar ein Dashboard ersetzen: Sie können für jeden Bereich eine eigene Gruppe anlegen und darin wichtige Dokumente, zugehörige Ordner und dynamische Lesezeichen kombinieren und so schnell auf alles Wichtige zugreifen. Wie so oft lohnt es sich, hier anfangs etwas Zeit zu investieren, um später schneller voranzukommen. (lmd@ct.de)

Literatur

[1] Stefan Wischner, Fast schon eine Datenbank, Einführung in dynamische Tabellen mit Obsidian Bases, c't 23/2025, S. 150

Hannover

**Maker
Faire®**

15.-16. August 2026



MAKE IT. SHOW IT.



**Du hast ein Projekt, einen Prototyp oder eine Idee,
die raus aus der Werkstatt will?**

Dann zeig sie auf der Maker Faire Hannover.

Wir suchen engagierte Maker, Bildungsinitiativen, Makerspaces, offene Werkstätten und Vereine, die Lust haben, ihre Projekte live zu präsentieren. Es stehen kostenfreie Standflächen zur Verfügung.

Der Call for Makers ist geöffnet – bewirb dich jetzt und werde Teil der nächsten Maker Faire Hannover.

Du hast Fragen oder bist dir noch unsicher?
Melde dich bei Kristina: krfi@maker-faire.de

Das Anmeldeformular findest du über den QR-Code.

maker-faire.de/hannover

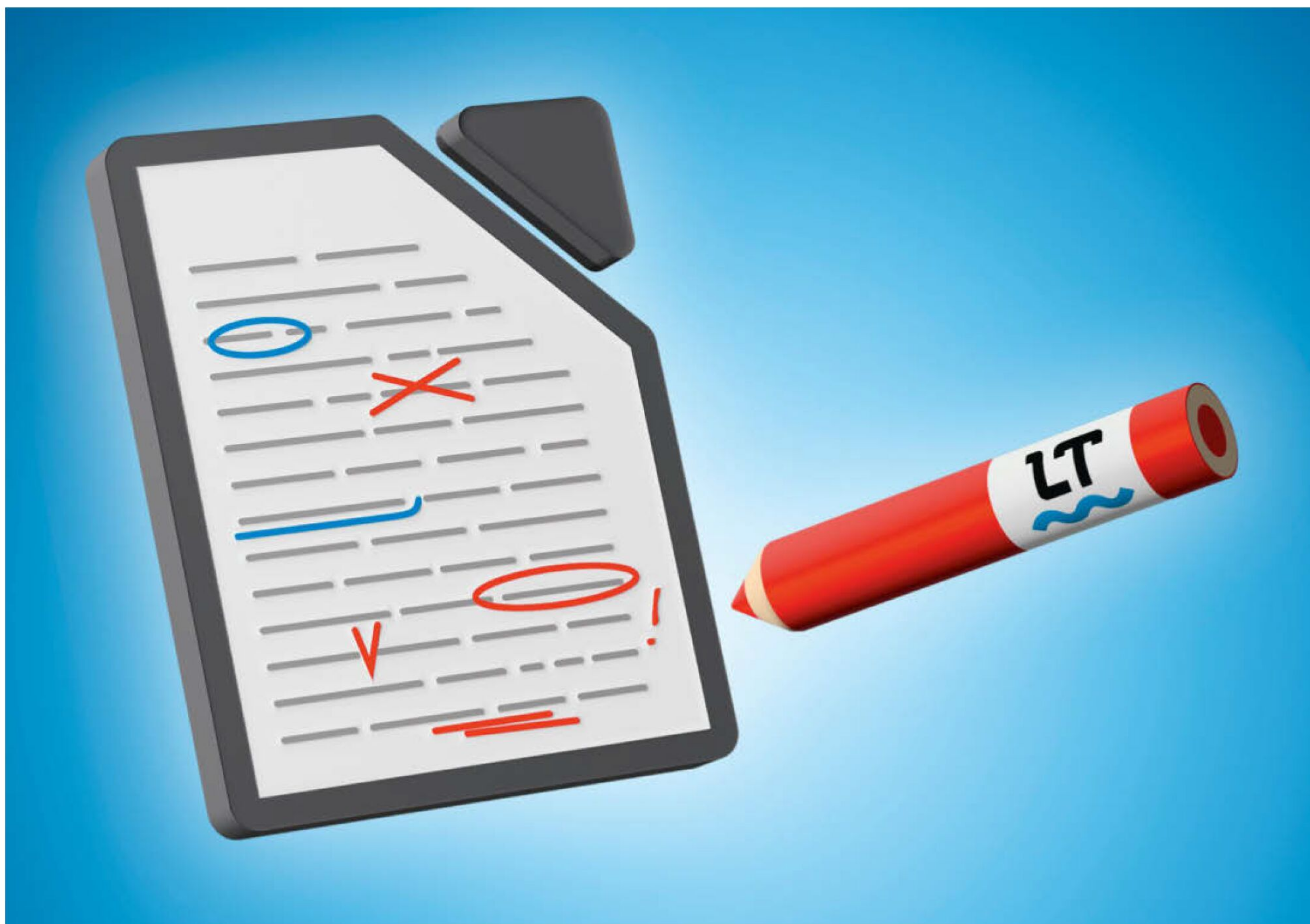


Bild: Ulrike Weis / heise medien

Alternatives Lektorat

Wie Sie LibreOffice mit der Rechtschreib- und Grammatikprüfung LanguageTool ausstatten

LibreOffice enthält eine ordentliche Rechtschreibprüfung. Die kümmert sich aber nicht um Grammatik, Zeichensetzung und Schreibstil. Das übernimmt auf Wunsch die Schreibhilfe LanguageTool, die Sie als Online-dienst oder lokale Installation in LibreOffice einbinden können. Wir erklären alle Methoden für Windows, macOS und Linux.

Von Stefan Wischner

Alle Module von LibreOffice stellen eine ordentliche Rechtschreibprüfung zur Verfügung. Sie nutzt die freie Hunspell-Bibliothek, die unter anderem auch in Firefox und Thunderbird arbeitet. Eine deutlich leistungsfähigere Alternative, die zudem auch Grammatik, Interpunktion und Schreibstil kontrolliert, ist das ursprünglich als kostenloses Open-Source-Projekt gestartete LanguageTool. Mittlerweile wird es von einem kommerziellen deutschen Anbieter auch als Webdienst angeboten, und zwar in einer kostenlosen und einer kostenpflichtigen KI-unterstützten Version.

LanguageTool nutzen Sie entweder über eine Webseite, in die Sie die zu prüfenden Texte per Zwischenablage einfügen, oder über ein Browser-Add-in. Letzteres ist webseitenübergreifend überall da aktiv, wo Sie Texte eingeben. In LibreOffice können Sie LanguageTool zudem parallel oder alternativ zum integrierten Spellchecker einrichten. Wenn Sie dem Onlinedienst keine Inhalte schicken möchten, haben Sie zudem die Möglichkeit, einen LanguageTool-Server lokal zu installieren. Somit verlassen Ihre zu prüfenden Texte nie den eigenen Rechner. Dieser Artikel zeigt alle Mög-

lichkeiten, LanguageTool in LibreOffice zu integrieren.

Die Onlineversion des LanguageTools gibt es in zwei Varianten. Die kostenlose reicht für Standardprüfungen auf Rechtschreib-, Satzzeichen- und Grammatikfehler. Nicht zahlende Nutzer der Onlineversion können Texte nur bis zu einer maximalen Länge von 2000 Zeichen prüfen lassen. Die als Abo buchbare Premium-Version findet deutlich mehr Fehler, bewertet den Schreibstil und bietet KI-gestützte Verbesserungsvorschläge. Die Abo-Version kostet bei jährlicher Zahlweise rund fünf Euro pro Monat. Kürzere Abrechnungszeiträume sind signifikant teurer.

Um LanguageTool via API zu nutzen, zum Beispiel von LibreOffice aus, ist kein Konto nötig. Das brauchen Sie nur, wenn Sie auch das Browser-Add-in oder den Web-Editor von LanguageTool verwenden möchten. Um ein kostenloses Konto einzurichten, öffnen Sie im Browser die Seite languagetool.org/de/register. Melden Sie sich mit Ihrem Google-, Apple- oder Facebook-Account an oder richten Sie ein Konto mit einer E-Mail-Adresse ein. Nach einer überspringbaren Umfrage erscheint das Angebot für die Premium-Version mit verschiedenen Zahlweisen. Hier können Sie auch das kostenlose Basis-Angebot wählen, indem Sie auf „Kostenfrei fortfahren“ klicken.

Einrichtung in LibreOffice

Es gibt zwei unterschiedliche Wege, die LibreOffice-Programme mit dem LanguageTool zu verbinden. Die einfachere ist die in LibreOffice seit der Version 7.4 vorhandene Integration. Sie funktioniert sowohl mit der kostenlosen als auch mit der Premium-Version von LanguageTool, ist aber noch etwas rudimentär. Die deutlich leistungsfähigere Anbindung erhalten Sie mit einer LibreOffice-Erweiterung. Dazu gleich mehr.

Die LibreOffice-eigene Anbindung ist mit wenigen Klicks eingerichtet, wobei die Vorgehensweise unter Windows, Linux und macOS nahezu identisch ist: Wählen Sie „Extras/Optionen.../Sprachen und Gebietsschemata/LanguageTool-Server“, beziehungsweise unter macOS „LibreOffice/Einstellungen.../Spracheinstellungen/LanguageTool Servereinstellungen“ und setzen Sie im rechten Bereich das Häkchen bei „LanguageTool aktivieren“. Für die kostenlose Online-Basisversion von LanguageTool tragen Sie in das Feld „Basis-URL“

<https://api.languagetool.org/v2> ein und lassen die übrigen Felder leer.

Verwenden Sie einen lokal installierten LanguageTool-Server anstelle der Online-Version, lautet die URL je nach verwendeter Port-Nummer (hier: 8081) zum Beispiel <http://localhost:8081/v2>. Mehr dazu, wie Sie einen lokalen Server einrichten und konfigurieren, lesen Sie weiter unten in diesem Artikel.

Für einen bezahlten LanguageTool-Account lautet die URL <https://api.languagetoolplus.com/v2>. Außerdem tragen Sie in die zugehörigen Felder noch Ihre User-ID, mit der Sie bei LanguageTool registriert sind, und einen API-Key ein. Letzteren bekommen Sie auf der LanguageTool-Webseite unter <https://languagetool.org/editor/settings/access-tokens>. Nach einem Klick auf „OK“ ist die Verbindung eingerichtet.

Nun müssen Sie LibreOffice noch anweisen, LanguageTool für Rechtschreib- und Grammatikprüfungen zu verwenden. Das machen Sie unter „Extras/Optionen.../Sprachen und Gebietsschemata/Linguistik“ (Windows, Linux), beziehungsweise „LibreOffice/Einstellungen.../Spracheinstellungen/Linguistik“ (macOS). Obwohl LanguageTool auch auf Rechtschreibfehler prüft, erscheint es in der folgenden Liste der verfügbaren Sprachmodule nur als „LanguageTool Remote-Grammatikprüfung“. Aktivieren Sie den Eintrag, indem Sie das Häkchen davor setzen. Sollte in der Liste der Lightproof Grammar Checker stehen, deaktivieren Sie ihn, da er sonst LanguageTool in die Quere kommt.

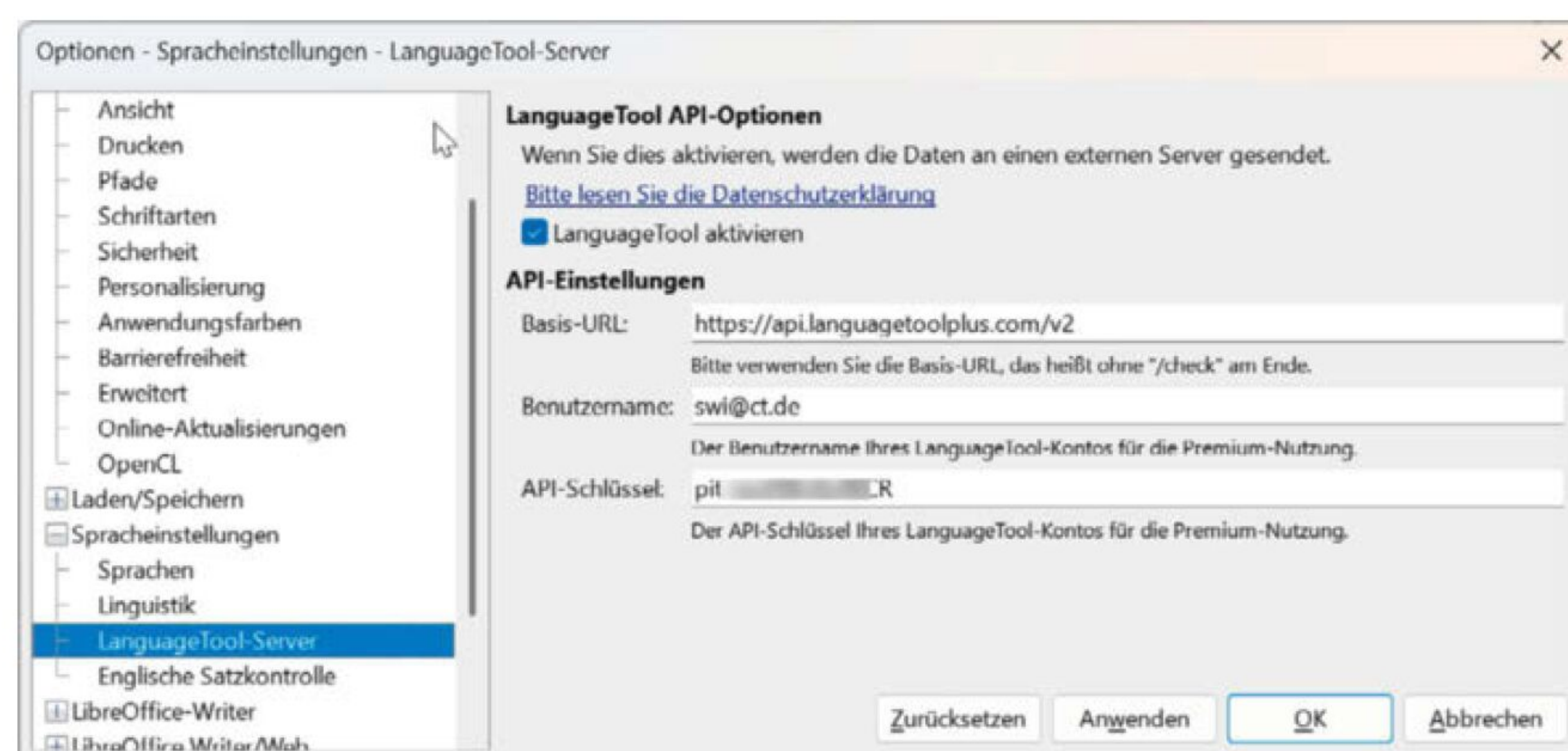
Wahlweise deaktivieren Sie die LibreOffice-eigene Hunspell-Rechtschreib-

ct kompakt

- LanguageTool prüft Texte deutlich umfangreicher als die eingebaute Rechtschreibkorrektur von LibreOffice. Sie können es nahtlos integrieren.
- Wie gründlich LanguageTool prüft, hängt davon ab, ob Sie die kostenlose Version von LanguageTool nutzen oder für ein Premium-Abo zahlen. Erstere lässt sich auch offline auf dem eigenen Rechner installieren.
- Wir zeigen unterschiedliche Installationsvarianten auf allen drei Desktop-Betriebssystemen.

prüfung. Sie können sie auch eingeschaltet lassen, wobei dann beide Prüfmechanismen parallel laufen. Im Test wirkte es aber so, dass dabei weniger Fehler gefunden wurden. Vermutlich wird ein Wort nicht als falsch markiert, wenn eine der beiden Prüfungen es in Ordnung findet. Es empfiehlt sich, LibreOffice nach den Einstellungsänderungen neu zu starten.

Rechtschreibfehler unterstreicht LanguageTool genau wie die integrierte Hunspell-Prüfung mit einer roten Wellenlinie und listet nach einem Rechtsklick im Kontextmenü Korrekturvorschläge auf. Dass die von LanguageTool kommen, zeigt sich nur an dem Hinweis „Möglicher Tippfehler gefunden“ oben im Menü. Bei der Hunspell-Prüfung fehlt diese Zeile. Grammatik-, Satzzeichen und Stilfehler



Um LanguageTool in LibreOffice einzubinden, müssen Sie die zur Version (Gratis oder Abo) passende URL eingeben. Die Premium-Version erfordert noch den Usernamen und API-Schlüssel.

werden andersfarbig markiert. Die Hinweise im Kontextmenü fallen leider extrem knapp aus. Das liegt nicht an LanguageTool, sondern daran, welche Antworten des Servers die LibreOffice-API-Anbindung wie auswertet. Nutzen Sie den Prüfdienst im Browser mit der passenden Erweiterung, mahnt der Kontextkasten eines monierten Worts beispielsweise Wortwiederholungen an und schlägt auch gleich Synonyme vor. Im LibreOffice-Kontextmenü steht oft nur „Entferne ein Wort“. Auch scheint LanguageTool in LibreOffice weniger Schreibweisen zu kritisieren als der Editor auf der LanguageTool-Webseite. Das mag damit zusammenhängen, dass es in der LibreOffice-eigenen LanguageTool-Integration keinerlei Einstellungsmöglichkeiten für die Prüfregele gibt.

Alternative LibreOffice-Erweiterung

Bis die Steuerung des LanguageTool-API verbessert ist, empfiehlt sich als Alternative ein LibreOffice-Add-in, das deutlich mehr Fehler findet und sich flexibel konfigurieren lässt. Die ursprüngliche offizielle Erweiterung der LanguageTool-Macher wird zwar nicht mehr unterstützt. Es gibt aber einen aktuellen Fork namens WritingTool, den Sie folgendermaßen einrichten:

Öffnen Sie in einem Browser die Webseite extensions.libreoffice.org, suchen Sie über das Eingabefeld nach „WritingTool“ und laden Sie die zugehörige Datei mit der Endung .oxt über „Download latest“ herunter. Alternativ finden Sie die Ergänzung auch auf der Homepage des Entwicklers. In einem LibreOffice-Modul, zum Beispiel Writer, öffnen Sie den Erweiterungsmanager über „Extras/Erweiterungen“ (Windows und Linux) oder „Extras/Erweiterungsmanager“ unter macOS. Klicken Sie auf „Hinzufügen“ und wählen Sie die heruntergeladene OXT-Datei aus. Wenn nach einem Klick auf „Öffnen“ eine Fehlermeldung erscheint, die auf ein fehlendes Java hinweist, müssen Sie zuerst eine Java-Laufzeitumgebung (Java Runtime Environment, JRE) ab Version 17 (am besten das Temurin JRE von Adoptium) installieren und in den LibreOffice-Einstellungen unter „Erweitert“ aktivieren.

Als Nächstes müssen Sie das WritingTool in LibreOffice einschalten. Das passiert wieder in den zuvor beschriebenen Linguistik-Einstellungen. Setzen Sie hier das Häkchen neben WritingTool. Stellen Sie zudem sicher, dass im Einstellungsbereich LanguageTool-Server der Haken bei „LanguageTool aktivieren“ nicht gesetzt ist und eventuell andere Grammatikprüfungen ausgeschaltet sind.

Ein aktives WritingTool macht sich an mehreren Stellen bemerkbar. Links steht nun eine Seitenleiste mit einigen Symbolen. Wenn Sie die Leiste stört, reicht ein Rechtsklick auf ein Symbol und die Auswahl von „Symbolleiste schließen“. Sie holen sie jederzeit über „Ansicht/Symbolleisten/WritingTool“ wieder hervor. Im Menü „Extras“ gibt es einen neuen Menüpunkt „WritingTool“ mit einem nach rechts ausklappenden Untermenü. Aus diesem wählen Sie „Optionen...“. Es öffnet sich ein Fenster mit mehreren Reitern, die zu allerlei Feineinstellungen führen. Sie können Grammatik- und Stilregeln justieren, das Prüfverhalten anpassen, die Farben für Fehlermarkierungen ändern und Einstellsätze in schnell wechselbaren Profilen speichern. Die Standardeinstellungen taugen für die meisten Anforderungen.

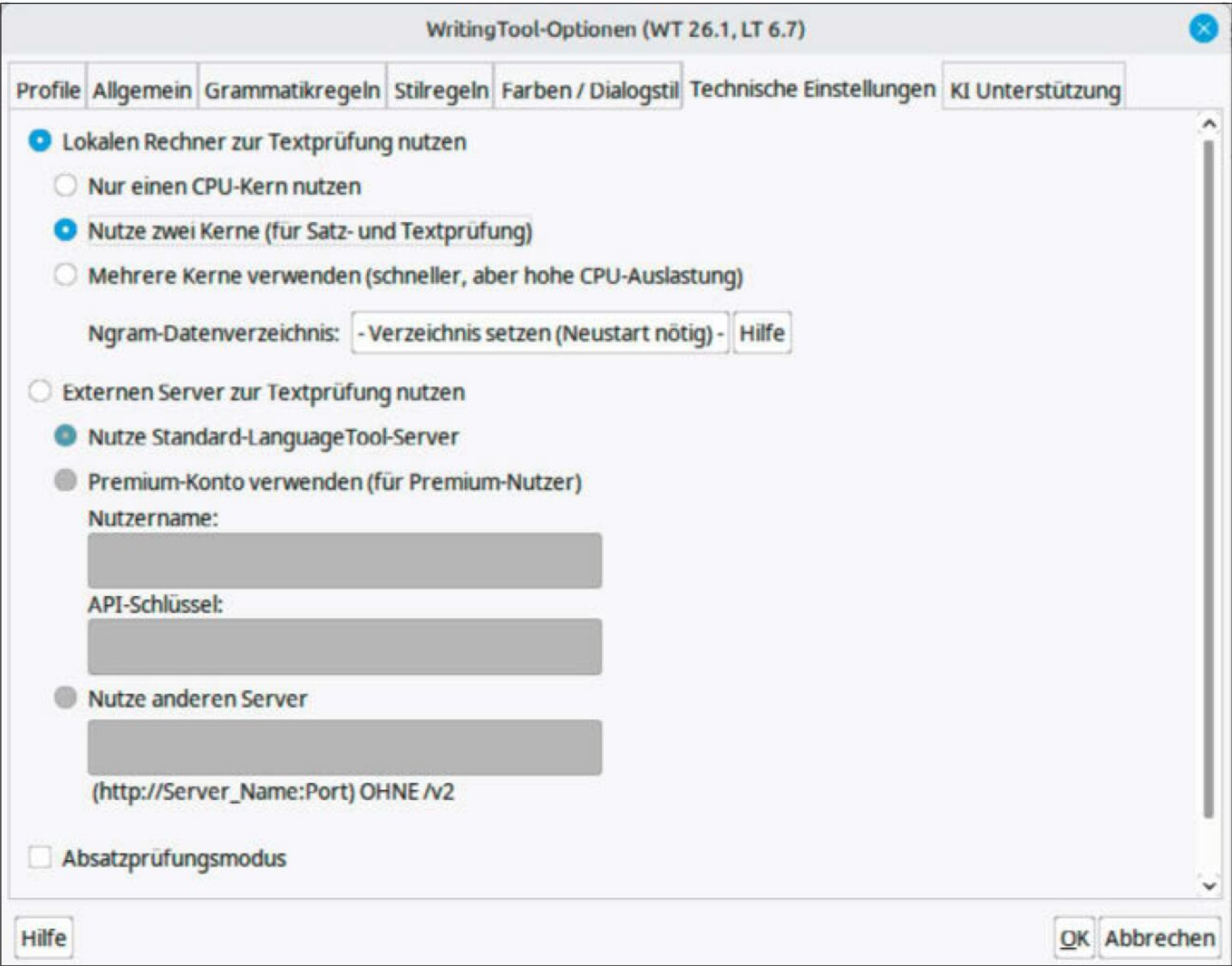
Sie können noch bestimmen, ob Sie die Onlineprüfung von LanguageTool nutzen möchten oder die Textkontrolle und -korrektur lieber lokal erledigen lassen. Denn WritingTool enthält bereits einen LanguageTool-Server, der rein lokal läuft und im Leistungsumfang in etwa der kostenlosen Onlineversion entspricht, allerdings ohne deren Textlängenbeschränkungen. Diese Offlineprüfung ist bereits voreingestellt. Im Reiter „Technische Einstellungen“ können Sie noch festlegen, wie viele CPU-Kerne sich an der Prüfung beteiligen dürfen.

Im selben Fenster können Sie auch zur Online-Prüfung wechseln. Aktivieren Sie dazu „Externen Server zur Textprüfung nutzen“. Für die Verbindung zum Premium-Abo füllen Sie die Felder „Nutzername“ und „API-Schlüssel“ aus, wie oben beschrieben. Eine URL zu LanguageTool müssen Sie nicht angeben, die ist intern automatisch gesetzt.

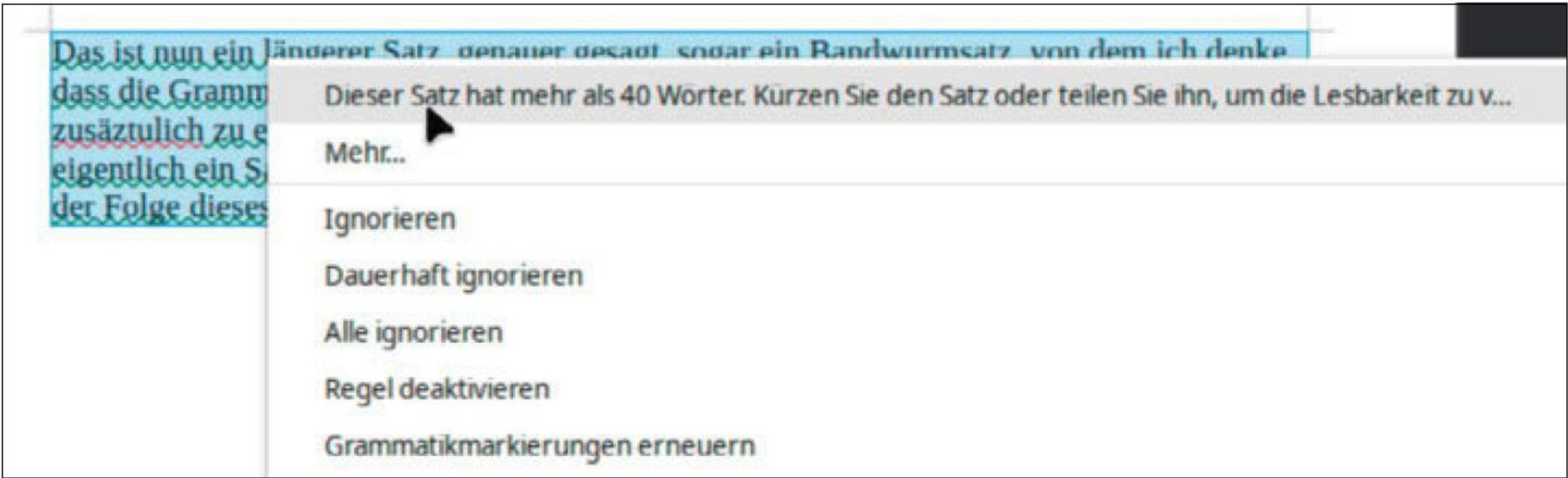
Rechtschreib-, Grammatik- und viele Stilfehler – zum Beispiel überlange Sätze – erscheinen wie üblich als verschiedenfarbige Wellenlinien unter den betreffenden Textstellen. Ein Rechtsklick erklärt den Fehler im Kontextmenü ausführlicher als die LibreOffice-eigene LanguageTool-Unterstützung. Wo sinnvoll, werden im Menü Verbesserungsvorschläge aufgelistet.

LanguageTool lokal installieren

Wenn Ihnen die geringere Leistung der LibreOffice-eigenen Anbindung reicht, Sie aus Gründen des Datenschutzes aber keine Inhalte an die LanguageTool-Server schicken möchten, können Sie auch einen



Die optionale LibreOffice-Erweiterung WritingTool enthält einen lokal laufenden LanguageTool-Server, den Sie in den Einstellungen alternativ zur Online-Prüfung wählen können.



Fehler werden wie gewohnt mit farbigen Unterstreichungen markiert. Im WritingTool-Add-on werden mehr Fehler angezeigt und kommentiert, zum Beispiel überlange Sätze.

lokalen Server einrichten. Anders als der in der WritingTool-Erweiterung lässt sich ein separater Server auch aus anderen Programmen mit LanguageTool-Unterstützung (meist mit entsprechenden Plug-ins) verwenden. Der lokale LanguageTool-Server entspricht in puncto Leistung und Prüfoptionen weitgehend der kostenlosen Online-Version, nur ohne deren Umfangsbeschränkungen. Die Vorteile eines Premium-Abos gibt es nicht. Alle für die folgenden Anleitungen relevanten Download-Links finden Sie über ct.de/yhgs.

... unter Windows

Der einfachste Weg, einen lokalen LanguageTool-Server unter Windows einzurichten, ist ein Docker-Container. Es gibt zwar auch eine alternative Methode über einen Aufruf von Java auf der Kommandozeile und die Einrichtung als Windows-Dienst; die ist jedoch deutlich komplexer, weshalb sich diese Anleitung auf die Docker-Methode beschränkt. Zunächst benötigen Sie Docker Desktop für Windows, das Sie von der offiziellen Docker-Homepage herunterladen. Dessen Setup-Programm richtet automatisch auch das ebenfalls erforderliche Linux-Subsystem WSL2 ein.

Nach erfolgreicher Installation, die ein bis zwei Windows-Neustarts fordert, sehen Sie den Begrüßungsdialog von Docker Desktop mit dem Angebot, ein Onlinekonto einzurichten. Das benötigen Sie nicht, um öffentlich verfügbare Docker-Images auszuführen. Überspringen Sie diesen und den folgenden Schritt mit einem Klick auf „Skip“. Wenn das Hauptfenster von Docker Desktop angezeigt wird, öffnen Sie die Settings mit einem Klick auf das Zahnradsymbol. Aktivieren Sie im Abschnitt „General“ den Punkt „Start Docker Desktop when you sign in to your computer“ und entfernen Sie das Häkchen bei „Open Docker Dashboard

when Docker Desktop starts“. Öffnen Sie als Nächstes eine Windows-Kommandozeile oder ein PowerShell-Fenster und geben Sie folgenden Befehl ein:

```
docker run -d --name languagetool \
-p 8081:8010 \
--restart unless-stopped \
erikvl87/languagetool
```

Damit wird der Container mit dem LanguageTool-Server heruntergeladen und gestartet. Er ist auf dem lokalen Rechner unter der Portnummer 8081 erreichbar. Ob alles geklappt hat, testen Sie am besten in einem Browser mit der URL <http://localhost:8081/v2/languages>. Wenn Sie eine Liste der unterstützten Sprachen im JSON-Format sehen, läuft der Server. Mit LibreOffice verbinden Sie ihn so wie im Abschnitt „Einrichtung in LibreOffice“ beschrieben. Als URL tragen Sie <http://localhost:8081/v2> ein. Die Felder für Benutzernamen und API-Key lassen Sie leer.

... unter macOS

Auch unter macOS gibt es unterschiedliche Methoden, einen lokalen LanguageTool-Server einzurichten. Die Einfachste nutzt den Paketmanager Homebrew. Wenn Sie den noch nicht installiert haben, erledigen Sie das im Terminal mit folgendem Befehl:

```
/bin/bash -c "$(curl -fsSL \
https://raw.githubusercontent.com\
Homebrew/install/HEAD/install.sh)"
```

Ist er eingerichtet, installieren Sie LanguageTool mit `brew install languagetool`. Dann richten Sie den Server noch als Dienst ein, der automatisch mit dem System startet: `brew services start languagetool`. Fertig, der Server läuft jetzt unter <http://localhost:8081>. In LibreOffice und anderen Programmen, die eine An-

Copilot in Microsoft 365

Lerne, wie du mit dem KI-Assistenten Copilot deine tägliche Arbeit effizienter und kreativer gestalten kannst.

Entra ID - Neuerungen in Q4/2025

NEU

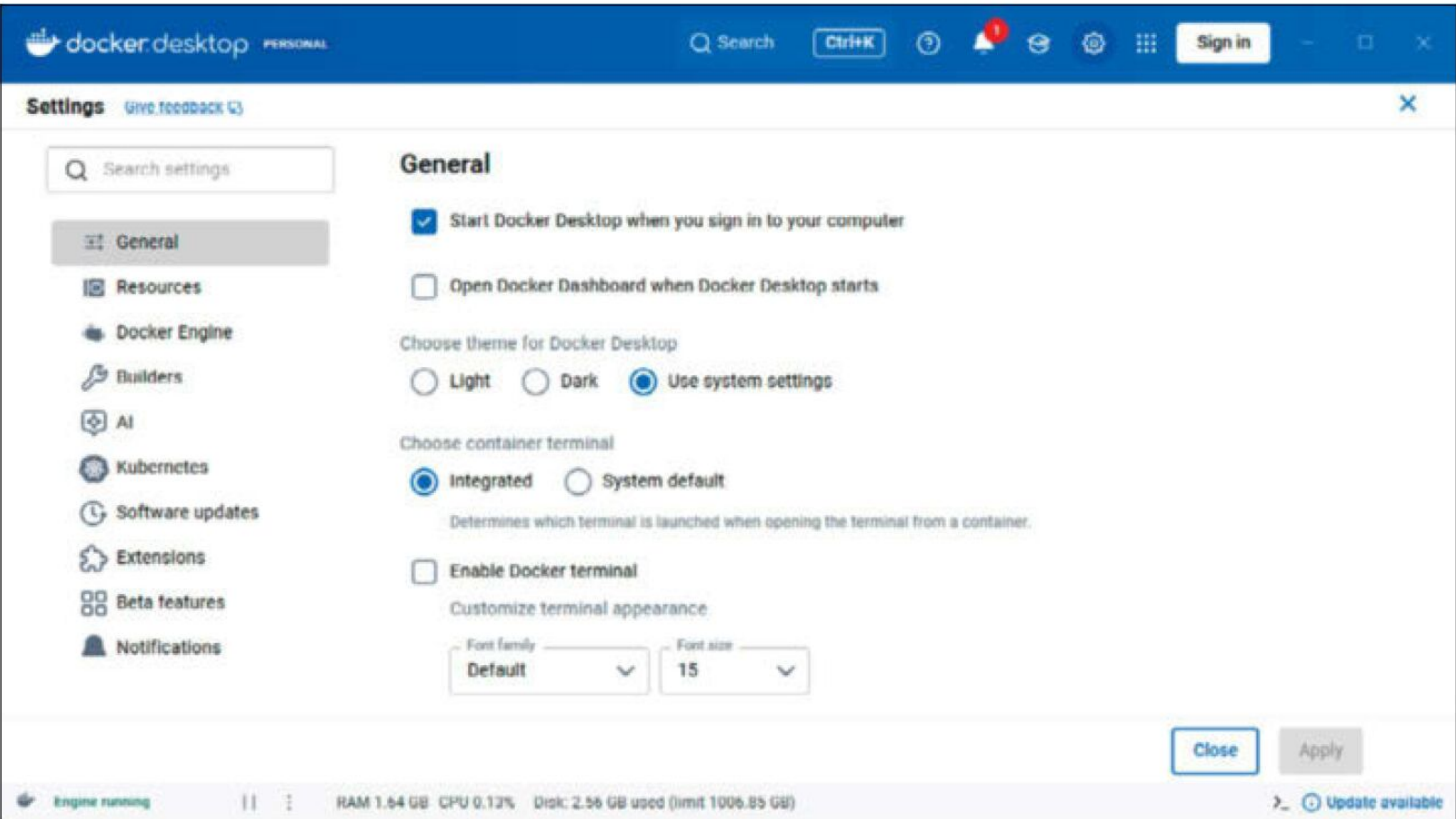
Deep Learning – Teil 3: Textverarbeitung

Widme dich in diesem Videokurs der Verarbeitung von Sprache und Text mit modernen neuronalen Netzarchitekturen.

Videokurse für IT-Professionals

Jetzt entdecken:

> heise-academy.de



Docker Desktop (hier unter Windows) bietet eine einfache Möglichkeit, lokale Docker-Container auszuführen. Außer dem Autostart müssen Sie nichts konfigurieren.

bindung an LanguageTool bieten, tragen Sie als URL `http://localhost:8081/v2` ein.

Eine Alternative ist ein Docker-Container. Das funktioniert ähnlich wie unter Windows, statt des Windows Subsystem für Linux nutzt Docker unter macOS eine leichtgewichtige VM. Laden Sie von der Docker-Webseite) das zur von Ihrem Mac verwendeten CPU-Familie (Intel oder Apple Silicon) passende Desktop-Programm herunter, installieren Sie die heruntergeladene DMG-Datei und starten Sie Docker Desktop. Aktivieren Sie in den Einstellungen den Autostart ohne Docker-Desktop-Oberfläche, wie zuvor für Windows beschrieben. Anschließend öffnen Sie das Terminal und geben dieselbe `docker run`-Befehlszeile ein wie im Windows-Abschnitt

Ob der Container ordnungsgemäß läuft, testen Sie wie beschrieben im Browser mit der URL `http://localhost:8081/v2/languages`. In den Spracheinstellungen von LibreOffice (und gegebenenfalls anderen Programmen mit LanguageTool-Unterstützung) tragen Sie als URL `http://localhost:8081/v2` ein.

Als dritte Option ist auch eine manuelle Installation des LanguageTool-Pakets

möglich. Es wird dann über Java (das gegebenenfalls auch zuerst zu installieren ist, was bei der Docker- und Homebrew-Methode entfällt) gestartet und erfordert einiges an Skripterei für Autostart als Anmeldeobjekt oder über den Launch-Agenten. Das ist wesentlich komplexer und fehleranfälliger als die beiden gezeigten Optionen, weshalb diese Anleitung nicht weiter darauf eingeht.

... unter Linux

Auch unter Linux gibt es mehrere Möglichkeiten, den lokalen LanguageTool-Server zu installieren. Für die manuelle Einrichtung gilt in noch größerem Maße dasselbe wie bei macOS: Sie ist möglich, aber nur für versierte Nutzer. Sie erfordert gegebenenfalls die Installation von Java, das Herunterladen und manuelle Entpacken der LanguageTool-Dateien, je nach Distribution unterschiedliche Autostart- oder Systemd-Skripte und manuelle Updates.

Alternativ bietet sich auch unter Linux das Docker-Image von LanguageTool an. Wem die manuelle Einrichtung der Docker-Engine zu kompliziert ist (eine Anleitung finden Sie in einem kostenlosen Onlineartikel, zu finden über `ct.de/yhgs`),

kann auch unter Linux die GUI-Variante „Docker Desktop“ installieren. Das ist ein wenig aufwendiger als unter Windows und macOS. Die Downloadseite führt nach Auswahl von „Download for Linux“ aber zu einer gut strukturierten Dokumentationsseite mit Anleitungen für alle gängigen Distributionen. Der `docker run`-Terminal-Befehl, mit dem Sie das LanguageTool-Image herunterladen und starten, ist derselbe wie unter Windows und macOS. Auch die Einstellungen für den Autostart ohne die grafische Oberfläche von Docker Desktop zu öffnen, entsprechen der vorigen Beschreibung für die macOS-Version.

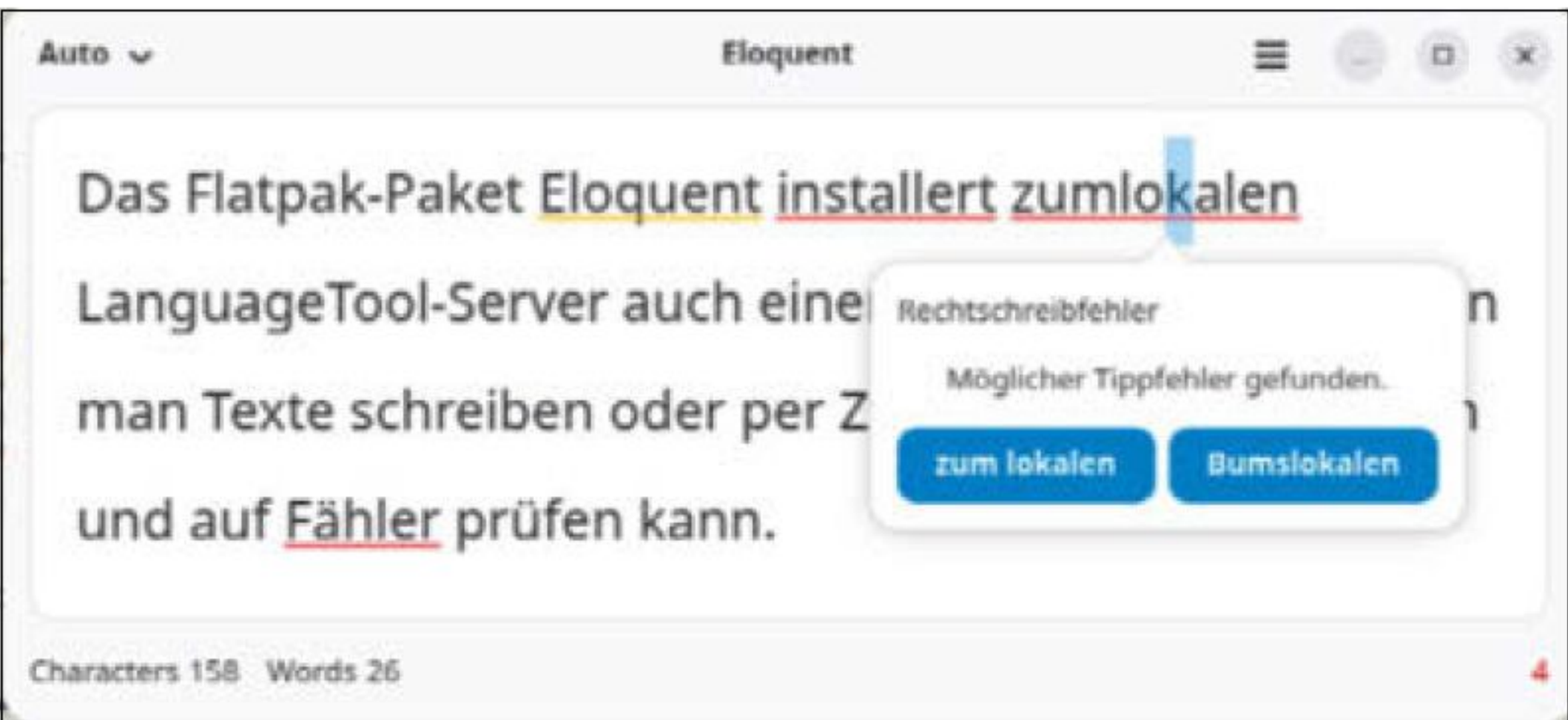
Noch einfacher als ein Docker-Container ist die Installation als Flatpak-Anwendung. Sie ist mit einer für alle Linux-Distributionen identischen Befehlszeile eingerichtet, enthält außer dem LanguageTool-Server auch die Java-Runtime und sogar eine eigene grafische Bedienoberfläche mit Texteditor, ähnlich dem auf der LanguageTool-Webseite. Viele aktuelle Linux-Distributionen enthalten bereits eine Flatpak-Unterstützung. Ob das der Fall ist, können Sie im Terminal mit dem Befehl `flatpak --version` testen. Fehlt sie, finden Sie eine einfache Installationsanleitung für alle gängigen Distributionen auf `flatpak.org`. Ist Flatpak eingerichtet, installieren Sie LanguageTool – genauer: das integrierte LanguageTool Paket „Eloquent“ – mit folgendem Befehl im Terminal: `flatpak install flathub re.sonny.Eloquent`. Nach erfolgreicher Installation starten Sie das Tool mit `flatpak run re.sonny.Eloquent`, fertig.

Übrigens: Den Docker-Container können Sie auch auf einem Linux-Server im LAN, einem Docker-fähigen NAS-Speicher oder NAS-Betriebssystem (zum Beispiel Unraid) installieren. LanguageTool steht dann allen Nutzern im Netzwerk zur Verfügung.

Fazit

LibreOffice mit dem LanguageTool zu verbinden, ist je nach Methode und Version nur eine Sache von wenigen Klicks bis zu ein paar Minuten Aufwand. Die kostenlosen Online- und Offline-Varianten erweitern die vorhandene Rechtschreibprüfung um grundlegende Grammatik- und Zeichensetzungshilfen. Deutlich umfangreichere Unterstützung inklusive Stilkontrolle und KI-Analysen bietet die kostenpflichtige Premium-Version. (swi@ct.de) **ct**

Alle Links aus dem Artikel: ct.de/yhgs



Das Flatpak-Paket Eloquent für Linux enthält außer einem lokalen LanguageTool-Server auch einen einfachen Texteditor mit Prüffunktion.

WIR TEILEN KEIN HALBWISSEN. WIR SCHAFFEN FACHWISSEN.



Webinar

26. März

MCP verstehen: So arbeiten KI-Agenten für Sie

Wir stellen vor, was es mit dem Model Context Protocol auf sich hat, wie man sie im Alltag einsetzt und welche neuen und altbekannten Sicherheitslücken MCP aufreißt.



Webinar

15. April

Jira verstehen und nutzen

Der Referent gibt einen Überblick über wichtige Werkzeuge und praktische Tipps, die Ihnen den Arbeitsalltag erleichtern.



Workshop

16. + 23. April

CI/CD mit GitLab

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



Webinar

22. April

Windows 11 verstehen statt erdulden

Dieses Webinar gibt einen kompakten Überblick über Windows 11 für Endanwender.



Workshop

30. April

Observability für Kubernetes-Umgebungen

Sie entwickeln praxisnahe Strukturen für eine konsistente, teamorientierte Nutzung. Im Mittelpunkt steht nicht die Technik, sondern die Zusammenarbeit.



Webinar

19. Mai

Linux für Ein- und Umsteiger

Linux gilt vielen noch immer als kompliziert und sperrig. Dieses Webinar zeigt, wie sich das freie Betriebssystem heute im Alltag schlägt.



Mehr anzeigen ▼

heise.de/ct/Events



Bild: Jessica Nachtigall / KI / heise medien

Auf ein Wort

YouTube per Bookmarklet ohne abstruse Übersetzungen nutzen

Haarsträubende Übersetzungen und Synchronisierungen sind auf YouTube Alltag. Ein Klick auf ein simples Bookmarklet schaltet temporär auf die Originalsprache um und erspart Ihnen künstliche Sprachschwierigkeiten.

Von Mirko Dölle

Kennen Sie den Hit „Nichts ist mit dir zu vergleichen“? Ganz bestimmt, auch wenn es kein deutscher Songist, hat Sinead O'Connor damit wochenlang die deutschen Charts angeführt. „Nothing Compares 2 U“ ist nur ein Beispiel für vielleicht gut gemeinte, aber völlig unsinnige Übersetzungen auf „Du Röhre“ – Pardon, natürlich YouTube. Auch die automatisch synchronisierten Schreie und Halbsätze in den „viralen Sofort-Reue-Momenten“ der „Pannen Armee“ vermiesen einem die „Benutzererfahrung“ nachhaltig. Mit einem deutschen Benutzerkonto kann man sich gar nicht schnell genug durch die Einstellungen des Videos hangeln, um auf

die Originaltonspur zu wechseln – immer und immer wieder.

Stimmt die beim Video-Upload eingestellte Sprache nicht mit der des Nutzers überein und gibt es eine vom Content Creator hochgeladene oder von YouTube automatisch KI-generierte Übersetzung in der Anwendersprache, präsentiert Ihnen YouTube diese gnadenlos. Die pragmatische Lösung, um nicht mit schlechten Übersetzungen malträtiert zu werden, ist, ständig die Spracheinstellung des eigenen Benutzerkontos zu ändern. Mit einem einfachen Bookmarklet ändern Sie die Spracheinstellungen temporär, nur für das betreffende Video, mit nur einem Klick.

ct kompakt

- YouTube nervt mit unverlangten KI-Synchronisierungen und Übersetzungen, sobald ein Video in einer anderen als der Benutzersprache abgespielt wird.
- Wird die URL des Videos um zwei Parameter ergänzt, ändert sich die Spracheinstellung temporär, wodurch das Video in Originalsprache abgespielt wird.
- Ein Bookmarklet in JavaScript automatisiert die Sprachumschaltung und entfernt auf Wunsch zudem Playlists.

Bookmarklets sind kleine JavaScript-Programme, die als Lesezeichen im Browser gespeichert werden. In der Lesezeichenleiste des Browsers sind sie besonders leicht zugänglich. Damit die Lesezeichenleiste dauerhaft und nicht etwa nur in einem Tab angezeigt wird, aktivieren Sie diese zum Beispiel in Chrome mit der Tastenkombination **Strg+Umschalt+B** oder in den Einstellungen unter „Lesezeichen anzeigen“. Starten Sie ein Bookmarklet mit einem Klick auf das Lesezeichen, so wird es im Kontext der gerade angezeigten Website ausgeführt, konkret im Kontext des `window`-Objekts. So kann das Java-

Script-Programm auf alle Elemente der Website zugreifen und sie auch manipulieren. Eine Einführung in die Bookmarklet-Programmierung haben wir in [1] veröffentlicht.

Für den Wechsel zu Englisch muss das Bookmarklet die aktuelle Seite mit zusätzlichen Parametern laden, nämlich dem offiziell dokumentierten Parameter `hl=en` für die Sprachauswahl und dem undokumentierten Parameter `persist_hl=1` – der dafür sorgt, dass die Sprachumschaltung einmalig nach dem automatischen Neu-laden der Seite wirksam bleibt.

Sprache als Parameter

Die URL eines YouTube-Videos, als Beispiel `https://www.youtube.com/watch?v=0-EF60neguk` mit dem Song von Sinéad O'Connor, enthält ohnehin schon die Video-ID `0-EF60neguk` als GET-Parameter `v`. Ein „schneller und schmutziger Hack“, um bei YouTube-Übersetzungen zu bleiben, besteht darin, die Parameter `hl` und `persist_hl` ebenfalls als GET-Parameter anzuhängen. Das erledigt folgender JavaScript-Befehl:

```
location+="&hl=en&persist_hl=1";
```

Da der JavaScript-Code wie schon erwähnt im Kontext des `window`-Objekts der Webseite ausgeführt wird, spricht `location` die Eigenschaft `window.location` an. Will man den Code kurz halten, damit er leicht abzutippen ist, kann man auf die Angabe des

`window`-Objekts verzichten. Ebenso ist es erlaubt, `location` direkt eine URL zuzuweisen, anstatt `location.href` zu verwenden. Welche Eigenschaften `window` und andere Objekte im Browser haben, erfahren Sie zum Beispiel in der Entwicklerdokumentation des Mozilla-Projekts.

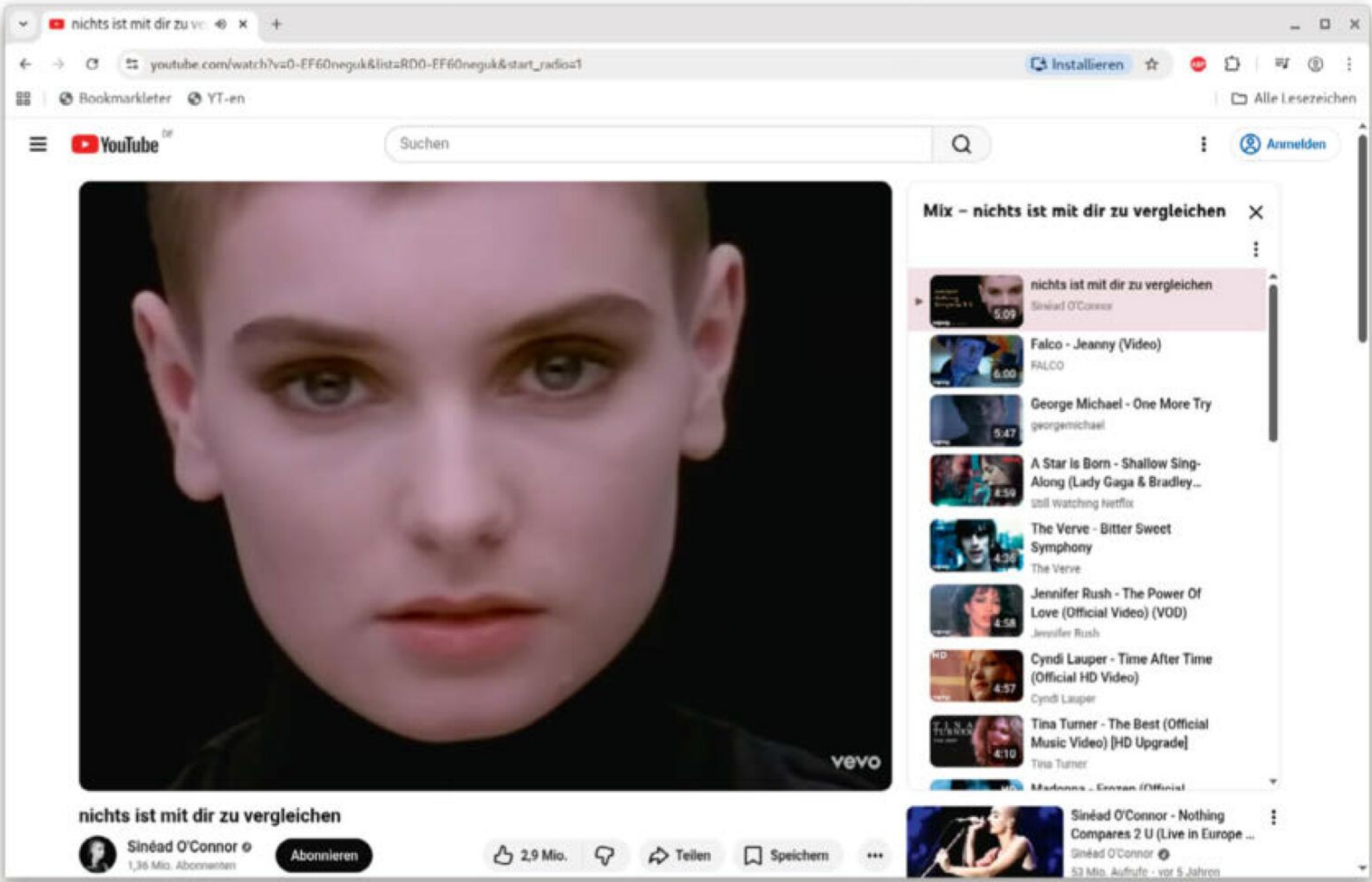
Damit aus der Codezeile ein Bookmarklet wird, speichern Sie zunächst die Videoseite als herkömmliches Bookmark in der Lesezeichenleiste Ihres Browsers. Dann klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Lesezeichen, dann auf „Bearbeiten“. Entfernen Sie in der URL-Zeile die vorhandene Adresse und tragen Sie `javascript:` und dahinter den JavaScript-Code ein. Die vollständige URL des Bookmark(let)s lautet somit:

```
javascript:location+="&hl=en&persist_hl=1";
```

Auch die Bezeichnung sollten Sie ändern, `YT-en` wäre passend. Da sich Bookmarklets häufig vermehren, sobald man einmal damit angefangen hat, ist eine kurze Bezeichnung von Vorteil. Speichern Sie das Bookmarklet.

Der Quick-and-dirty-Hack ist wenig praxistauglich, er klatscht die beiden Parameter einfach an jede URL, ganz egal, ob es sich um ein YouTube-Video oder eine völlig andere Seite handelt. Damit das nur bei YouTube-Videos geschieht, ergänzen Sie den Code um eine URL-Überprüfung:

Unsinnige Übersetzungen, KI-generierte Synchronisierungen und Playlists, um die niemand gebeten hat, nerven im Alltag auf YouTube. Abhilfe schafft das Bookmarklet „YT-en“ in der Lesezeichenleiste, das die Sprache temporär wechselt.




```
const url = window.location.href;
if (url.startsWith(
  "https://www.youtube.com/watch")) {
  window.location.href +=
  "&hl=en&persist_hl=1";
}
```

Um Bookmarklets lesbar und wartbar zu halten, empfehlen wir, auf Verkürzungen zu verzichten – weshalb wir `window.location.href` statt nur `location` verwendet haben.

Die Funktionsweise des Programms ist schnell erklärt: Zunächst wird die URL der aktuellen Seite (`window.location.href`) als String in der Konstanten `url` gespeichert. Anschließend prüft die String-Funktion `startsWith()`, ob die in `url` gespeicherte Adresse mit `https://www.youtube.com/watch` beginnt – es sich also um die URL eines YouTube-Videos handelt. Erst dann werden, wiederum wenig elegant, die bei-

den GET-Parameter an die URL angehängt und somit die Seite neu geladen.

Von JavaScript zum Bookmarklet

Um den Code als Bookmarklet zu speichern, empfehlen wir den Bookmarkleter von Chris Zarate. Das Onlinetool entfernt nicht nur Leerzeilen, es konvertiert problematische Zeichen (URL-Encoding), vereinfacht den Code, verkürzt Variablennamen, schließt den Code in einer sogenannten IIFE (Immediately Invoked Function Expression) ein und stellt `javascript:` voran:

```
javascript:void function(){
  ...
}();
```

Die IIFE als namenlose, automatisch gestartete Funktion ist wichtig, um Namensräume zwischen dem JavaScript-Code der

Website und dem Code Ihres Bookmarklets voneinander abzugrenzen. So könnte es `url` bereits als Variable im Code der Seite geben. Ohne IIFE würde diese Variable durch den Code des Bookmarklets mit der URL der Seite überschrieben.

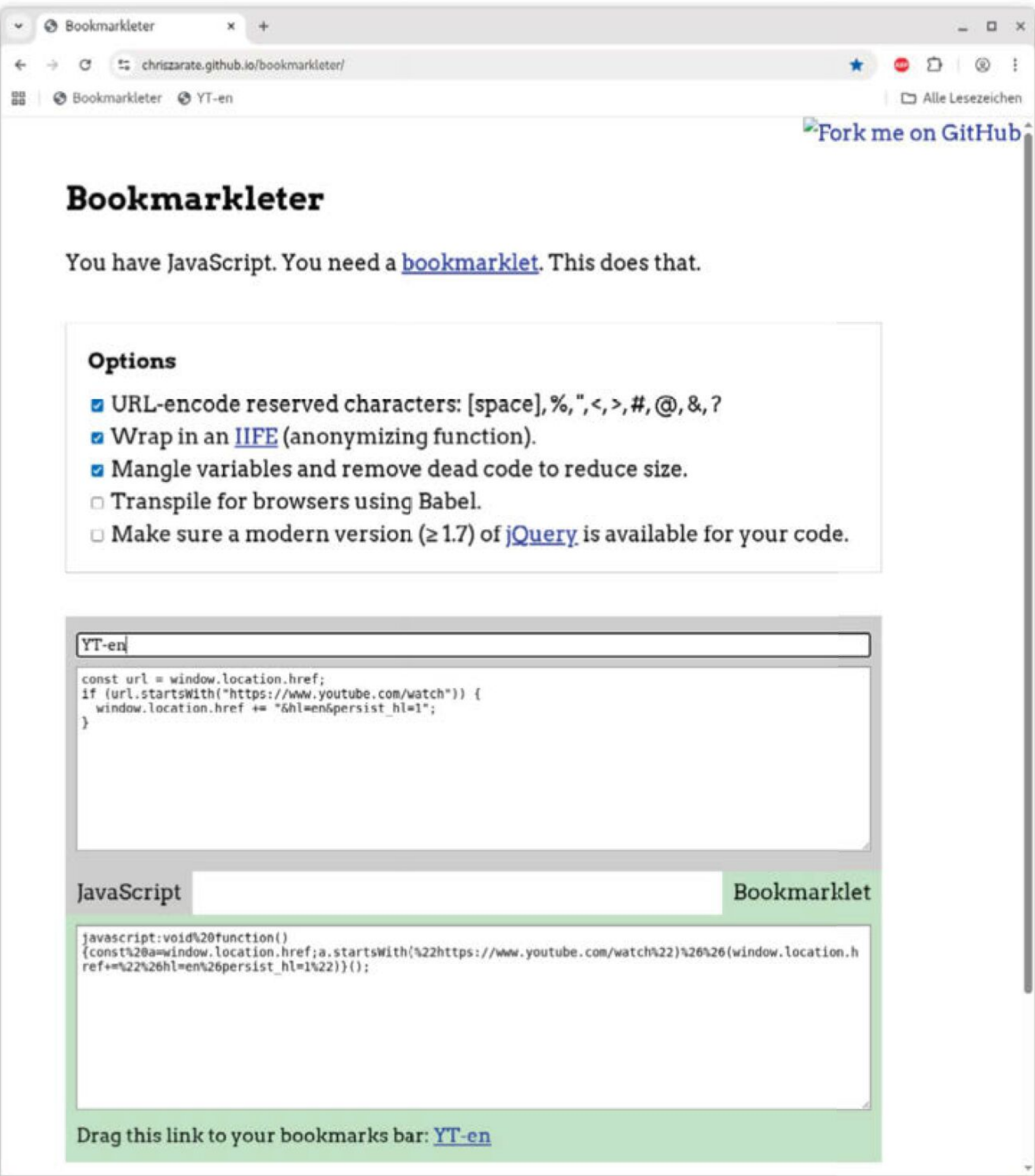
Dadurch, dass Bookmarkleter Ihren Code in die IIFE steckt, verdecken Sie einfach nur die Website-Variable `url` und definieren eine neue Konstante mit dem gleichen Namen – die außerhalb der IIFE nicht existiert. Deshalb sind Deklarationen und Definitionen von Variablen in Ihrem Bookmarklet-Code wichtig, denn nur so entsteht eine neue Instanz. Ohne Deklaration mittels `const` oder `var` greifen Sie auf etwaige vorhandene (globale) Variablen der Website zu und verändern diese. Das kann gewollt sein, etwa um in Skripte der Seite einzugreifen, meist ist es aber unerwünscht. Deshalb sollten Sie Ihre Bookmarklets vom Bookmarkleter stets in IIFE verpacken lassen.

Wenn Sie Ihrem Code im Bookmarkleter einen Namen verpassen, dann ändert sich auch der Name des Links unter dem Ausgabefenster. Diesen Link ziehen Sie per Drag & Drop direkt in die Lesezeichenleiste Ihres Browsers und speichern ihn somit unter dem korrekten Namen und in der korrekten Form. Dieses Vorgehen empfehlen wir auch für alle nachfolgenden Beispiele und werden nur noch den Code thematisieren, der vom Bookmarkleter in die IIFE eingebettet werden soll.

Bis hier eignet sich das Bookmarklet lediglich für YouTube-Videos, nicht jedoch für Shorts: Bei Shorts steckt die Video-ID nicht in einem GET-Parameter, sondern sie ist Teil des Pfads, wie zum Beispiel bei `https://www.youtube.com/shorts/TAi1kB_cUAE`. GET-Parameter müssen aber mit einem Fragezeichen vom Pfad getrennt werden, das Und-Zeichen dient dann als Trennzeichen zwischen mehreren GET-Parametern. Wollte man weiterhin die GET-Parameter für die Spracheinstellungen ganz banal an die URL anhängen, müsste man zwischen Shorts und Videos unterscheiden und dann entsprechend mit Fragezeichen oder Und-Zeichen arbeiten.

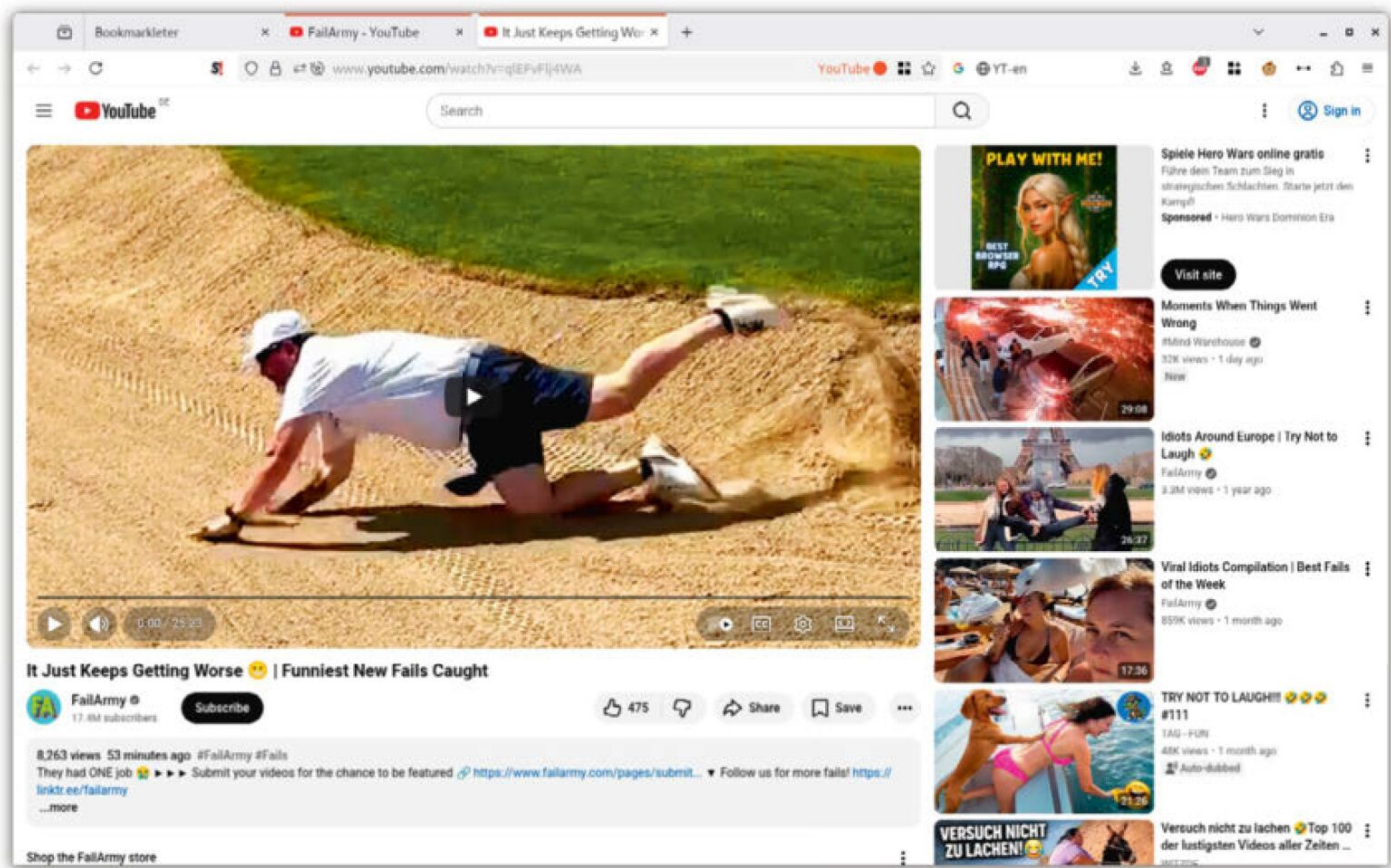
Objektorientiert flexibler

Viel flexibler ist es, die URL der Seite in einem URL-Objekt zu speichern, das viele nützliche Funktionen für die weitere Verarbeitung bietet und die nötigen Trennzeichen in der URL selbst erzeugt. Das sieht dann so aus:



Der Bookmarkleter macht aus dem JavaScript-Code ein Bookmarklet, indem er den Code in eine Funktion einschließt und problematische Zeichen konvertiert.

Schluss mit peinlichen Übersetzungen: Haben Sie das Bookmarklet angeklickt, lädt es die Seite auf Englisch. Das ändert nicht nur Titel und Untertitel, Sie erhalten außerdem wieder den Originalton und keine KI-generierte Synchronisierung.



```
var url = new URL
(window.location.href);
if (url.hostname.endsWith
("youtube.com")) {
    url.searchParams.append
("hl", "en");
    url.searchParams.append
("persist_hl", 1);
    window.location.href = url.href;
}
```

Die wichtigste Änderung: `url` ist nun eine Variable und enthält ein URL-Objekt, das aus der Adresse der aktuellen Internetseite neu erzeugt wird. Mit `url.hostname` erhalten Sie lediglich den Domain-Teil der URL, zum Beispiel „www.youtube.com“, aber auch „m.youtube.com“, wenn es sich um Links von Mobilgeräten handelt. Damit die Sprachumschaltung in beiden Fällen vorgenommen wird, prüft das Bookmarklet mit `url.hostname.endsWith()` nur das Ende der Domain.

Mit `url.searchParams` haben Sie Zugriff auf die GET-Parameter der URL, sowohl lesend als auch schreibend. Die Funktion `append()` fügt neue Parameter hinzu, hier die beiden für die Sprachumschaltung wichtigen. Anschließend liefert `url.href` die vollständige URL inklusive aller Parameter zurück und lädt die Seite neu. Das funktioniert für Videos genauso wie für Shorts und Playlists.

Apropos Playlists, diese sind für manche ein weiteres Ärgernis: Sucht man nach

einem Song, liefert YouTube inzwischen irgendeine Playlist als Ergebnis, die den Song enthält. Mit der Folge, dass YouTube automatisch die ganze Playlist abspielt und man dies auch nicht mehr dadurch stoppen kann, dass man Autoplay abschaltet. Denn enthält die URL eine Playlist, verschwindet der Autoplay-Knopf aus der Bedienoberfläche.

Anhand des Pfads innerhalb der URL lässt sich feststellen, ob es sich um eine manuell aufgerufene Playlist handelt, dieser beginnt mit „/playlist“, oder um ein in einer Playlist eingebettetes Video – dessen Pfad beginnt mit „/watch“.

Bei Videos mit Playlist werden gleich drei Parameter gesetzt – die entfernt werden müssen: `list`, `start_radio` und `pp`. Das ist über das URL-Objekt einfach:

```
var url = new URL
(window.location.href);
if (url.hostname.endsWith
("youtube.com")) {
    if (url.pathname == "/watch") {
        url.searchParams.delete("list");
        url.searchParams.delete
("start_radio");
        url.searchParams.delete("pp");
    }
    url.searchParams.append("hl", "en");
    url.searchParams.append
("persist_hl", 1);
    window.location.href = url.href;
}
```

Damit erscheint auch der Autoplay-Knopf wieder in den Bedienelementen.

Nervig oder nützlich?

Ob man die KI-generierten Synchronisierungen und Sprachwechsel nervig oder nützlich findet, hängt nicht zuletzt von den bevorzugten Videos und den eigenen Sprachkünsten ab. Wer gut Englisch spricht, wird keine deutsche KI-Synchronisierung mit holpriger Sprechweise und kaum erträglichen Stimmen brauchen. Genauso unsinnig ist es, Musikvideos wie das von Sinead O'Connor zu übersetzen. Immerhin scheint der YouTube-Algorithmus Musikvideos zu erkennen und erspart den Nutzern KI-Synchronisierungen des Gesangs.

Suchen Sie hingegen nach Anleitungen oder schauen sich Dokumentationen an, können Ihnen automatisch übersetzte Untertitel oder KI-Synchronisierungen Videos in fremden Sprachen erschließen, die Sie andernfalls nicht verstehen würden. Mit einem oder gar mehreren Bookmarklets, die bei Ihnen bekannten Sprachen Übersetzungen und Synchronisierungen verhindern, schonen Sie Ihre Nerven. (mid@ct.de) ct

Literatur

[1] Mirko Dölle, Lesezeichner, Mehr Surf-Komfort durch eigene Bookmarklets, c't 2/2026, S. 122

Bookmarklets zum Download:
ct.de/ywhq

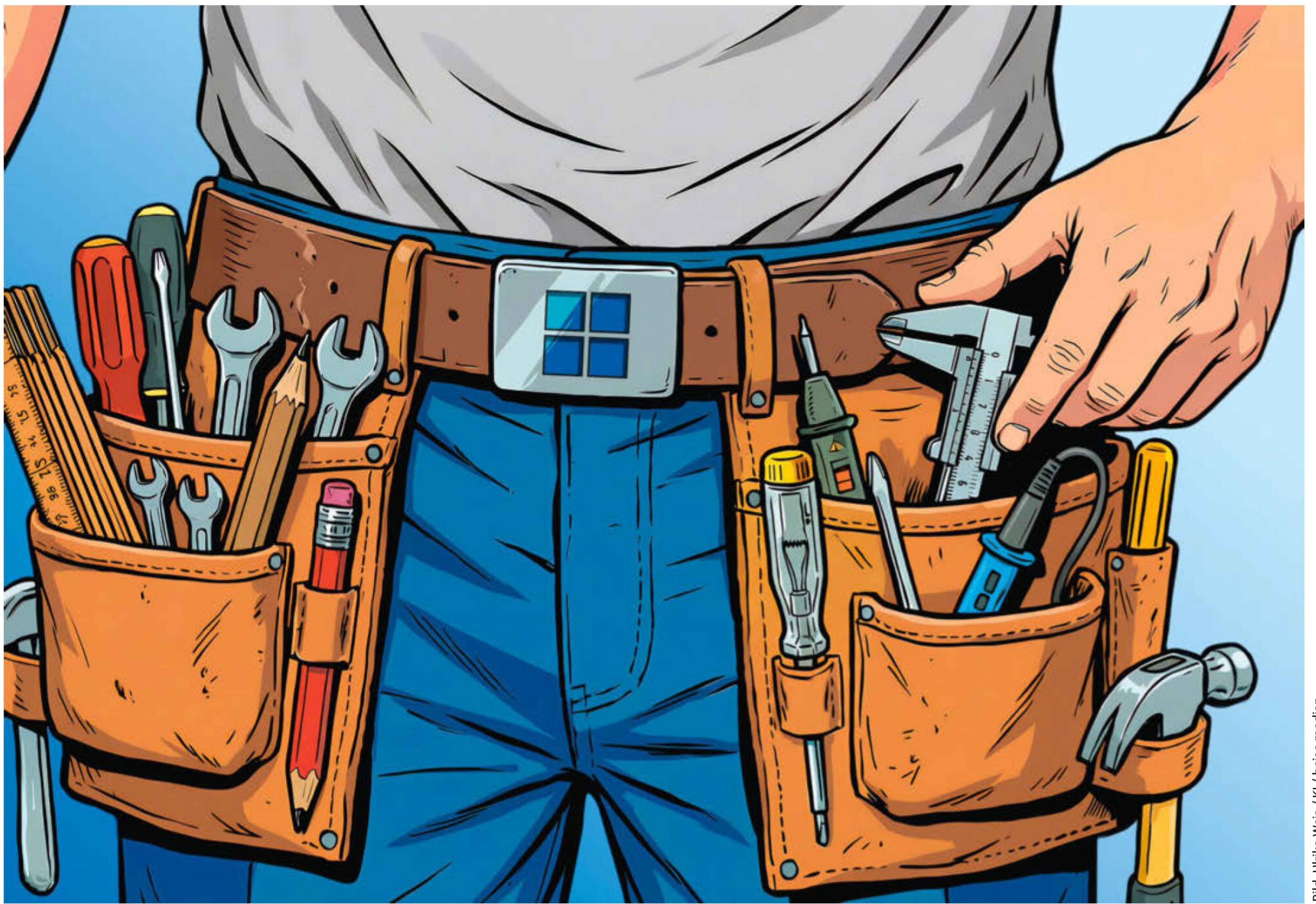


Bild: Ulrike Weis / KI / heise medien

Stets griffbereit

Tipps für Microsofts Sysinternals-Werkzeuge

Die Sysinternals-Suite ist bekannt als Sammlung mächtiger System-Utilities für Windows. Weniger bekannt: Sie können die Werkzeuge sehr flexibel starten.

Von Axel Vahldiek

Eine Sammlung kostenloser Werkzeuge, mit denen Sie Windows so richtig tief unter die Haube schauen und dort herum-schrauben können, das ist die Sysinternals-Suite. Zu den Klassikern aus der Suite gehören „Autoruns“ (zeigt alle Programme, die Windows beim Hochfahren automatisch mitstartet), der „Process Explorer“ (ein alternativer Taskmanager) und der „Process Monitor“, der alle(!) Zugriffe

auf Laufwerke und Registry protokolliert. Es stecken aber noch über 70 weitere Werkzeuge in der Suite.

Geschrieben wurden die Werkzeuge von Mark Russinovich und seinen Kollegen von der Firma Winternals, und zwar meist noch vor der Übernahme durch Microsoft vor mittlerweile zwei Jahrzehnten. Heute arbeitet er dort als Chief Technology Officer für Azure. Die längst auf die Microsoft-Website umgezogenen Sysinternals-Programme werden dennoch stets aktuell gehalten.

Hier soll es allerdings nicht darum gehen, was Sie mit den einzelnen Werkzeugen alles anfangen können (Details dazu in [1]). Stattdessen finden Sie hier Tipps, wie Sie die Programme mit mög-

lichst wenig Aufwand erhalten und starten können.

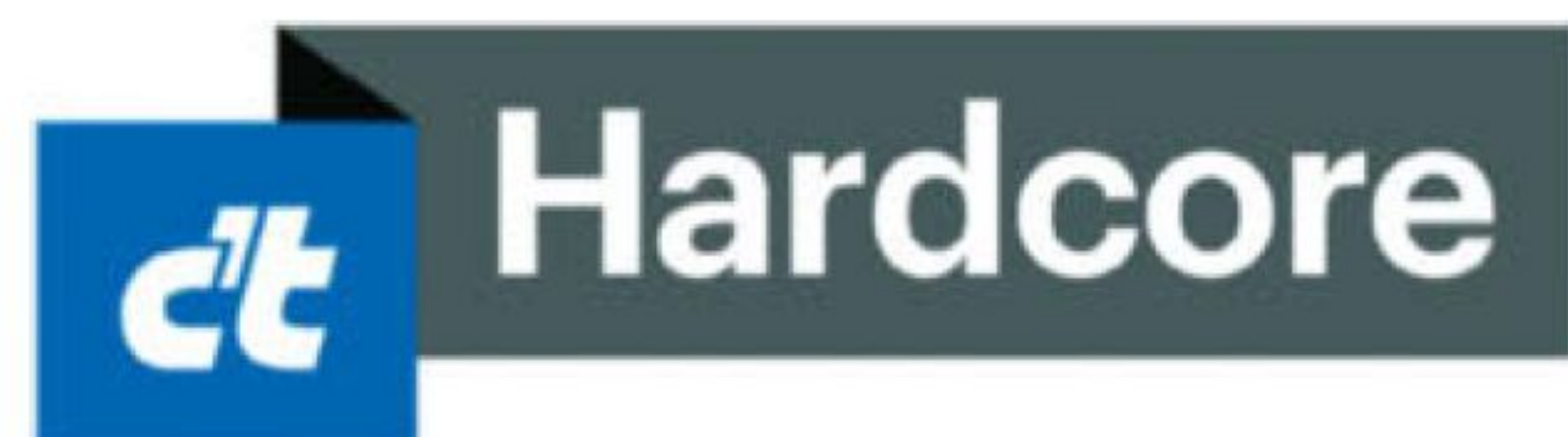
Download: Gesamtpaket

Sie können sämtliche Werkzeuge auf einen Schlag bekommen, indem Sie einfach ein Zip-Archiv herunterladen. Anlaufstelle ist die leicht zu merkende Webadresse sysinternals.com/downloads, die auf eine Microsoft-Seite weiterleitet.

Hier finden Sie eine

Liste aller verfügbaren Downloads, und ganz oben steht die Suite. Beachten Sie bei der Auswahl, dass es sie nicht nur für Rechner gibt, in denen ein x86/x64-Prozessor von AMD oder Intel arbeitet, sondern auch für solche mit ARM64-Prozessoren.

Eine andere Quelle für das Komplett-paket ist der Windows-eigene Microsoft-



Store. Suchen Sie darin nach „Sysinternals Suite“. Ein Microsoft-Konto ist für den Download in diesem Fall nicht erforderlich. Beachten Sie aber, dass die Suite nicht als Zip-Archiv in Ihrem Download-Ordner landet. Stattdessen installiert der Store sie unterhalb von „C:\Program Files\WindowsApps“ in den Unterordner „Microsoft.SysinternalsSuite_2025.12.0.0_x64_8wekyb3d8bbwe\Tools“ (die Versionsnummer hinter dem Namen kann sich ändern). Das bedeutet zwar, dass Sie die Dateien nicht mal eben woanders hin kopieren können, weil Sie auf diesen Ordner mit dem Explorer wegen fehlender Zugriffsrechte nicht zugreifen können. Dafür aber sind alle Werkzeuge nicht nur im Startmenü zu finden, sondern bleiben auch stets aktuell, weil der Store sich automatisch um die nötigen Updates kümmert.

Download einzeln: Browser

Sämtliche Werkzeuge lassen sich über die oben erwähnte Webadresse sysinternals.com/downloads auch einzeln herunterladen. Von dort aus müssen Sie sich zwar erst jeweils zum eigentlichen Download durchhangeln, für die ersten Schritte ist das trotzdem ein guter Weg, weil sie unterwegs einiges an Infos zu dem jeweiligen Programm finden.

Wenn Sie aber bereits genau wissen, welche ausführbare Datei Sie gerade benötigen, gelangen Sie schneller hin. Unter live.sysinternals.com finden Sie alle ausführbaren Dateien als Liste. Ein Klick auf ein Programm startet direkt den Download. Die Liste enthält zudem für jede Datei das Datum der letzten Aktualisierung, sodass Sie leicht prüfen können, von welchen Programmen in den letzten Wochen neue Versionen erschienen sind.

Welche ausführbare Datei die richtige für die gerade verwendete Windows-Installation ist, erschließt sich nicht immer auf den ersten Blick. Vieles scheint mehrfach vorhanden zu sein. Das liegt daran, dass es die Werkzeuge wie bereits erwähnt für verschiedene Architekturen gibt. Die 32-Bit-Programme sind jene, bei denen hinter Programmnamen nur „.exe“ steht. Sie laufen auch unter 64-Bit-Windows, dennoch gibt es zusätzlich 64-Bit-Versionen. Die enden allesamt mit „*64.exe“. Die Namen der ARM-Varianten, die Sie im Unterordner „ARM64“ finden, enden ebenfalls einheitlich, nämlich auf *64a.exe.

Manche Werkzeuge (zum Beispiel Autoruns) gibt es zudem mit und ohne

grafische Bedienoberfläche (GUI). Jene ohne GUI erkennen Sie am „c“ (für „command line“) direkt hinter dem Programmnamen. So ist „autorunsc64a.exe“ die ARM64-Kommandozeilenversion von Autoruns.

Alle Programme stehen auch als Zip-Archive einzeln zum Download bereit, und zwar im Unterordner „files“.

Starten

Weil die Werkzeuge jeweils aus einer einzelnen ausführbaren Datei bestehen, liegt die Annahme nahe, dass zum Starten ein simpler Doppelklick reicht. Das stimmt aber nur, wenn eine GUI dabei ist wie bei BGInfo.exe (schreibt Systeminfos auf den Desktop) und Desktops.exe (erzeugt virtuelle Desktops). Solche erkennen Sie im Explorer an ihrem individuellen, mehr oder weniger bunten Programmsymbol. Werkzeuge ohne GUI bieten nur ein Standard-Symbol.

Bei Sysinternals-Werkzeugen mit GUI, die Sachen können, die aus gutem Grund nur Administratoren erlaubt sind, erscheint beim Start die übliche Sicherheitsnachfrage. Das gilt jedoch nicht immer: Der Process Explorer beispielsweise startet wahlweise auch ohne Admin-Rechte, vermag dann aber nur jene Informationen zu zeigen, die dem aufrufenden Nutzerkonto mit eingeschränkten Rechten zugänglich sind. Der Start mit Admin-Rechten gelingt in diesem Fall via Kontextmenü („Als Administrator ausführen“). Es

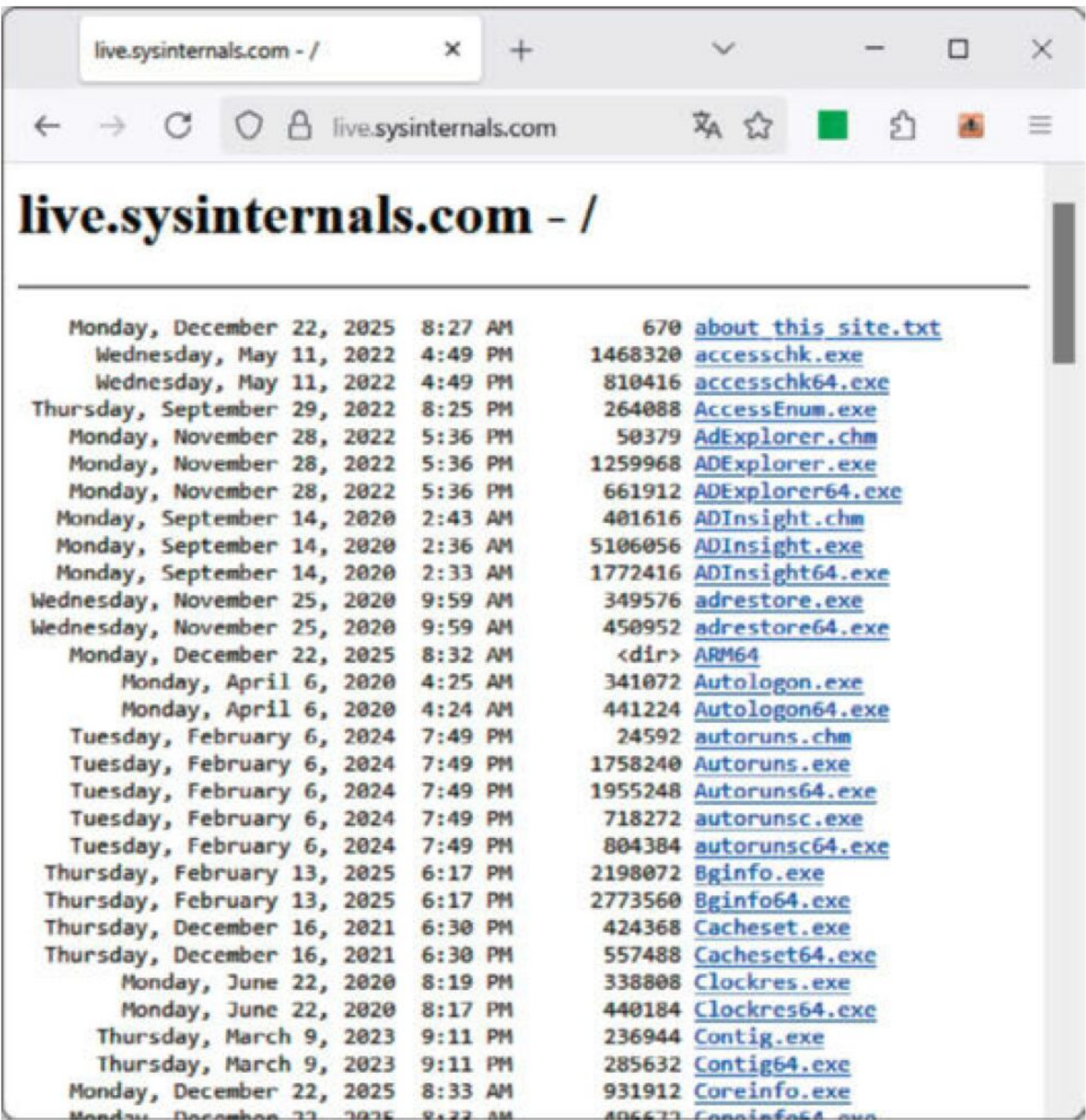
Hässlich, aber funktional: Auf einer schmucklosen Website stellt Microsoft alle Werkzeuge zum direkten Download bereit.

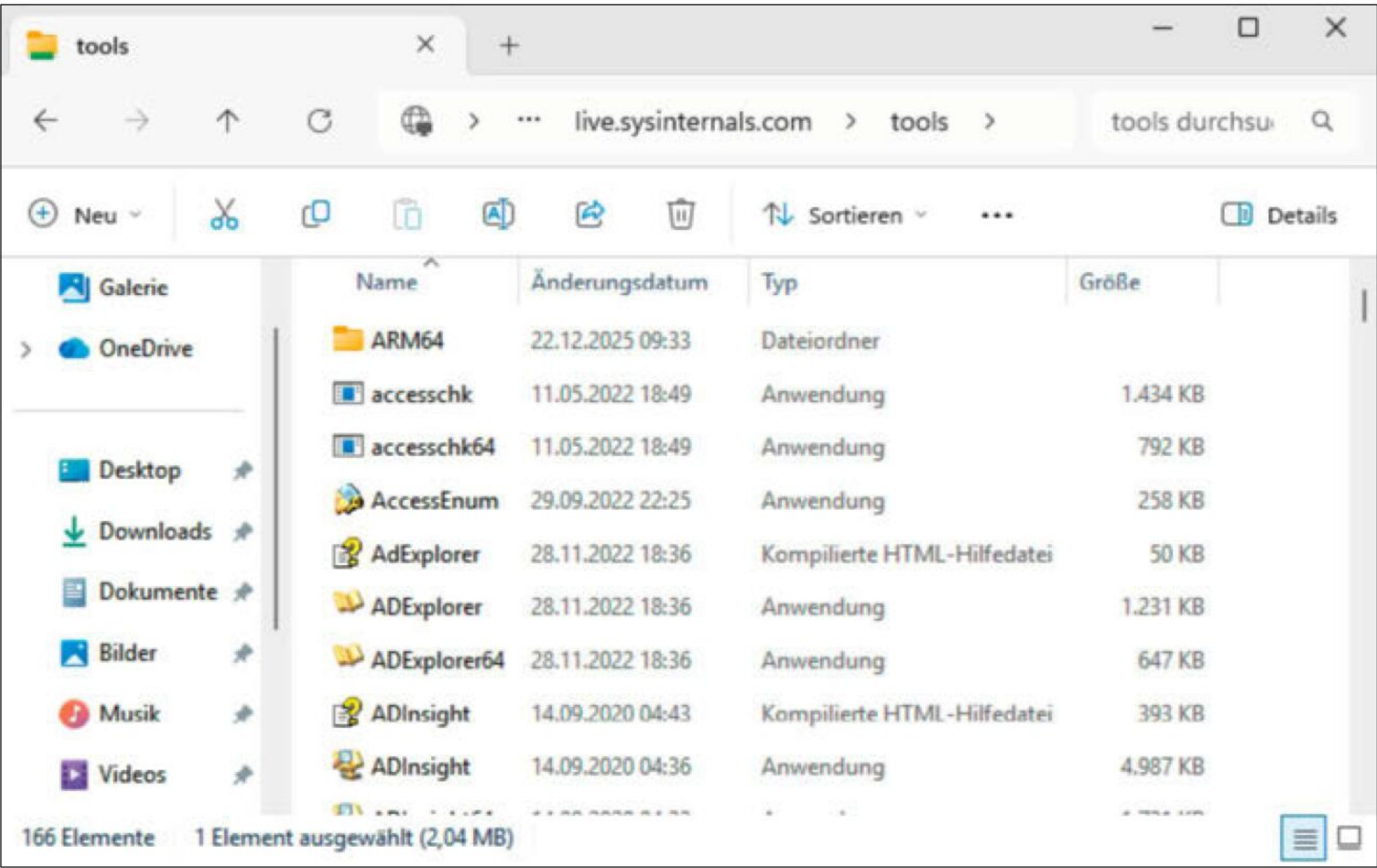
ct kompakt

- Sämtliche Systemwerkzeuge der Sysinternals-Suite lassen sich auf verschiedenen Wegen auf den Rechner holen, etwa per Browser, Store und sogar mit dem Explorer.
- Den Umgang mit den Kommandozeilenprogrammen aus der Suite erleichtern Sie sich mit dem Anpassen einer Systemvariable.
- Für manche Programme haben wir spezielle Tipps, die Ihnen viel Zeit sparen.

klappt aber auch nachträglich, beim Process Explorer finden Sie den Schalter in der Menüleiste unter File: „Show Details for All Processes“.

Wenn Sie ein Kommandozeilenprogramm per Doppelklick starten, passiert scheinbar nichts. Denn das Programm gibt dann nur seine Hilfe aus, und zwar in einer von Windows zu diesem Zweck automatisch geöffneten Eingabeaufforderung (cmd.exe). Weil Windows annimmt, dass das Programm seine Arbeit anschließend erledigt hat, schließt es die Eingabeaufforderung direkt wieder. Ausweg: Erst die Kommandozeile öffnen, darin zum Werkzeug durchhangeln und es dann per Kommandozeilenbefehl aufrufen.





Der Explorer kann sich mit der Netzwerkfreigabe des Microsoft-Servers verbinden, auf dem die stets aktuellen Sysinternals-Werkzeuge liegen.

Bei allen Programmen erscheint beim ersten Aufruf auf einem PC ein Dialog mit den Lizenzbestimmungen, denen Sie zustimmen müssen. Oder auch nicht: Viele lassen sich mit dem Parameter -nobanner aufrufen, dann entfällt der Lizenzdialog.

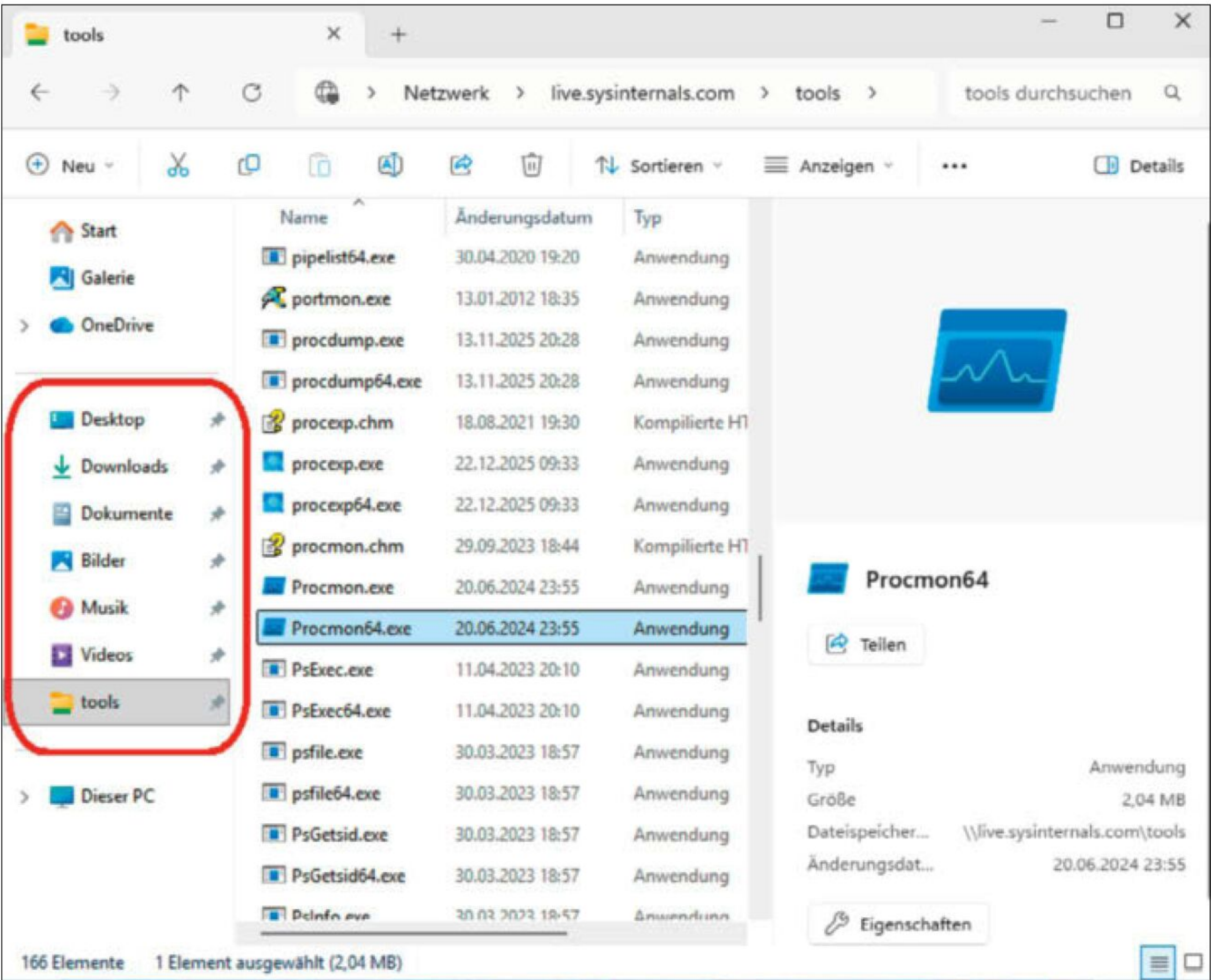
Direkt vom Server starten

Es klang bereits an, dass die Sysinternals-Werkzeuge aktuell gehalten werden. Eine Updatefunktion fehlt jedoch. Als Ausweg wurde bereits der Store genannt, doch es gibt noch andere.

Sie können das Updateproblem umgehen, indem Sie beispielsweise per Explorer direkt auf die stets aktuellen Versionen der Sysinternals-Werkzeuge zugreifen. Auf dem Server existiert eine Read-Only-Netzwerkfreigabe, die Sie via Internet mit Ihrem PC verbinden können. Tippen Sie dazu in die Adressleiste des Explorers \\live.sysinternals.com\tools ein und drücken Sie Enter.

Es dauert einen Moment, während Windows die Programmdateien zwischenspeichert (im versteckten System-Ordner %windir%\ServiceProfiles\LocalService\AppData\Local\Temp\TfsStore\Tfs_DAV), dann erscheinen die Werkzeuge. Sie lassen sich wie vom Explorer gewohnt per Doppelklick starten. Auch das Kontextmenü funktioniert wie üblich, enthält also Punkte wie „Kopieren“ und „als Administrator ausführen“. Windows meckert zwar mitunter beim Start eines Programms, dass die Quelle nicht vertrauenswürdig sei. Sofern Sie sich aber bei der Eingabe des Freigabena-

mens nicht vertippt haben, können Sie das ignorieren und stattdessen die Ironie genießen, dass Windows einen Microsoft-eigenen Server für unsicher hält. Zu sehen bekommen Sie bei dieser Methode zuerst die x86/x64-Versionen der Werkzeuge. Falls Sie die ARM64-Varianten benötigen: Die stecken im Unterordner „ARM64“, lassen sich aber auch



Die Sysinternals-Freigabe können Sie im Explorer als Schnellzugriff einbinden. Jedenfalls dann, wenn er vorhanden ist.

direkt einbinden per \\live.sysinternals.com\tools\ARM64. Falls Sie sich die Frage stellen, warum im Browser der Aufruf von live.sysinternals.com reicht, im Explorer aber \\live.sysinternals.com\tools einzugeben ist, also \tools angehängt werden muss: Diese Verrenkung ist nötig, weil sich der Explorer mit einem freigegebenen Ordner nur dann verbindet, wenn zusätzlich der Server angegeben ist (\Server\Freigabe). Sie bekommen aber auf beiden Wegen direkten Zugriff auf dieselben Dateien, denn der Tools-Unterordner ist ein Spiegel des Hauptverzeichnisses. Wenn Sie mal durcheinanderkommen: live.sysinternals.com/tools funktioniert auch im Browser.

Suite im Schnellzugriff

Damit Sie im Explorer den Pfad der Freigabe nicht bei jedem Besuch erneut eintippen müssen, können Sie sie dem „Schnellzugriff“ hinzufügen: Klicken Sie im Explorer, wenn in dessen rechtem Fenster die Sysinternals-Werkzeuge zu sehen sind, in der Menüleiste auf das Dreipunkte-Symbol und wählen dann „An Schnellzugriff anheften“. Die Verknüpfung funktioniert auch nach einem Neustart, es dauert aber wieder eine Weile, bis der Explorer die Verbindung aufgebaut hat.



Modern Architecture

Für ein nachhaltiges Design von Software

25. März 2026 • Online

Gut strukturiert, testbar und nachvollziehbar

- Moderne Konzepte: Clean Architecture, hexagonale Architektur, Microservices u. a.
- KI-Unterstützung in der Softwarearchitektur
- Architektur für eine digitale Souveränität

Jetzt
Tickets
sichern!

Workshop am 18. März

architecture.bettercode.eu

ArchDoc 2026

Die heise-Konferenz für moderne
Softwarearchitektur-Dokumentation

20. Mai 2026 • Online

Praktisch und effizient – moderne Architekturdokumentation

- Docs-as-Code: Arbeiten wie beim Programmieren
- Tools: schnelle, aussagekräftige Dokus, z. B. mit arc42-Canvas
- Einfach: KI-unterstützte Dokumentation
- Sprachstil: Gut und verständlich schreiben

Jetzt
Frühbucher-
tickets
sichern!

Workshop am 11. Juni

archdoc.bettercode.eu



Beachten Sie aber, dass Sie es hier mit Microsoft zu tun haben. Konkret: Der Schnellzugriff ist in der Baumansicht von Windows 11 nur dann zu sehen, wenn in den Optionen des Explorers im Reiter Ansicht ganz unten in der Liste unter „Navigationbereich“ vor „Alle Ordner anzeigen“ kein (!) Häkchen gesetzt ist. Fehlt also der Schnellzugriff, entfernen Sie das Häkchen.

Suite als Laufwerk

Sie möchten die Freigabe mit den Sysinternals-Werkzeugen statt per Schnellzugriff lieber mit einem Laufwerksbuchstaben in den Explorer einbinden? Geht auch. Drücken Sie Windows+R, um den Ausführen-Dialog aufzurufen, und tippen Sie darin ein:

```
Net use T: \\live.sysinternals.com\tools
```

Den Laufwerksbuchstaben T: können Sie beliebig anpassen, sofern der gewählte Buchstabe nur frei ist.

Das Laufwerk bleibt bei einem Neustart erhalten, der Explorer wird jedoch erst beim ersten Zugriff die Verbindung zum Sysinternals-Server aufbauen. Bis dahin erscheint die Verbindung in der Baumansicht mit einem Getrennt-Symbol.

Wenn Sie das Laufwerk wieder loswerden wollen, erledigt das ein weiterer Befehl: `Net use T: /delete` (die Entfernen-Option am Ende können Sie mit `/d` abkürzen).

Beachten Sie: Bei einer Standardinstallation erscheint T: zwar nicht nur im Explorer, sondern auch in Eingabeaufforderung und PowerShell. Das gilt jedoch nur, wenn Sie die Konsolen ohne Administratorrechte aufrufen. Solche mit Admin-Rechten hingegen kennen das Laufwerk T: nicht. Hintergrund: Das Einbinden des Laufwerks gilt nicht systemweit, sondern nur für Ihr Benutzerkonto, und das auch nur für die derzeitige Anmeldung. Wenn Sie jedoch ein Programm mit Administratorrechten starten, meldet Windows Sie mithilfe der Benutzerkontensteuerung (User Account Control, UAC) ein zweites Mal mit demselben Konto an, nur dieses Mal eben mit erweiterten Rechten. Diese zweite Anmeldung weiß jedoch eben nichts von dem Laufwerk.

Der simple Ausweg: Binden Sie das Laufwerk kurzerhand mit dem oben genannten Net-use-Befehl einfach ein weiteres Mal ein, und zwar wieder als T:, nur verwenden Sie dazu dieses Mal eine Konsole, die mit statt ohne Admin-Rechten läuft. Das Laufwerk steht anschließend

nicht nur in allen Admin-Konsolen zur Verfügung, sondern beispielsweise auch in Öffnen/Speichern-Dialogen von Anwendungen, die mit erweiterten Rechten laufen.

Schneller in cmd und PowerShell

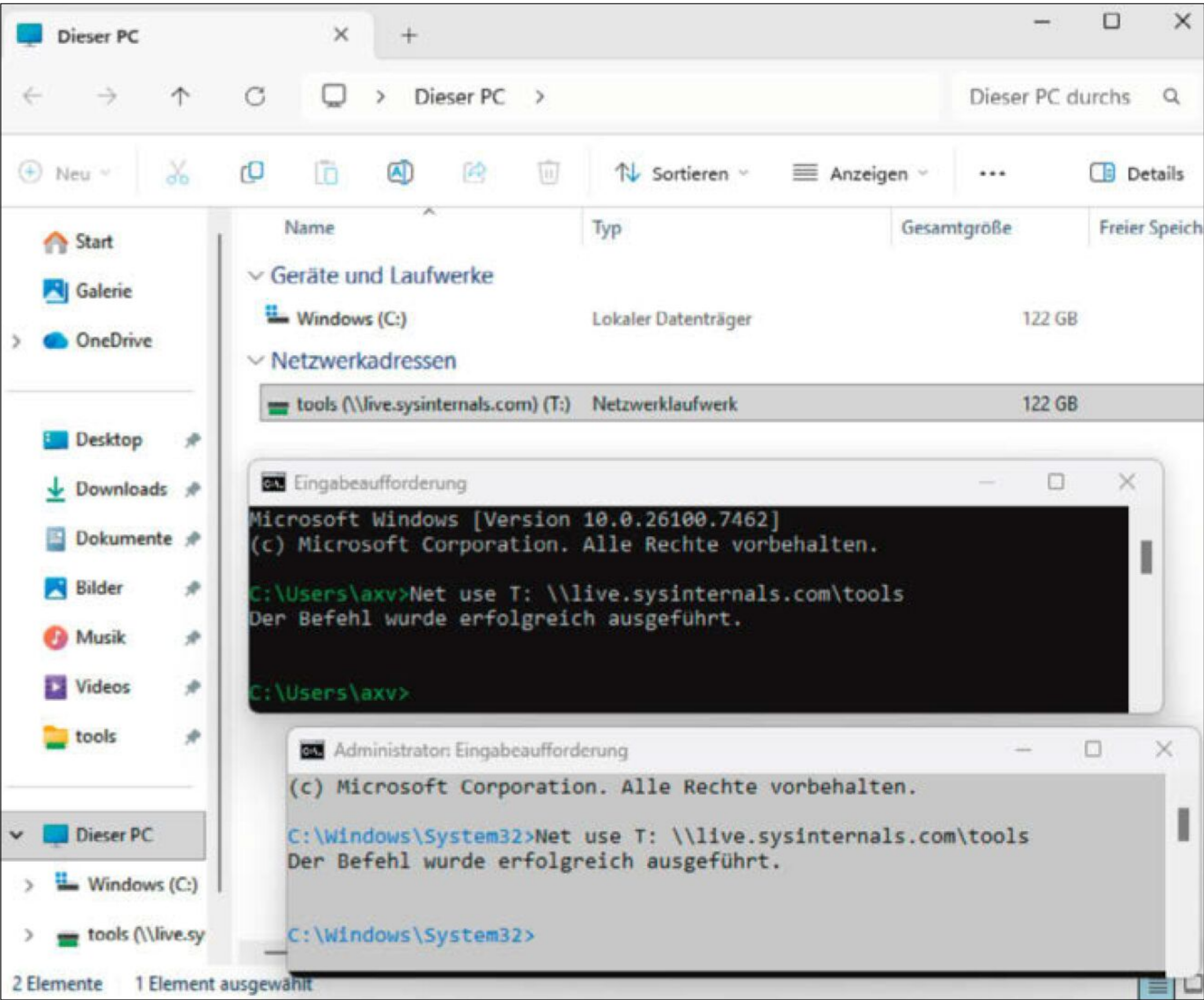
Das Verwenden eines Kommandozeilenwerkzeugs setzt voraus, dass Sie zuerst eine passende Kommandozeilenkonsole starten und sich darin dann zum Programm durchhangeln. Es existieren aber einige Abkürzungen.

Wenn der Explorer die Suite ohnehin gerade in der rechten Fensterhälfte anzeigt, können Sie in der Adressleiste in den Bereich rechts neben dem Pfad klicken und anschließend `cmd` oder `powershell` eingetippen. Die jeweilige Konsole öffnet sich dann direkt im selben Pfad. Beachten Sie dabei aber: In beiden Fällen startet die Konsole ohne Admin-Rechte. Eine mit erweiterten Rechten lässt sich so nicht aufrufen.

Mit Windows+X können Sie aus dem kleinen Systemmenü das „Terminal“ aufrufen, wahlweise auch „Terminal (Administrator)“. Das Terminal ist keine eigene Konsole, sondern bloß ein Dach, unter dem Eingabeaufforderung und PowerShell in Tabs laufen. Standardmäßig startet im Terminal eine PowerShell. In der Tab-Leiste finden Sie ganz rechts einen kleinen Pfeil, über den Sie eine weitere Konsole starten können. Hier finden Sie auch die Einstellungen, in denen Sie den Standard von PowerShell auf Eingabeaufforderung ändern können.

Nach dem Öffnen einer Konsole im Terminal (auch einer mit Admin-Rechten) befinden Sie sich zuerst in Ihrem Nutzerverzeichnis (`%userprofile%` bzw. `$env:USERPROFILE`). Sofern Sie die Suite via Store installiert haben, können Sie dennoch direkt den Namen eines Werkzeugs eingeben, es startet dann direkt. Haben Sie die Suite hingegen auf anderem Weg auf den PC geholt oder via Netz mit Laufwerksbuchstaben eingebunden, müssen Sie sich in einer frisch geöffneten Konsole erst zu deren Speicherort durchhangeln. Oder Sie fügen diesen Pfad der Umgebungsvariable `Path` hinzu, dann klappt der Aufruf der Werkzeuge von jeder beliebigen Stelle aus.

Zum Hinzufügen drücken Sie die Windows-Taste und tippen so lange buchstabenweise „Systemumgebungsvariablen bearbeiten“ ein, bis der gleichnamige Suchtreffer erscheint. Im Dialog klicken



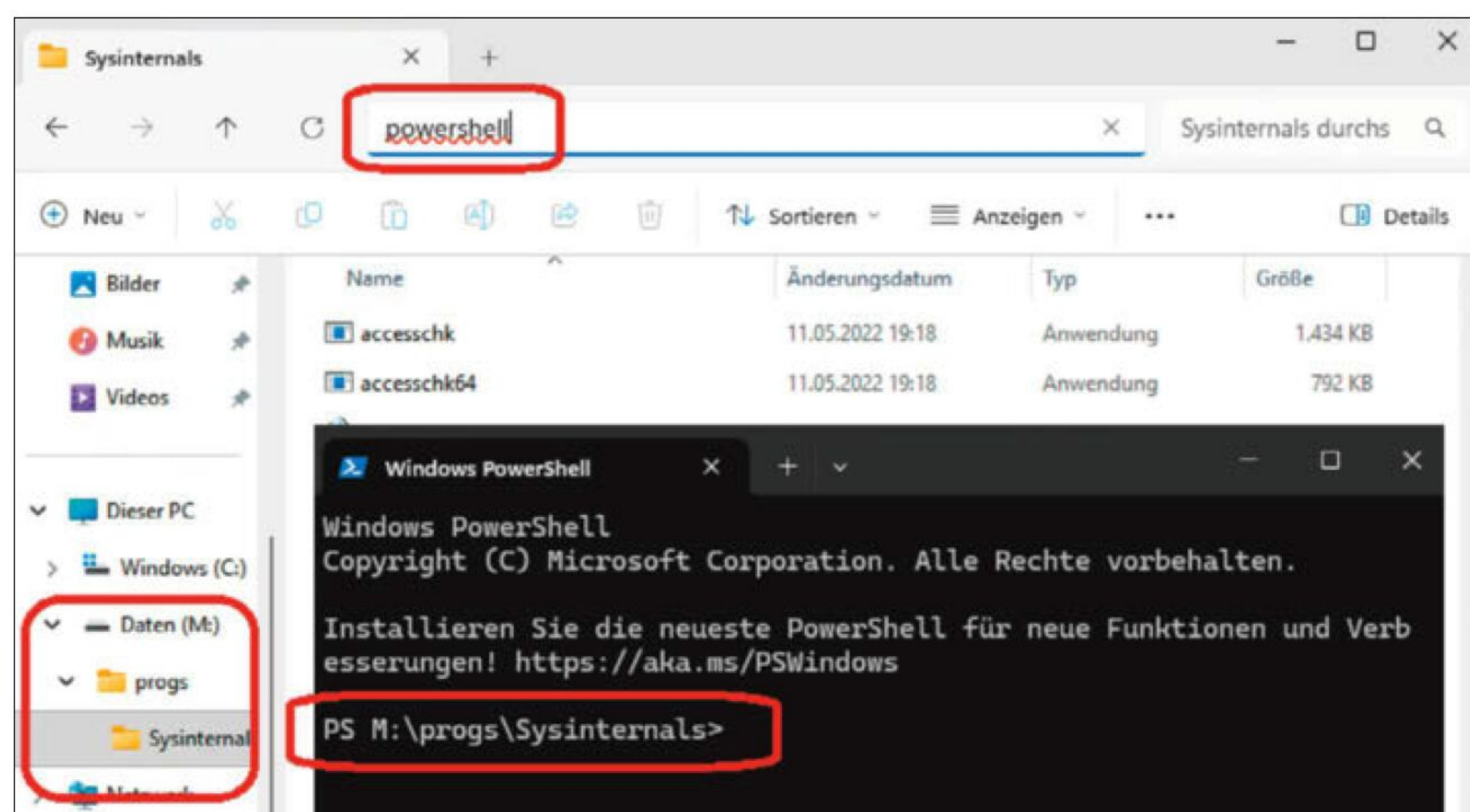
Die Werkzeuge können Sie als Netzlaufwerk mit eigenem Buchstaben einbinden. Damit es auch für Programme sichtbar ist, die mit Admin-Rechten laufen, binden Sie das Laufwerk zweimal ein.

Sie auf die Schaltfläche „Umgebungsvariablen“. Oben sehen Sie nun die für Ihr Konto, unten die systemweit gültigen Variablen. Markieren Sie in der unteren(!) Liste die Zeile „Path“ und klicken Sie auf „Bearbeiten...“; Dort auf „Neu“, den Pfad zur Suite eingeben, unten mit OK bestätigen, fertig. Ab sofort können Sie jeder Konsole (ob PowerShell oder Eingabeaufforderung, ob mit oder ohne Admin-Rechte) den Programmnamen eines Werkzeugs eintippen und es so starten, egal, wo Sie sich gerade befinden.

RegJump

Ein Sonderfall unter den Werkzeugen ist Regjump. Das Werkzeug öffnet den Registry-Editor Regedit.exe mit einem an Regjump als Parameter übergebenen Schlüssel. Dazu brauchen Sie aber keine Konsole, denn es geht bequemer.

Erzeugen Sie beispielsweise auf dem Desktop eine Verknüpfung zu Regjump.exe. In deren Eigenschaften ergänzen Sie in der Zeile „Ziel“ hinter Pfad und Name getrennt durch ein Leerzeichen ein -c (das c steht für Clipboard, also die Zwischenablage). Klicken Sie zudem auf „Erweitert“ und setzen Sie ein Häkchen vor „Als Administrator ausführen“. Wenn Sie nun beispielsweise in einer digital vorliegenden Anleitung einen Registrypfad lesen, können Sie diesen markieren, per Strg+C in die Zwischenablage befördern, anschließend die Verknüpfung anklicken, die Sicherheitsnachfragen bestätigen und schon öffnet sich Regedit an der entsprechenden Stelle, sofern es den Schlüssel



Der Explorer zeigt ohnehin gerade die Sysinternals-Werkzeuge? Dann können Sie cmd oder powershell in die Adressleiste eintippen, um eine Konsole im gleichen Pfad zu öffnen.

gibt. Das erspart das mühsame Durchhangeln zur richtigen Stelle in Regedit.

SigCheck

Das Kommandozeilenprogramm Sigcheck kann die digitalen Signaturen einer ausführbaren Datei prüfen, dessen Hash-Werte ausgeben und die Datei auf Wunsch zu VirusTotal.com schicken. Dort lässt sie ein von Google betriebener Dienst auf einen Schlag von über 70 Virenschannern prüfen.

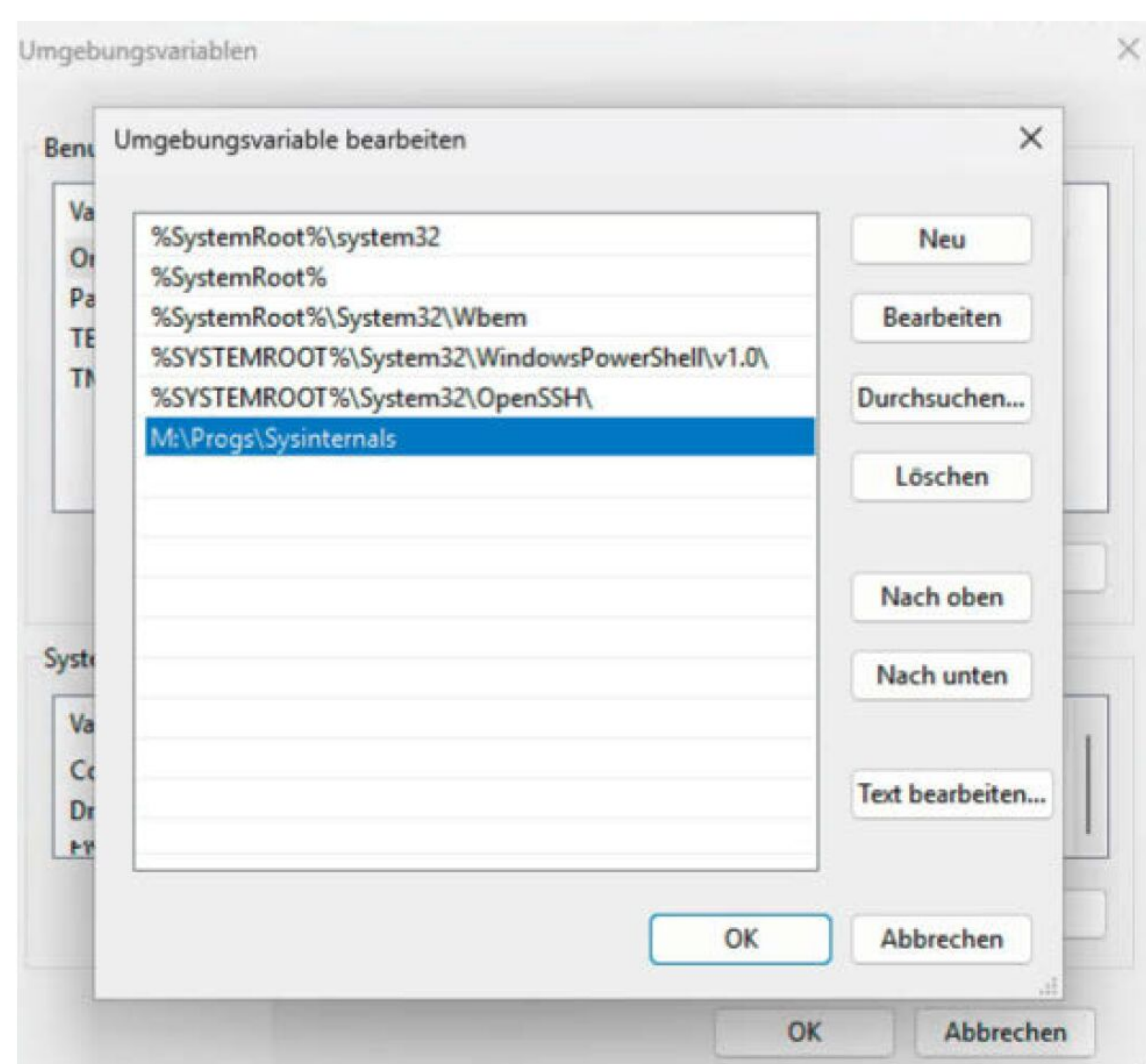
Damit Sie nun aber nicht für jeden Sigcheck-Aufruf lange Kommandozeilenbefehle eintippen müssen, finden Sie unter ct.de/y2mc die Batch-Datei SigCheck.bat, die den Job für Sie erledigt. Laden Sie diese sowie sigcheck.exe her-

unter und packen Sie beide gemeinsam in einen beliebigen Ordner. Als Nächstes klicken Sie im Kontextmenü der Batchdatei sigcheck.bat auf „Kopieren“. Drücken Sie die Tastenkombination Windows+R, es öffnet sich der „Ausführen“-Dialog. Dort tippen Sie `shell:sendto` ein.

Nach dem Bestätigen mit Enter öffnet sich der Ordner, in dem die Verknüpfungen des „Senden an“-Menüs aus dem Kontextmenü von Dateien und Ordnern liegen. Dort klicken Sie mit der rechten Maustaste in einen leeren Bereich und wählen „Verknüpfung einfügen“ – fertig. Wenn Sie mögen, können Sie die Verknüpfung nach Gusto umbenennen.

Ab sofort können Sie jede Datei per „Senden an“-Menü an Sigcheck übergeben und bekommen anschließend ein Kommandozeilenfenster mit den Prüfungsergebnissen. Beim ersten Aufruf müssen Sie einmalig die Lizenzbestimmungen von Sysinternals sowie von VirusTotal.com abnicken, ab dem zweiten Aufruf geht es ohne. In einem weiteren c't-Artikel erhalten Sie weitere Infos über die Vertrauenswürdigkeit von Dateien und finden weitere Details zum Skript.

(axv@ct.de) **ct**



Wenn Sie den lokalen Speicherort der Sysinternals-Suite der Pfad-Systemvariable hinzufügen, klappt der Aufruf der Werkzeuge in Konsolen einfacher.

Literatur

- [1] Axel Vahldiek, Vollgepackt, Die Sysinternals-Suite: Profi-Werkzeuge für jedermann, c't 4/2021, S. 16
- [2] Axel Vahldiek, Einlasskontrolle, Einschätzen, ob man einer Datei besser misstrauen sollte, c't 10/2017, S. 88

SigCheck.bat: ct.de/y2mc



Bild: Jessica Nachtigall / KI / heise medien

Linux-Dienste im Griff

Systemd-Services verstehen und damit eigene Dienste steuern

Ohne Systemd läuft auf den meisten Linux-Systemen gar nichts. Es startet Dienste, überwacht deren Ausführung und kümmert sich darum, dass alles in der richtigen Reihenfolge passiert. Konfiguriert wird das Ganze mit Service-Unit-Dateien. Wir zeigen Ihnen, wie Systemd-Services aufgebaut sind, was darin nicht fehlen darf und wie Sie sie optimal für sich nutzen.

Von Marvin Shah

Bevor Systemd die Linux-Welt eroberte, war SysVinit das Rückgrat der meisten Distributionen und brachte einen Stapel an undurchsichtigen Shell-Skripten mit sich, die in /etc/init.d wohnten und Services „zu Fuß“ starten, stoppen und neu starten konnten. Das ging typischerweise so lange gut, bis man komplexere Start-Abhängigkeiten modellieren musste. Die große Freiheit im Schreiben der Skripte wurde zur Stolperfalle, weil die Zusammenhänge zwischen den Dateien und Diensten so kaum noch zu durchblicken waren.

Hier zeigt sich die Stärke von Systemd: Mit gut strukturierten Konfigurationsdateien lassen sich auch noch so komplexe Szenarien abbilden, ohne selbst Skripte schreiben zu müssen. An die Stelle von SysVinit tritt mit Systemd ein robuster Pro-

zess, der als PID 1 das Erste ist, was im System startet, und selbst alles andere aufruft und im Blick behält. Statt einem von Shell-Skripten zusammengehaltenen Bootprozess gibt es so ein Set von wohldefinierten Unit-Files, die alle dem gleichen Format folgen und, wenn man ihre Struktur einmal verinnerlicht hat, beim Lesen sofort verständlich sind.

Service-Units

Es gibt viele Arten von Unit-Files – sie steuern Timer, Sockets, Mounts und weiteres, das ein Linux-System zum Funktionieren braucht. Aber die vielleicht grundlegendsten Bausteine des Init-Systems sind die Dateien mit der Endung .service, die festlegen, welche Programme beim Boot und zur Systemlaufzeit in welcher Reihenfolge gestartet werden. Praktisch alles Nötige,

c't kompakt

- Das Init-System Systemd startet Linux-Dienste anhand klar definierter Konfigurationsdateien statt wackeliger Shell-Skripte.
- In Service-Unit-Files definiert man Abhängigkeiten und was im Fehlerfall passieren soll.
- Es braucht nur wenige Zeilen, damit eigene Systemdienste verlässlich und automatisiert starten.

um ein Hintergrundprogramm zu verwalten, steht im Werkzeugkasten einer Service-Unit zur Verfügung:

- Welchen Befehl startet der Dienst, und mit welchen Optionen?
- Wie reagiere der Dienst auf einen unerwarteten Absturz?
- Welche Umgebungsvariablen werden gebraucht?
- Welche Abhängigkeiten zu anderen Diensten gibt es?

All das und noch viel mehr können Systemverwalter ihrer Unit in der Service-Datei mitgeben, um sicherzustellen, dass sich ihr Dienst unter allen Widrigkeiten so verhält wie erwartet.

Targets: definierte Systemzustände

Targets sind grob gesagt das Systemd-Äquivalent zu den altbekannten Run-Levels eines Linux-Systems. Ein Target stellt einen definierten Zustand eines Systems hinsichtlich der gestarteten Services dar – vorgegeben sind beispielsweise das `network-online.target` (beim Erreichen des Targets ist eine Netzwerkverbindung aktiv und das System hat eine IP-Adresse bekommen), `graphical.target` (die grafische Oberfläche ist gestartet) und `rescue.target` (ein Wartungsmodus, in dem ein Minimum an Diensten aktiv ist, um Wartungsarbeiten oder die Fehlersuche zu vereinfachen). Beim Boot erreicht ein System mehrere Systemd-Targets, um schließlich – im Falle eines Desktopsystems – bei `graphical.target` anzukommen; Serversysteme ohne grafische Oberfläche sind nach dem Erreichen des `multi-user.target` einsatzbereit. Um einen bestimmten Dienst aus Benutzersicht „nach dem Booten“ automatisch zu starten, muss man ihn also technisch gesehen an ein

Target anhängen, damit Systemd weiß, dass dieses Service-Unit beim Erreichen des entsprechenden Systemzustands laufen muss.

Eine eigene Service-Unit

Die Unitfiles von Systemd liegen im INI-Format vor, sind also mit eckigen Klammern in Abschnitte gegliedert und haben in jedem davon beliebig viele Optionen im „key=value“-Format.

Stellen Sie sich folgendes Szenario vor: Sie möchten auf einem Linux-Desktoprechner direkt nach dem Hochfahren Ihre Fotos auf Ihren Netzwerkspeicher kopieren. Für solche Aufgaben bietet sich ein Systemd-Service an, da man damit den Job an die passende Stelle im Bootprozess setzen kann. Eine entsprechende Service-Unit besteht aus den Abschnitten `[Unit]`, `[Service]` sowie `[Install]` und sieht etwa so wie im Listing unten aus.

Im Abschnitt `[Unit]` geben Sie Systemd zunächst Metadaten über die zu erstellende Unit mit. Die `Description` taucht später in Logs und Statusanzeigen auf und hilft, bei vielen Units den Überblick zu behalten. Es lohnt sich also, hier etwas Sinnvolles einzutragen. Die Optionen `After` und `Wants` beziehen sich auf die Vorbedingungen: Der Zustand `network-online.target` muss erreicht sein, bevor die Unit losläuft, da `rsync` als Werkzeug zur Dateisynchronisierung ohne Netzwerkverbindung nichts aufs NAS übertragen kann.

Unter `[Service]` geben Sie alles an, was Systemd zur Ausführung des Programms wissen muss. Der Schlüssel `Type` legt fest, wann Systemd ein Programm als gestartet betrachtet; `exec` ist laut Dokumentation in vielen typischen Fällen die richtige Wahl. Lässt man die `Type`-Option

ganz weg, wird der Service-Typ `simple` verwendet, welcher Services zwar etwas schneller starten lässt, aber weniger lautstark über Fehler informiert. Bei Services, die lange zum Starten brauchen, kann `simple` eine gute Wahl sein, um den Bootprozess nicht in die Länge zu ziehen.

Die Option `User` bestimmt, unter welchem Benutzerkonto der Befehl ausgeführt wird. Der Standard ist `root`, aus Sicherheitsgründen empfiehlt es sich aber meistens, einen unprivilegierten Benutzer zu verwenden. In diesem Fall wählen Sie Ihr persönliches Nutzerkonto, da dieses der Besitzer der zu kopierenden Fotos ist. Mit `WorkingDirectory` wechselt Systemd vor dem Start in das gewünschte Verzeichnis, und `ExecStart` schließlich ist die Zeile, in der Sie den Befehl hinterlegen, den Systemd tatsächlich ausführen soll. Zusätzlich können `ExecStartPre` beziehungsweise `ExecStartPost` gesetzt werden, die dann entsprechend vor oder nach `ExecStart` ausgeführt werden – nützlich, wenn man vorher beispielsweise ein Container-Image pullen, eine Verbindung herstellen oder eine Vorbedingung wie das Vorhandensein einer Datei prüfen muss.

Es empfiehlt sich, bei den `Exec`-Optionen den vollen Pfad zur auszuführenden Datei zu hinterlegen, wie etwa `/usr/bin/rsync`. Systemd hat zwar eine minimale `PATH`-Variable zur Verfügung und könnte die `rsync`-Binary selbst finden, was in vielen Fällen funktioniert, was aber bei komplexeren Setups zu unvorhergesehenem Verhalten führen kann. Die Option `Restart` startet einen Service unter verschiedenen Bedingungen automatisch neu. Mit `OnFailure` beispielsweise tut Systemd das, wenn der Prozess mit einem Fehlercode endet, per Vorgabe bis zu fünf-

```
[Unit]
Description=Fotos auf das NAS kopieren
After=network-online.target
Wants=network-online.target

[Service]
Type=exec
User=meinusername
WorkingDirectory=/home/meinusername/Pictures
ExecStart=/usr/bin/rsync -a ./Fotos ↵
meineusername@nas.heimnetz.internal:/backup/Fotos
Restart=OnFailure

[Install]
WantedBy=multi-user.target
```

Das Unitfile beschreibt den Systemd-Service in allen Details, etwa welche Voraussetzungen für den Start erfüllt sein müssen, unter welchem Benutzerkonto und in welchem Verzeichnis es ausgeführt wird.

Die Statusausgabe von Systemd erklärt

systemctl status gibt zum angegebenen Service alle relevanten Informationen aus und ist damit ein erster Anlaufpunkt bei der Fehlersuche.

Status-Indikator

- läuft
- inaktiv
- ✗ Fehler

Service-Status mit Startzeit

PID und Ressourcenverbrauch

Ausgeführte Prozesse des Services

Auszug aus dem Log/Journal

```
[marvin@void ~]$ sudo systemctl status nas-foto-sync.service
● nas-foto-sync.service - Fotos auf das NAS kopieren
   Loaded: loaded (/etc/systemd/system/nas-foto-sync.service; enabled; preset: disabled)
   Drop-In: /usr/lib/systemd/system/service.d
            └─10-timeout-abort.conf
   Active: active (running) since Tue 2026-01-13 14:34:10 CET; 13s ago
     Invocation: 92219e9237b7482f9e30f63f4729e2de
   Main PID: 44646 (rsync)
      Tasks: 2 (limit: 18916)
     Memory: 341.4M (peak: 348.4M)
        CPU: 3.008s
    CGroup: /system.slice/nas-foto-sync.service
            └─44646 rsync -a ./Fotos marvin@nas.heimnetz.internal:backup/Fotos
              44648 ssh -l marvin nas.heimnetz.internal rsync --server -logDtpre.iLsfxCivu . backup/Fotos

Jan 13 14:34:10 void systemd[1]: Starting nas-foto-sync.service - Fotos auf das NAS kopieren...
Jan 13 14:34:10 void systemd[1]: Started nas-foto-sync.service - Fotos auf das NAS kopieren.
[marvin@void ~]$
```

Service-Name und Beschreibung

Pfad der Unit-Datei

Startvorgabe

- enabled: Unit wird vom angegebenen Target gestartet
- preset: Vorgabe vom Hersteller oder der Distribution

mal, bevor es aufgibt und das Unit in den Zustand „failed“ wechselt.

Wenn ein Service automatisch beim Erreichen eines Targets gestartet werden soll, wird zum Schluss noch der Abschnitt [Install] benötigt. Dieser Abschnitt sorgt dafür, dass der Service im System verankert wird.

Mit der Direktive WantedBy teilen Sie Systemd mit, an welches Target der Service angeschlossen werden soll. Dadurch wird er gestartet, bevor das System das entsprechende Target erreicht.

Die Option WantedBy ist Systemd-Sprech für eine „weiche Bedingung“. Schlägt der Service fehl, wird das geloggt und das Target gilt trotzdem als erreicht. Im Unterschied dazu würde RequiredBy im Fehlerfall den weiteren Start des Systems blockieren, da der Service eine zwingende Bedingung für das Erreichen des Targets ist. Das ist im vorliegenden Beispiel wenig sinnvoll, kann aber in anderen Szenarien eine gute Idee sein, zum Beispiel, wenn mit einem Service ein Netzlaufwerk eingebunden werden soll, das für das Funktionieren des Gesamtsystems unabdingbar ist.

Nachdem Sie die Datei nas-foto-sync.service im Verzeichnis /etc/systemd/system abgelegt haben, müssen Sie sie Systemd noch bekannt machen. Das Kommandozeilenwerkzeug, das für Systemd-Operationen verwendet wird, heißt systemctl. In den meisten Fällen muss man es mit Root-Rechten ausführen, also mit einem vorangestellten sudo, sofern Sie

nicht direkt als root auf dem System angemeldet sind. Zuerst – und nach jeder Änderung einer Unit – benötigen Sie den Befehl systemctl daemon-reload. Damit weisen Sie Systemd an, die Unit-Files neu einzulesen. Gibt dieser Befehl keine Ausgabe, dann hat alles geklappt. Nun können Sie den Service mittels systemctl start nas-foto-sync.service erstmals starten.

Durchblick behalten

Gerade beim ersten Versuch kann es passieren, dass Systemd einem die fett und rot gedruckte Fehlermeldung „Job for nas-foto-sync.service failed because the control process exited with error code“ um die Ohren haut, weil man etwas falsch konfiguriert hat.

Egal, ob das passiert oder nicht, ist der sinnvolle nächste Schritt ein Blick in die Ausgabe des Befehls systemctl status nas-foto-sync.service. Der Befehl systemctl status fasst eine ganze Reihe an sinnvollen Ausgaben zusammen, mit denen Sie sehen können, was der Service gerade tut, ob er aktiviert ist (enabled) oder nicht, sowie die letzten Log-Einträge. Im Falle eines Fehlers weisen letztere einem hoffentlich den Weg zur Lösung des Problems.

Eine mächtigere Möglichkeit, die Protokolle zu sichten, ist der Befehl journalctl. Analog zu systemctl ist das der Weg, mit journald zu interagieren, der Komponente von Systemd, die sich ums Logging kümmert. Journald bringt weitreichende Möglichkeiten mit, Logs zu sichten, zu analysieren, zu filtern und am Ende auch wieder

aufzuräumen. In diesem Beispiel bietet sich der Befehl journalctl -xeu nas-foto-sync.service an als bequemer Weg, um die Logs anzuzeigen. Der optionale Schalter -x weist Journald an, zu vielen Einträgen zusätzlichen Hilfetext auszugeben; das -e springt ganz ans Ende des Logs (wo man den Fehler vermutlich am ehesten findet), und das -u begrenzt die Ausgabe von journalctl auf die angegebene Unit. Ansonsten spuckt journalctl nämlich die gesammelten Logs von allen Units aus. Die Ausgabe öffnet sich in der Regel in einem Pager wie less, den Sie mit Q wieder verlassen können.

Dienste automatisch starten

Wenn Sie geprüft haben, dass der Service wie gewünscht läuft, müssen Sie sich noch darum kümmern, dass er automatisch ausgeführt wird. Denn aktuell können Sie ihn nur mit systemctl start manuell starten. Dazu müssen Sie ihn mit systemctl enable nas-foto-sync.service aktivieren (enable). Darauf antwortet systemctl mit „Created symlink '/etc/systemd/system/multi-user.target.wants/nas-foto-sync.service' → '/etc/systemd/system/nas-foto-sync.service'“. Der Service ist jetzt Teil des Targets, welches Sie im Unit-File unter „WantedBy“ angegeben haben. Damit wird er nach jedem Boot automatisch gestartet.

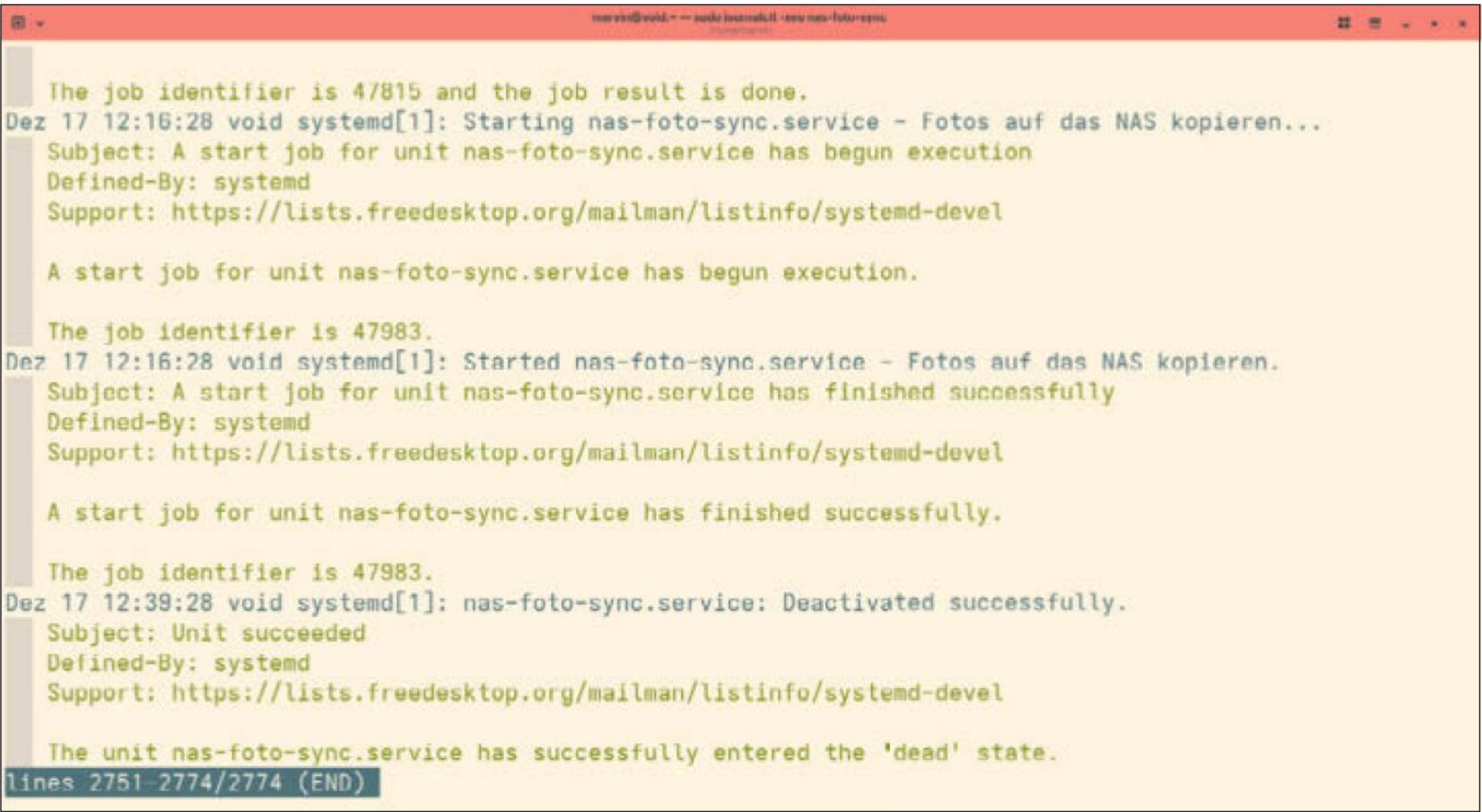
Möchten Sie das automatische Kopieren der Fotos wieder ausschalten, funktioniert der gleiche Weg rückwärts: systemctl disable entfernt den Service wieder vom Target. Steckengebliebene

Services können Sie mit `systemctl restart` durchstarten und mit `systemctl mask` verbieten Sie Units komplett den Start, sowohl per Target als auch manuell oder durch andere Units.

Verbesserte Sicherheit durch Hardening

Wenn alles läuft, kann es sich noch lohnen, sich über die Härtung des Services Gedanken zu machen. Systemd bringt eine ganze Reihe Optionen mit, die die Sicherheit Ihres Systems stärken. So können Sie den Services von vornherein Rechte entziehen, die ein Hintergrundprozess normalerweise hätte, und Teile des Systems so abschotten, dass der Service auf sie nur Lese-, aber keinen Schreibzugriff hat. Die Idee dahinter folgt dem Least-Privilege-Prinzip: Ein Service sollte nur die Rechte haben, die er unbedingt zum Funktionieren benötigt. Hierbei ist Augenmaß gefragt. Für einen Foto-Sync zu Hause ist ein voller Satz an Sicherheitsfeatures vielleicht überdimensioniert. Aber spätestens dann, wenn man eine Webapplikation mit Systemd betreibt, sollte man als bedenken, dass diese durch Angreifer von außen übernommen werden könnte.

Konkret können Sie beispielsweise im Abschnitt `[Service]` der Unit-Datei die Option `ProtectHome=yes` setzen, welche es Ihrem Service verbietet, auf Home-Verzeichnisse (einschließlich `/root`) zuzugreifen. Im Falle Ihres Foto-Syncs würde das natürlich nicht funktionieren, denn dort liegen die Fotos, die synchronisiert werden sollen. Aber für eine Wiki-Software, die Sie auf Ihrem NAS installieren, gibt es jedoch wenig legitime Gründe, auf die Home-Verzeichnisse zuzugreifen. Hier können Sie den Zugriff dem Service gestrost verbieten, ohne mit Fehlfunktionen rechnen zu müssen. Sollte das Wiki nun einmal von außen gekapert werden, kann der Prozess nicht so ohne Weiteres Ihre persönlichen Daten in `/home` abgreifen. Wichtig ist es, Systemd an dieser Stelle



Verwenden Sie `journalctl` mit der Option `-x`, zeigt es Ihnen die Ausgabe Ihres Services angereichert mit Hilfetexten an.

nicht als Security-Allheilmittel anzusehen, welches Ihr System auch im Falle einer feindlichen Übernahme komplett schützt. Aber es kann die Angriffsfläche verringern und damit viele typische Malware-Techniken unterbinden.

Einen Schritt weiter geht `ProtectSystem=...`, das eine ähnliche Beschränkung auf weitere Teile des Systems anwendet. Mit seinen verschiedenen Optionen wie `full` oder `strict` erlaubt es auf weite Teile des Dateisystems nur Lesezugriff, sodass sich Schadsoftware nicht so leicht im Dateisystem einnisten kann. Da die meisten Webapplikationen keine Änderungen in `/usr` oder `/etc` vornehmen müssen, sollte diese Option in der Praxis meist kein Problem darstellen.

Weitere wichtige Sandboxing-Optionen sind `NoNewPrivileges=yes` (verbietet es dem Service, im Nachhinein höhere Privilegien anzufordern), und `DynamicUser=yes` (legt beim Start der Unit einen temporären User mit minimalen Rechten an, der den Prozess ausführt, und entfernt ihn beim Beenden wieder). Es gibt noch einige weitere Optionen, die Sie im Sandboxing-Kapitel der Systemd-Dokumentation nach-

schlagen können. Außerdem finden Sie im Wiki von Arch Linux eine nützliche Tabelle von gebräuchlichen Sandboxing-Optionen, die auch darüber aufklärt, wie viel Sicherheitsgewinn eine Option mit sich bringt und welches Risiko sie birgt, dass mit ihr etwas nicht mehr funktioniert.

Es ist eine gute Idee, diese Sandboxing-Optionen in Ihren Standard-Systemd-Baukasten aufzunehmen und sie jedem Service mitzugeben. Sollten beim ersten Start Probleme auftreten, weil die Applikation unerwarteterweise doch mehr Rechte braucht, können Sie die Maßnahmen schrittweise und kontrolliert zurückdrehen, bis alles wie erwartet funktioniert. Aber man sollte Sandboxing als normalen Teil eines Services begreifen und Dateispeicherorte gleich so festlegen, dass es sich mit der Härtung verträgt.

Fazit

Mit der Systemd-Service-Unit haben Sie einen komfortablen Weg geschaffen, das Foto-Backup automatisch zu starten und mit einfachen Mitteln zu überwachen – ganz ohne Shell-Skripte und sonstige Eigenbaukonstrukte. Das ist aber erst der Anfang: In der Systemd-Dokumentation (siehe [ct.de/ysr9](https://www.ct.de/ysr9)) finden sich etliche weitere Optionen, um den Service nach Ihren Vorstellungen und für andere Anwendungszwecke anzupassen. Im Folgeartikel zum Thema Systemd-Timer, der in einer der nächsten Ausgaben erscheint, wird es um Services gehen, die in regelmäßigen Abständen starten und damit altmodische Cronjobs ablösen. *(ktn@ct.de) ct*

Systemd-Dokumentation: [ct.de/ysr9](https://www.ct.de/ysr9)

Sandboxing-Optionen

| Option | Auswirkung auf Service |
|-----------------------|--|
| User=... | Service läuft nicht mit Root-Rechten |
| NoNewPrivileges=yes | Prozess kann nicht im Nachhinein höhere Privilegien erlangen |
| ProtectHome=yes | kein Zugriff auf <code>/home</code> |
| ProtectHome=read-only | auf <code>/home</code> nur Lesezugriff |
| ProtectSystem=full | <code>/usr</code> , <code>/etc</code> , <code>/boot</code> und <code>/efi</code> sind schreibgeschützt eingebunden |
| ProtectSystem=strict | alles außer <code>/dev</code> , <code>/proc</code> und <code>/sys</code> ist schreibgeschützt eingebunden |
| PrivateDevices=yes | verbietet Zugriff auf Hardwaregeräte in <code>/dev</code> |
| ReadOnlyPaths=... | erlaubt auf genannte Verzeichnisse nur Lesezugriff zu |
| PrivateNetwork=yes | verbietet Netzwerkzugriff |



Bild: Ulrike Weis / KI / heise medien

Heimvorteil

Umzugskosten von der Steuer absetzen

Der Bundesfinanzhof hat Grundsätze festgelegt, wann Arbeitnehmer und Selbstständige einen Umzug von der Steuer absetzen können. Die Entscheidung betrifft insbesondere IT-Fachkräfte, ob Verbesserungen ihrer Homeoffice-Situation anerkannt werden.

Von Martin Weigel

Auch nach der Coronazeit ist die Heimarbeit zumindest tageweise für viele Arbeitnehmer nicht mehr wegzudenken. Insbesondere IT-Arbeiter haben sich ei-

gens eine größere Wohnung gesucht, um Platz fürs Büro daheim zu schaffen. Aber kann man die Kosten für den Umzug in so einem Fall dann in der Einkommensteuererklärung geltend machen?

In dem vom Bundesfinanzhof (BFH) als oberstem Gericht in Steuersachen entschiedenen Fall (Az. VI R 3/23) ging es genau um diese Frage. Ein Arbeitnehmer-ehepaar bewohnte im Jahr 2020 mit seiner 15-jährigen Tochter eine Dreizimmerwohnung mit einer Wohnfläche von etwa 65 m² in Hamburg. Aufgrund der Corona-maßnahmen arbeitete der Mann zunächst ausschließlich zu Hause. Nach einem Arbeitgeberwechsel arbeitete er noch an vier Tagen der Woche in der Privatwohnung und einmal wöchentlich in den ebenfalls in Hamburg gelegenen Räumen seines neuen Arbeitgebers. Seine Frau arbeitete

ebenfalls an vier Tagen pro Woche im Homeoffice und einen Tag im Büro ihres Arbeitgebers.

Da das Ehepaar in der gemeinsamen Wohnung über kein Arbeitszimmer verfügte, nutzten sie im Wesentlichen abwechselnd den Esstisch im Wohn- und Esszimmer als Schreibtisch. Diese Wohn- und Arbeitssituation empfanden sie jedoch auf die Dauer als unbefriedigend. Im Mai 2020 mieteten sie deshalb eine 110 m² große Fünfstückwohnung in Hamburg an. Zwei Zimmer statteten sie mit Büromöbeln aus und nutzten sie als häusliche Arbeitszimmer.

In ihrer Einkommensteuererklärung für das Jahr 2020 machten die beiden Angestellten unter anderem Umzugskosten in Höhe von 4200 Euro als Werbungskosten bei ihren Einkünften aus nichtselbstständiger Arbeit geltend. Das Finanzamt berücksichtigte diese Kosten jedoch nicht bei der Einkommensteuerfestsetzung. Auf den Einspruch der Eheleute gegen den Einkommensteuerbescheid 2020 gewährte das Amt zwar den Abzug weiterer Werbungskosten, darunter auch der Aufwendungen für ein häusliches Arbeitszimmer der Frau. Die geltend gemachten Umzugskosten erkannte es jedoch weiterhin nicht an.

Instanzenweg

Das nach erfolglosem Einspruch mit der Sache befasste Finanzgericht (FG) Hamburg gab dem Paar recht und erkannte die Werbungskosten für den Umzug an. Es entschied, dass Umzugskosten beruflich veranlasst sein können, wenn er zu einer wesentlichen Erleichterung der Arbeitsbedingungen führt. Dies sei der Fall, wenn ein Umzug erfolge, um für jeden Ehegatten in der neuen Wohnung ein Homeoffice-Arbeitszimmer einzurichten [1].

Die Finanzverwaltung wollte die Sache jedoch grundsätzlich und bundesweit geklärt wissen und legte deshalb Revision beim Bundesfinanzhof (BFH) ein. Der sah die Sache in der Tat anders als die Hamburger Richter. Er hob deren Urteil auf und wies die Klage der Eheleute auf Anerkennung der Werbungskosten für den Umzug ab.

Denn nach Ansicht des BFH sind Aufwendungen eines Steuerpflichtigen für einen Umzug in eine andere Wohnung, um dort erstmals ein Arbeitszimmer einzurichten, nicht als Werbungskosten abzugsfähig. In seiner nun veröffentlichten Entscheidung stellt er zunächst klar, dass das Wohnen grundsätzlich dem privaten Lebensbereich zuzurechnen ist [2]. Gemäß § 12 Nr. 1 Satz 2 des Einkommensteuergesetzes (EStG) seien deshalb Kosten für einen Wohnungswechsel grundsätzlich als steuerlich nicht abzugsfähige Kosten der Lebensführung zu betrachten.

Etwas anderes gelte jedoch, wenn die berufliche Tätigkeit den entscheidenden Grund für den Wohnungswechsel darstelle und private Umstände lediglich eine untergeordnete Rolle spielten. Dies müsse man anhand objektiver Umstände feststellen können, die typischerweise auf eine berufliche Veranlassung des Umzugs schließen ließen. Stehe die (nahezu ausschließliche) berufliche Veranlassung des Umzugs fest, sei auf die Motive des Steuerpflichtigen für den Umzug in eine bestimmte Wohnung (beispielsweise in eine größere Mietwohnung oder ein Einfamilienhaus) nicht mehr abzustellen.

Davon ausgehend sei eine nahezu ausschließliche berufliche Veranlassung des Umzugs in eine andere Wohnung selbst dann zu verneinen, so der BFH weiter, wenn der Umzug erfolge, um in dieser Wohnung (erstmalig) ein Arbeitszimmer einzurichten. Denn in diesen Fällen sei der Umzug durch die (bisherige) private Wohnsituation mit veranlasst. Zwar wür-

ct kompakt

- Umzugskosten können unter bestimmten Voraussetzungen als Werbungskosten abziehbar sein.
- Der Bundesfinanzhof grenzt beruflich veranlasste Umzüge von privaten Wohnungswechseln ab.
- Als Gründe lassen sich unter anderem erheblich kürzere Arbeitswege oder die Vermeidung doppelter Haushaltsführung anführen.

den Homeoffice, Tele- und sogenannte Remote-Arbeit, also ortsunabhängiges mobiles Arbeiten, zunehmend akzeptiert. Der Wunsch, im privaten Lebensbereich in einem (häuslichen) Arbeitszimmer zu arbeiten, beruhe jedoch nicht allein auf objektiven beruflichen Kriterien, sondern in erster Linie auf privaten Motiven und Vorlieben. Auch wenn der Arbeitnehmer ein ungestörtes Arbeiten zu Hause als notwendig empfinde, führe dies nicht dazu, dass der Umzug (fast) ausschließlich beruflich veranlasst sei. Dies gelte auch dann, wenn die Umzügler über keinen (außerhäuslichen) Arbeitsplatz verfügten oder durch die Arbeit im Homeoffice Berufs- und Familienleben zu vereinbaren suchten. Ebenfalls unerheblich ist für den BFH, ob der neu eingerichtete Arbeitsraum in der neuen Wohnung im steuerrechtlichen Sinne ein häusliches Arbeitszimmer darstelle. Denn mit der Einrichtung eines (häuslichen) Arbeitszimmers verbessere sich stets auch die private Wohnsituation [3].

Andere Umstände

Bei anderer Sachlage sind Umzugskosten durchaus als Werbungskosten bei Einkünften aus nichtselbstständiger Tätigkeit anerkannt. Den notwendigen Zusammenhang zwischen den Aufwendungen für einen Umzug und dem Beruf hat die Rechtsprechung in folgenden (typisierten) Fallkonstellationen anerkannt:

- Ein Umzug ist beruflich veranlasst, wenn sich durch ihn die Hin- und Rückfahrt zur Arbeit um mindestens eine Stunde täglich verkürzt [4]. Umzugsbedingte Werbungskosten können auch anzuerkennen sein, wenn die bisherige Fahrt zur Arbeit zu beschwerlich geworden ist oder der Umzug die Arbeitsbedingungen

wesentlich verbessert [5]. Das muss man darlegen und glaubhaft machen.

- Eine berufliche Veranlassung liegt im Regelfall vor, wenn der Umzug erfolgt, weil der Steuerpflichtige seine berufliche Tätigkeit erstmals aufnimmt und der Ortswechsel die Zeitspanne für die täglichen Fahrten zwischen Wohnung und Arbeitsstätte erheblich vermindert [6].
- Wer zur Wiederaufnahme seiner Berufstätigkeit aus dem Ausland ins Inland zurückzieht, kann beruflich veranlasste Werbungskosten geltend machen [7]. Das gilt auch für den Rückumzug eines ausländischen Arbeitnehmers ins Heimatland nach Beendigung einer inländischen befristeten Tätigkeit [8].
- Kosten für den Umzug bei Beginn und Beendigung einer doppelten Haushaltsführung sind notwendige Werbungskosten. Hier kann man aber nur die tatsächlichen Kosten geltend machen, nicht hingegen die Pauschale nach § 10 des Bundesumzugskostengesetzes (BUKG) [9].
- Zieht man als Steuerpflichtiger in mehreren Etappen um, gilt grundsätzlich der Einzug in die erste Wohnung als beruflich, der Umzug in eine weitere Bleibe als privat veranlasst. Ausnahmen gibt es, wenn man zunächst in eine Behelfsunterkunft oder etwas Ähnlichem zieht, etwa um die Probezeit zu überbrücken.
- Zieht man anlässlich einer Eheschließung in eine gemeinsame Familienwohnung, so ist die berufliche Veranlassung des Umzugs für jeden Ehegatten gesondert zu prüfen. Dies gilt nicht, wenn sich die Fahrzeiten der Ehegatten zum Arbeitsplatz jeweils um mindestens eine Stunde verkürzen. [10].
- Werbungskosten für den Umzug kann man geltend machen, wenn man ganz überwiegend im Interesse des Arbeitgebers umzieht. Das ergibt sich aus dem vorgenannten Urteil des Bundesfinanzhofs. Für die Steuererklärung sollte man aber eine aussagekräftige Bescheinigung des Arbeitgebers vorlegen, damit man gar nicht erst ins Einspruchsverfahren kommen muss. Umzugskosten können aber steuerlich nicht geltend gemacht werden, wenn der Arbeitgeber sie sowieso steuerfrei erstattet hat (§ 3c EStG).

Umzugskosten

Zu den allgemeinen Umzugskosten, die man in diesem Zusammenhang geltend machen kann, zählen unter anderem die Transportkosten, die Reisekosten für die Umzugsreise sowie doppelte Mietzahlun-

gen bis Ende der möglichen Kündigungsfrist und Maklergebühren, allerdings nicht bei Umzug in ein gekauftes Haus.

Wird durch den Umzug auch ein Wechsel der Schule eines Kindes nötig, können Unterrichtskosten für Nachhilfe bis zum gesetzlichen Höchstbetrag von 1268 Euro geltend gemacht werden (§ 9 Abs. 2 BUKG i.V.m. § 6 Abs. 3 Satz 2 BUKG).

Bei einem beruflich veranlassten Wohnungswechsel können die tatsächlichen Umzugskosten grundsätzlich bis zur Höhe der Beträge als Werbungskosten abgezogen werden, die nach dem BUKG und der Auslandsumzugskostenverordnung (AUV) höchstens gezahlt werden könnten. Ausgenommen hiervon sind notwendige ortsübliche Maklerkosten für die Vermittlung einer Mietwohnung und einer Garage oder Auslagen bis zu dieser Höhe für eine eigene Wohnung. Nach den online einsehbaren Lohnsteuerrichtlinien, genauer im Abschnitt LStR 9.9 Abs. 2 Satz 4, können jedoch anstelle der in § 10 BUKG pauschal erfassten Umzugskosten auch nachgewiesene höhere Umzugskosten als Werbungskosten abgezogen werden.

Ab dem 1. März 2024 gelten für jeden (berufsbedingten) Umzügler nach § 10 Bundesumzugsgesetz folgende Pauschbeträge für „sonstige Umzugsauslagen“ [11]:

- 964 Euro für Berechtigte
- 643 Euro für jede andere Person (Ehegatte, Lebenspartner, ledige Kinder sowie Stief- und Pflegekinder), die nach dem Umzug mit dem Berechtigten in häuslicher Gemeinschaft leben.
- Für berufsbedingte Umzügler, die am Tag vor dem Einladen des Umzugsgutes keine Wohnung besaßen oder nach dem Umzug keine eigene Wohnung einge-

richtet haben, beträgt die Pauschalvergütung 193 Euro.

Wird der Lebensmittelpunkt vom Arbeitsplatz wegverlegt, gilt dieser Umzug als privat veranlasst. Werbungskosten kann man in diesem Fall allerdings für den Umzug in eine zusätzlich am Arbeitsort eingerichtete Zweitwohnung geltend machen.

Private Kosten

Auch wenn der Umzug im steuerlichen Sinne nicht berufsbedingt war, können unter Umständen Kosten in der Steuererklärung berücksichtigt werden. Die Rechnung für das Umzugsunternehmen lässt sich dann als haushaltsnahe Dienstleistung geltend machen (§ 35a Abs. 2 EStG). Dazu muss man den Rechnungsbetrag jedoch per Überweisung beglichen haben und nicht etwa in bar.

Auch wenn in der neuen Wohnung im rechtlichen Sinne kein Arbeitszimmer eingerichtet wird, können die Aufwendungen für Arbeitsmittel wie einem neuen Schreibtischstuhl, Arbeitslampe, Regale und dergleichen als Werbungskosten geltend gemacht werden.

Selbstständige


Auch Selbstständige oder Freiberufler können Umzugskosten bei der Steuer unter bestimmten Bedingungen als sofort abzugsfähige Betriebsausgaben geltend machen (§ 4 Abs. 4 EStG). Der Umzug muss dann aber betrieblich veranlasst sein. Das muss man dem Finanzamt darlegen und nötigenfalls glaubhaft machen. Gründe für einen betrieblich bedingten Umzug können beispielsweise sein, dass der neue Standort bessere Umsatzchancen bietet. Weitere Ursachen könnten ein

Wechsel der Berufstätigkeit oder eine Betriebsverlegung sein sowie ein Umzug in die Nähe des (Haupt-)Kooperationspartners. Auch wenn die Firma sich vergrößert, also den „betrieblichen Raumerweitert“, wie es im Steuerdeutsch heißt, kann dies ein Grund für den Abzug sein.

Anders als Arbeitnehmer können Selbstständige aber keine Umzugskostenpauschale beanspruchen, sondern müssen die tatsächlichen Kosten in der Einnahmen-Überschussrechnung (EÜR) aufführen oder, in den seltenen Fällen einer doppelten Buchführung, in der Bilanz und Gewinn-Verlust-Rechnung.

Vermischt man aus Sicht des Finanzamtes private und betriebliche Motive, führt das dazu, dass es die geltend gemachten Aufwendungen nicht anerkennt. Wenn der Betrieb nur aus einem Notebook besteht und in der neuen Wohnung kein gesonderter Arbeitsraum eingerichtet wird, ist die berufliche Veranlassung des Umzugs nur schwer zu begründen. Grundsätzlich gilt, dass die betrieblichen Umzugskosten im Verhältnis zur betrieblichen Tätigkeit stehen müssen.

Fazit

Die Rechtsprechung gewährt den Werbungskostenabzug für Umzugskosten nur in Fällen, in denen objektive Umstände vorliegen, aus denen sich typischerweise auf eine berufliche Veranlassung des Umzugs schließen lässt. Dazu hat der BFH Beispielfälle gebildet, an denen sich nicht nur IT-Kräfte orientieren können. Sollten Sie umziehen, dann sollten Sie darauf achten, die Belege fürs Finanzamt aufzubewahren. Rechnungen sollten Sie überwiesen und nicht bar gezahlt haben. Dies gilt insbesondere für die Bezahlung eines Umzugsunternehmens, wenn man diese Kosten als haushaltsnahe Dienstleistung geltend machen will. (tig@ct.de) 

Literatur

- [1] FG Hamburg, Urteil vom 23.2.2023 – 5 K 190/22
- [2] BFH, Urteil vom 5.2.2025 – VI R 3/23
- [3] BFH, Urteil vom 16.10.1992 – VI R 132/88, BStBl II 1993, 610
- [4] BFH, Beschluss vom 12.11.2008 – VI B 85/08
- [5] BFH, Urteil vom 28.4.1988 – IV R 42/86
- [6] BFH, Urteil vom 18.10.1974 – VI R 72/72
- [7] FG Niedersachsen, Urteil vom 30.4.2012 – 4 K 6/12
- [8] BFH, Urteil vom 4.12.1992 – VI R 11/92
- [9] BMF, Amtliches Lohnsteuerhandbuch 2025 R 9.11 Abs. 9.
- [10] BFH, Urteil vom 23.3.2001 – VI R 175/99, BStBl II 2001, 585
- [11] BMF-Schreiben vom 28.12.2023 – IV C 5 – S 2353/20/10004 :003, BStBl I 2024, 84



Bild: Daniel Schwarcz

Der Bundesfinanzhof hat als höchstes deutsches Gericht für Steuersachen Grundsätze für die steuerliche Abziehbarkeit von Umzugskosten aufgestellt.

MEHR ALS EIN SWIPE – WISSEN DAS BLEIBT.

Mac & i

2× Mac & i mit 35% Rabatt testen!

- Tipps & Praxiswissen für Apple-Insider
- Spannende Produkttests von Hard- und Software
- Workshops rund um die Apple-Produkte



+
Geschenk
nach Wahl

Adapter-Kabelbox oder Buch „Apple Junkies“



Jetzt bestellen:

www.mac-and-i.de/vorteil



Tipps & Tricks

Sie fragen – wir antworten!

Wackelige Wireguard-Verbindung

? Ich nutze das VPN-Protokoll Wireguard auf meinem Tablet und auf dem Desktop-PC, um mich mit einem anderen Netzwerk zu verbinden. Manchmal funktioniert die Verbindung schlecht und ich muss teils mehrfach versuchen, eine Webseite zu laden. An anderen Tagen funktioniert alles reibungslos. Was läuft da schief?

! Ein häufiges Problem beim Umgang mit Wireguard: Wenn man nur ein Schlüsselpaar hat, kann man sich mit mehreren Geräten zeitgleich verbinden. Weder die Clientsoftware noch der Server verhindern das. Das Fehlerbild sieht aus, wie Sie es beschreiben: Jede zweite Anfrage landet im Nirvana. Schalten Sie Wireguard auf einem der Geräte ab, dann sollte der Fehler verschwinden. Anschließend sollten Sie für jedes Gerät ein eigenes Schlüsselpaar erzeugen. (jam@ct.de)

macOS: Vivaldi verbindet sich nicht zu LAN-Servern

? Auf meinem Mac kann ich mich im Vivaldi-Browser plötzlich nicht mehr mit meinen lokalen Servern, beziehungsweise deren Web-Oberflächen über IP-Adressen wie 192.168.178.xx verbinden. Externe Webseiten funktionieren, ein Ping auf die IP-Adressen ist erfolgreich und mit Safari vom selben Rechner klappt es auch. Was läuft da schief?

! Möglicherweise gibt es unter macOS eine aktive Zugriffssperre für Geräte im lokalen Netz. Seit macOS 11 erscheint beim ersten Start einer frisch installierten und manchmal auch bei einer gerade aktualisierten Anwendung die Frage, ob sie nach Geräten im lokalen Netzwerk suchen darf. Beantwortet man sie mit „Nein“, merkt sich das System das und fragt künftig

nicht mehr. Lokale Netzzugriffe der betroffenen App werden dann blockiert. Es gibt Berichte, nach denen dieser Schalter durch ein Update oder einen Fehler ohne Zutun des Nutzers gesetzt wurde. So prüfen und korrigieren Sie die Einstellung:

Wechseln Sie in die Systemeinstellungen von macOS in den Abschnitt „Datenschutz & Sicherheit/Lokales Netzwerk“. Dort finden Sie eine Liste von Anwendungen mit einem Ein-/Ausschalter für deren LAN-Zugriffsberechtigung. Vermutlich steht er bei Vivaldi auf aus. Aktivieren Sie ihn, sollte der Browser nach einem Neustart wieder auf Ihre LAN-Server zugreifen können. (swi@ct.de)

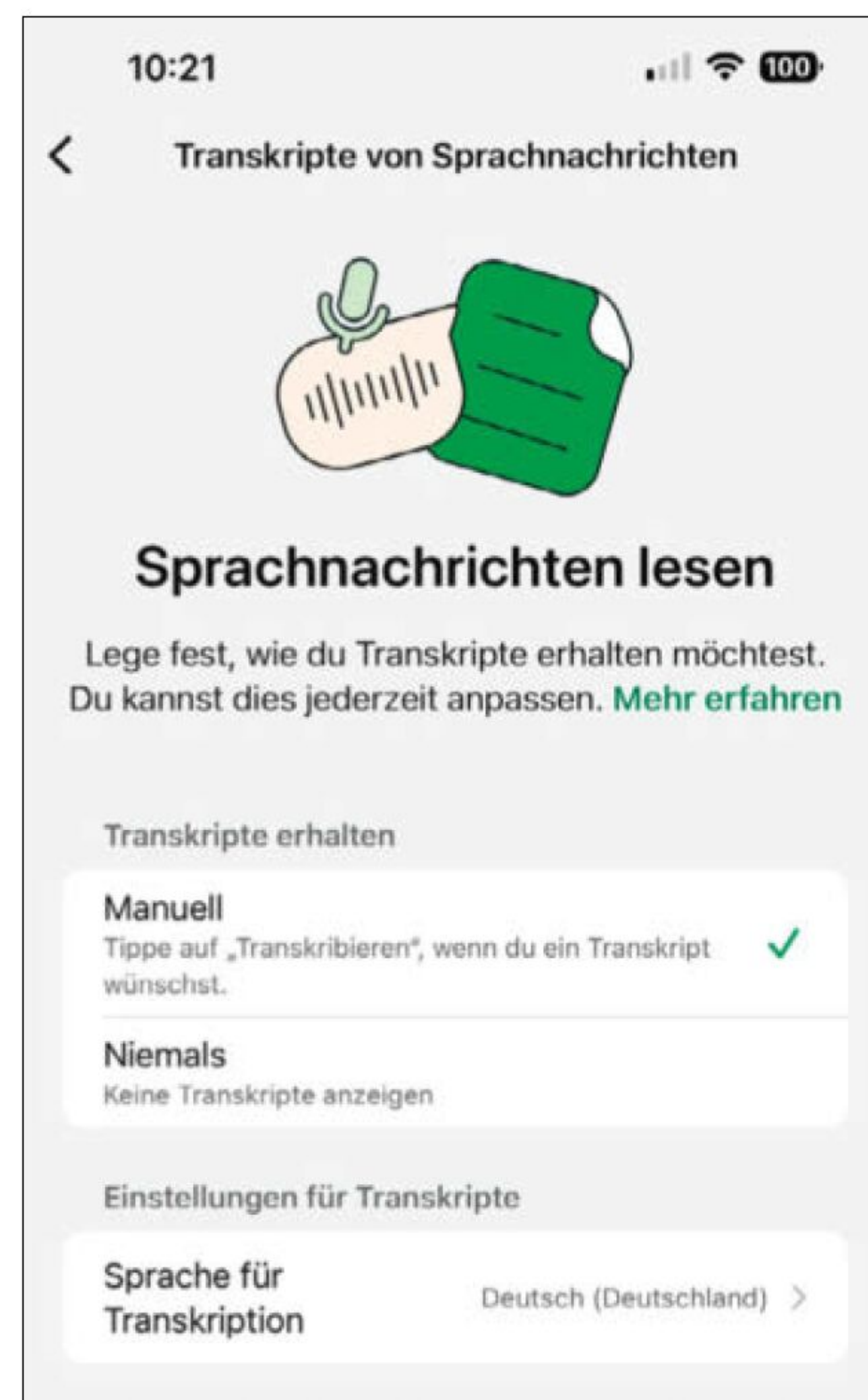
WhatsApp: Diskrete Sprachnachrichten

? Einige meiner WhatsApp-Kontakte haben sich darauf verlegt, vornehmlich Sprachaufnahmen anstelle getippter Nachrichten zu schicken. Weder im Büro noch in einem öffentlichen Verkehrsmittel möchte ich die laut abspielen. Was tun?

! Sowohl unter Android als auch unter iOS nutzt die App den Näherungssensor des Smartphones. Halten Sie es einfach ans Ohr, dann wird die Nachricht nicht mehr über den Lautsprecher abgespielt.

iPhone-Nutzer mit iOS 16 oder höher können alternativ die Sprachaufnahme in Text umwandeln (transkribieren) lassen, anstatt sie abzuspielen. Dazu aktivieren Sie die Funktion über die WhatsApp-Einstellungen unter „Chats/Transkripte für Sprachnachrichten/Manuell“ und wählen darunter die Sprache aus. Künftig finden Sie unter der jeweiligen Sprachnachricht den antippbaren Link „Transkribieren“, womit die Nachricht als Text ausgegeben wird.

WhatsApp wandelt die Nachrichten lokal auf dem Gerät um; die Inhalte laufen also nicht über Metas Server. Dieselbe Funktion gibt es zwar auch in der Android-



Sprachnachrichten in der WhatsApp-App kann man in Text transkribieren, auf Deutsch bislang jedoch nur unter iOS.

App, jedoch nur für wenige Sprachen, wobei Deutsch bislang fehlt. (swi@ct.de)

Tab-Wechsel per Shortcut in Obsidian

? Ich nutze Obsidian und habe mir die Tastenkürzel „zum Tab #1 gehen“, „#2“ und so weiter eingerichtet, um das erste, zweite, dritte et cetera Editorfenster zu aktivieren. Das klappt oft, aber manchmal – vor allem, wenn ich Obsidian per Tastenkombination in den Vordergrund hole – öffnet sich die globale Suche oder es passiert gar nichts. Wie kann ich das verbessern?

! Diese Obsidian-Tastenkürzel aktivieren leider nicht gezielt Editorfenster, sondern schalten innerhalb der aktuellen

Tab-Gruppe um. Wenn beispielsweise die linke Seitenleiste fokussiert ist, dann öffnet „#1 Tab“ den Explorer, #2 die globale Suche und #3 die Bookmarks.

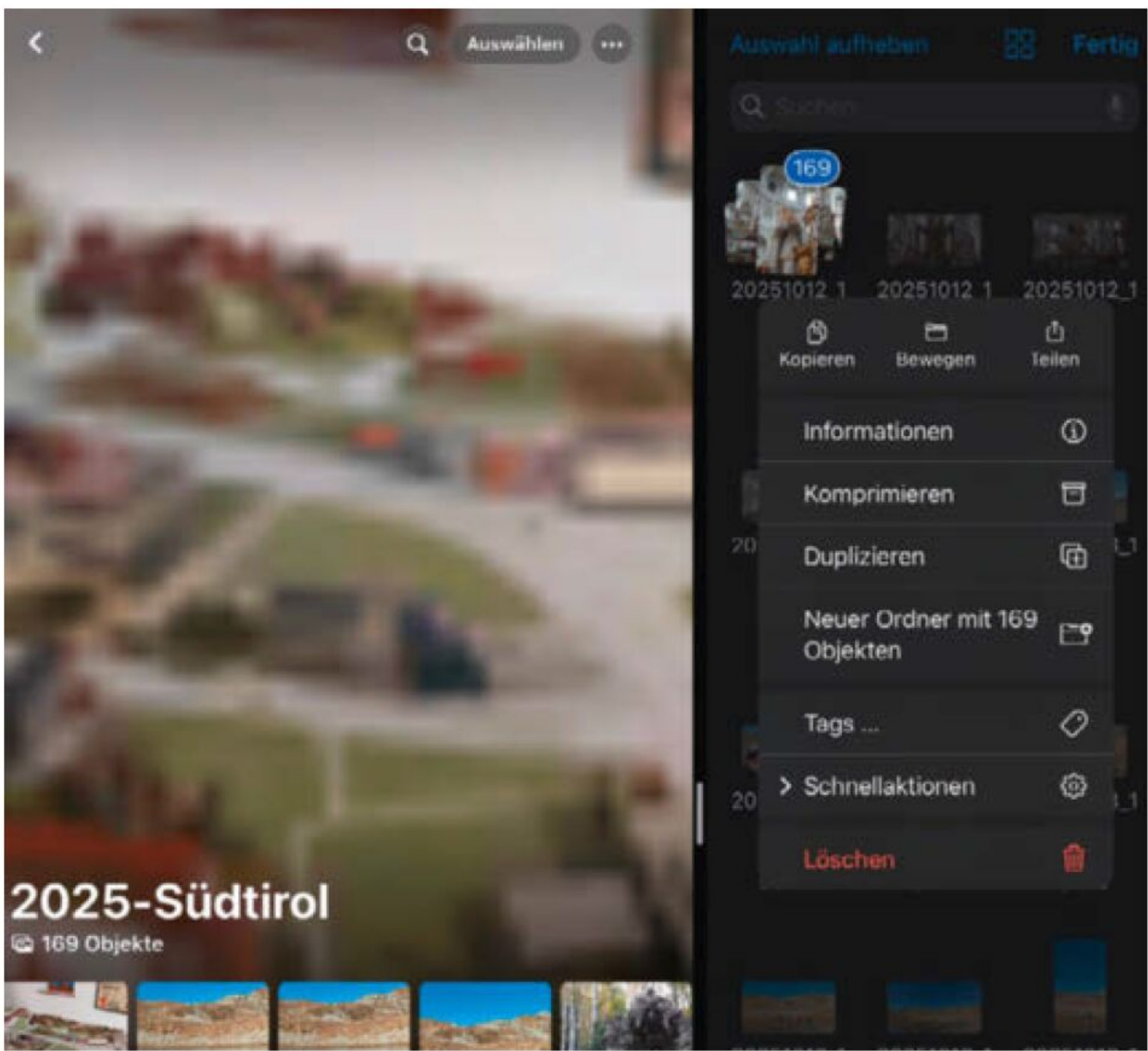
Eine Abhilfe wäre, vor Ihrem Tastenkürzel die Tab-Taste zu betätigen, um von der Seitenleiste ins Editorfenster zu wechseln. Ist allerdings das Editorfenster schon fokussiert, fügen Sie damit ein Tab in den aktiven Text ein. Eine weitere Idee wäre, zusätzliche Tastenkürzel zu definieren, um zwischen den Tabgruppen zu wechseln. Obsidian kennt Kürzel, um die obere, untere, rechte oder linke Tab-Gruppe zu fokussieren. Je nach Ihrer Konfiguration müsste eines davon das Editorfenster fokussieren. Sie müssten dann dieses Tastenkürzel drücken und danach das zum Wechsel auf den gewünschten Tab.

Ein Tastenkürzel, um diese Tastenkürzel zu kombinieren, oder direkt eine eingebaute Funktion à la „öffne Editor #1“ ist uns nicht bekannt. Auch haben wir keine Erweiterung für genau diesen Zweck entdeckt. Falls Sie allerdings in den Tabs immer dieselben Dateien – etwa Aufgabenlisten – geöffnet halten, helfen möglicherweise zwei etwas anders arbeitende Community-Plug-ins:

„Hotkeys for Bookmarks“ erlaubt Ihnen, die ersten neun Lesezeichen per Tastenkürzel zu öffnen, und zwar wahlweise in einem neuen Tab oder, falls schon geöffnet, im bestehenden. Sie müssen dazu die mitgelieferte Obsidian-Erweiterung „Lesezeichen“ aktivieren und Ihre gewünschten Dateien als Lesezeichen setzen.

„Hotkeys for specific files“ öffnet auf Tastendruck fest eingestellte Dateien, ebenfalls entweder in einem neuen Tab oder im bestehenden. Kürzel für neue Dateien einzurichten ist etwas umständlicher, zudem müssen Sie nachpflegen,

Öffnet man unter iPadOS gleichzeitig die Apps Fotos und Dateien, kann man Bilder von USB-Datenträgern und -Kartenlesern importieren.



falls Sie die Dateien umbenennen oder in einen anderen Ordner verschieben. Dafür können Sie mehr als neun Dateien definieren, falls Sie sich so viele Tastenkürzel merken können.

Falls das Ihre ersten Community-Plug-ins sind: Gehen Sie in den Einstellungen auf „Externe Erweiterungen“, schalten Sie „Eingeschränkter Modus“ ab und klicken auf „Durchsuchen“ bei Community-Erweiterungen. Dort können Sie die gewünschte Erweiterung auswählen.

(jow@ct.de)

Fotos aufs iPad kopieren

Das iPad ist ein tolles Foto-Zeigegerät, aber ich finde es schwierig, Bilddateien in die Foto-App von iPadOS zu importieren – jedenfalls von Geräten, die nicht ebenfalls aus dem Apple-Imperium stammen. Haben Sie einen Tipp, wie ich Fotos von einem USB-Stick aufs iPad bekomme?

Es gibt mehrere Methoden mit jeweiligen Vor- und Nachteilen. Einige haben wir mit einem fünf Jahre alten iPad Air der 4. Generation mit USB-C und iPadOS 18.7.3 ausprobiert. Die von Apple vorinstallierte App „Fotos“ hat eine Importfunktion, aber die funktioniert nur mit bestimmten SD-Kartenlesern und Kameras. Sie sucht nach Bilddateien in bestimmten Ordnern wie DCIM (Digital Camera Images) und verarbeitet nur ausgewählte Bilddateiformate.

Auf den ersten Blick flexibler ist die kostenpflichtige App „FileBrowser“, die

beliebige Daten auch vom USB-Speicher oder sogar von NAS-Freigaben kopiert. FileBrowser kann Bilder jedoch nicht in den Speicherbereich der Fotos-App schreiben – sie sind nur in FileBrowser sichtbar. Damit funktioniert beispielsweise das Teilen via AirPlay etwas anders, um sie auf einem Fernseher zu zeigen.

Über den Umweg der vorinstallierten App „Dateien“ lassen sich aber zumindest JPEG-Bilder in „Fotos“ importieren, und zwar sowohl von einem USB-Stick als auch von einer SD-Karte und aus beliebigen Unterverzeichnissen. Wir haben die Datenträger jeweils über einen USB-C-Hub angeschlossen. Anschließend öffneten wir sowohl die App „Fotos“ als auch „Dateien“ und platzierten beide Fenster nebeneinander. Der externe Datenträger tauchte in „Dateien“ als „NO NAME“ auf.

In der App „Fotos“ wechselten wir vor dem Kopieren in den Bereich „Alben“ und legten ein neues Album an; das ist aber optional. Mit je einem Tipp wechselten wir nun in „Fotos“ in das (leere) Album und in „Dateien“ in das gewünschte Quellverzeichnis. In letzterem tippten wir dann oben rechts auf die drei Punkte im Kreisymbol, anschließend auf „Auswählen“ und dann im Bereich oben links auf „Alles auswählen“.

Anschließend war Fingerfertigkeit gefragt: Wir legten den Finger auf ein beliebiges Bild und hielten ihn dort, bis das System reagierte und die Anzahl aller Bilder anzeigte. Die Bilder hafteten jetzt sozusagen am Finger und wir konnten sie damit ins offene Fenster der App „Fotos“ ziehen.

(ciw@ct.de)

Fragen richten Sie bitte an

 **hotline@ct.de**

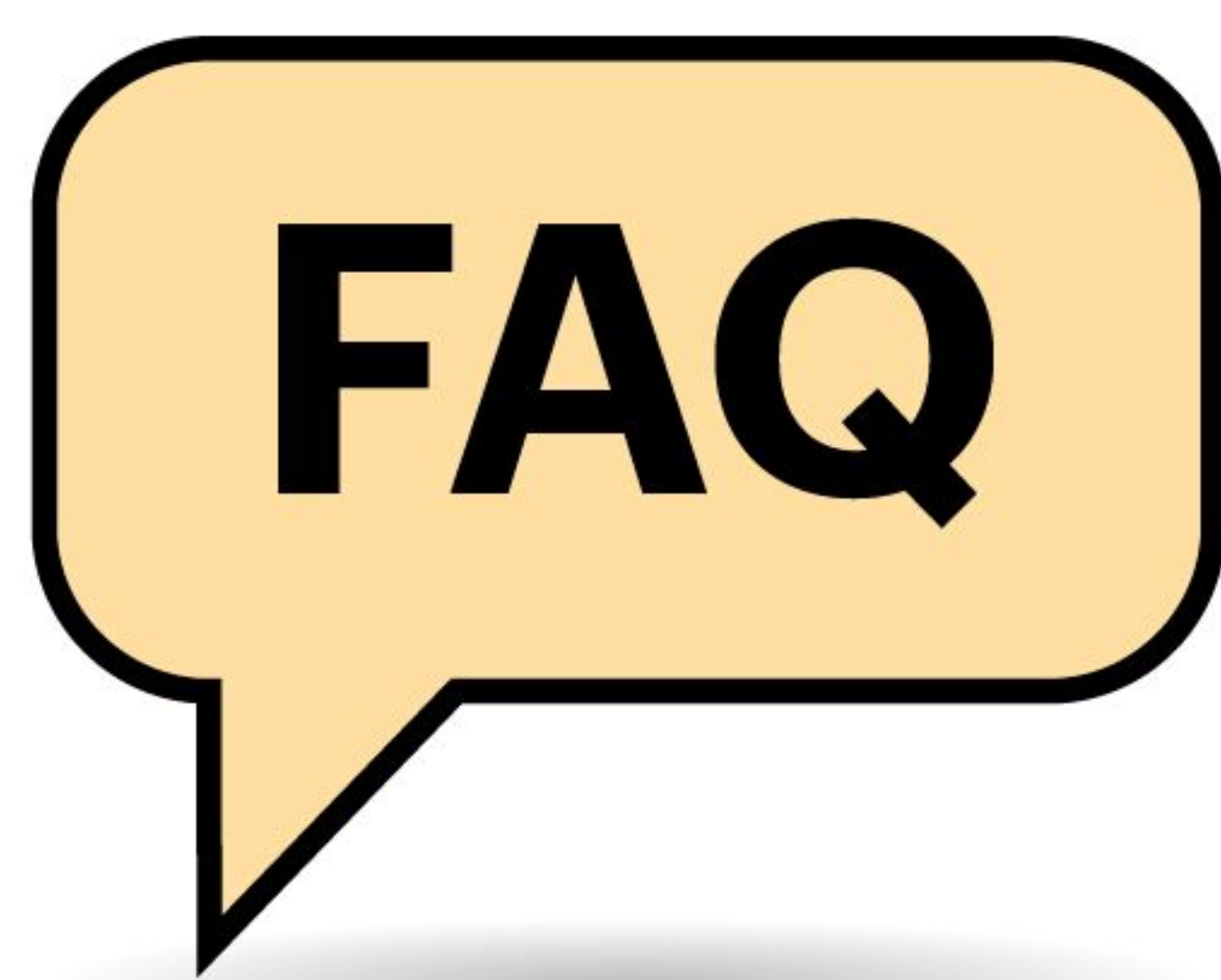
 **c't Magazin**

 **ct_magazin**

 **@ct_Magazin**

 **c't magazin**

Alle bisher in unserer Hotline veröffentlichten Tipps und Tricks finden Sie unter **www.ct.de/hotline**.



Der Bausatz des c't-Notfall-Windows 2026

Unser vom USB-Stick startendes Notfallsystem hilft, wenn Windows in Schieflage geraten ist oder wenn Wartungsaufgaben anstehen, die besser nicht mit einer laufenden Installation auszuführen sind. Hier beantworten wir Fragen rund um den Bausatz.

Von Peter Siering

Wie Updates einspielen

? Ich habe gelesen, dass es Updates für den Bausatz gibt, und habe im Bauprogramm PEBakery den Update-Knopf gedrückt. Es erscheint aber nur die Meldung „To be implemented“. Was mache ich falsch?

! Nichts. Dieser Knopf ist tatsächlich funktionslos. Deswegen haben wir unter anderem eine eigene Update-Funktion in das als Basis verwendete PhoenixPE eingebaut. Sie steckt allerdings in den von PEBakery ausgeführten Skripten. Ein nach dem Starten des Bauprozesses früh aufgerufenes Skript prüft, ob es Updates gibt, lädt diese herunter und führt sie aus. Bei komplexeren Updates kann es sein, dass sich PEBakery beendet und Sie zuvor bitten, das Programm erneut zu starten – wenn Sie noch die ursprünglich veröffentlichte Fassung des Zip-Archivs mit dem Bausatz verwenden, sind sogar zwei Neustarts notwendig. Kurzum: Der Bausatz aktualisiert sich beim Starten automatisch.

Warnung beim Update wegen Proxy

? Ich erhalte kurz nach dem Starten des Bauvorgangs stets die Meldung: „Update-Download mit Zertifikatsfehler gescheitert. Das deutet auf aktiven Web-Schutz (Proxy) hin. Bitte vorübergehend deaktivieren und erneut versuchen. Baulauf wird abgebrochen.“ Ich habe Ausnahmen in meinem Antivirenprogramm eingerichtet, aber über diesen Punkt komme ich nicht weg. Kann ich die Prüfung nicht überspringen?

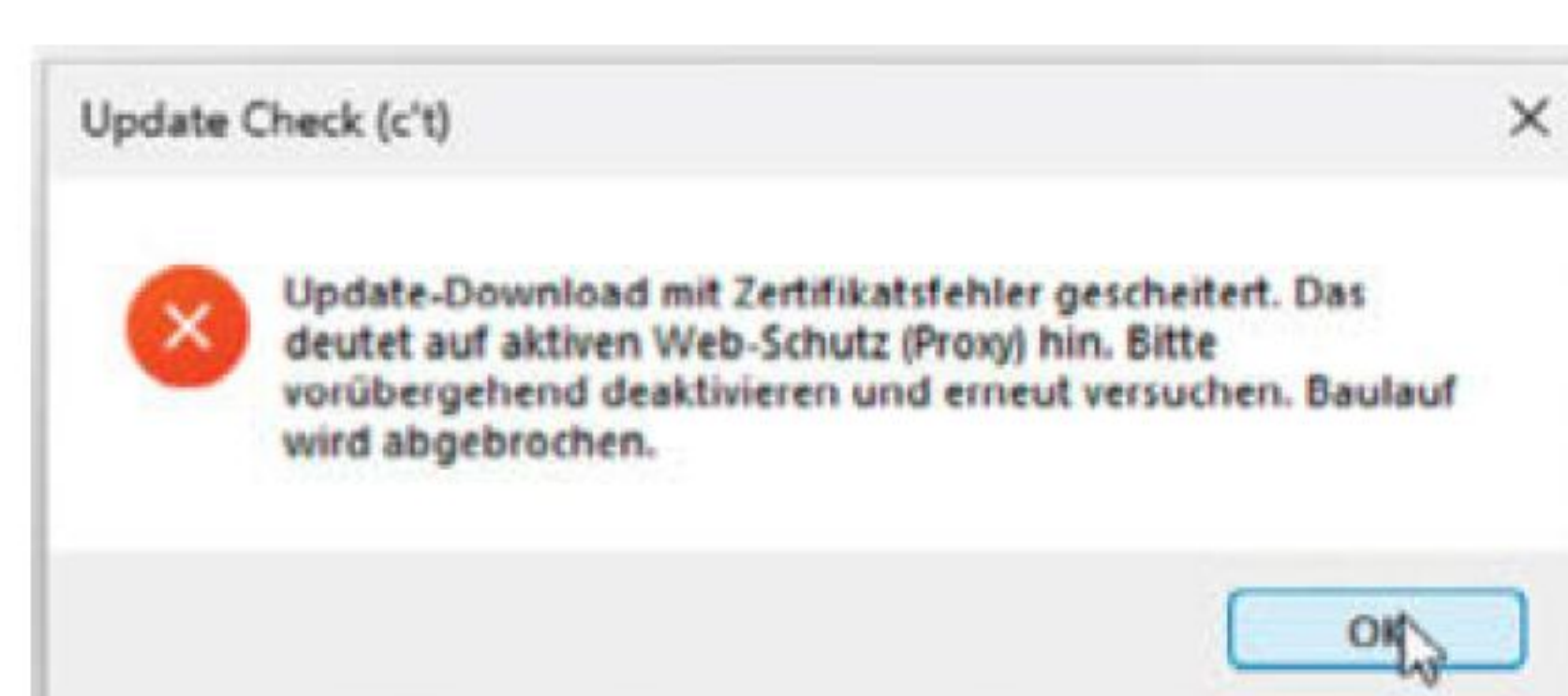
! Leider nein: Wenn Sie das täten, würden viele der folgenden Downloads

fehlgeschlagen. Sie müssen in den Einstellungen Ihrer AV-Software die damit in Zusammenhang stehende Einstellung finden. Bei Produkten der Marke Norton heißt die zuständige Option „Sicheres Internet“ und bei Avast „Webschutz“ beziehungsweise „HTTPS-Scanning“. Diese „Sicherheitsprodukte“ filtern Zugriffe per HTTP(S) als Man in the middle (MITM). Bei TLS-gesicherten Verbindungen fällt das auf, weil sie falsche Zertifikate vorweisen. Bei den installierten Browsern stört das nicht, weil sie denen ein Zertifikat unterschieben, das zum MITM passt.

Bandbreite genügt nicht: Download-Timeouts

? Ich habe den Bausatz ausprobiert, bin aber immer am Download eines Pakets vom Intel-Server gescheitert (Intel MEI Driver). Mein Internetanschluss ist mit 16 Mbit/s wohl zu lahm dafür. Gibt es eine andere Möglichkeit, das System vollständig zu erstellen?

! Wir haben zunächst per Update die Timeouts für den Download dieses über ein GByte großen Zip-Archivs dras-



Wenn schon beim Start des Bauprozesses diese Meldung erscheint, müssen Sie auf die Suche nach dem Störenfried gehen. Meist ist der in Sicherheitssoftware zu finden.

tisch erhöht, sodass es auch an solchen Anschlüssen klappen sollte. Im Nachgang haben wir aber mit einem weiteren Update die Download-Methode geändert. Aus dem riesigen Zip-Archiv wird nur ein MByte für Treiber überhaupt benötigt. Ein Programm namens unzip-http-go, das wir auf GitHub für Python gefunden und auf Go portiert haben, erspart Ihnen nunmehr den Komplettdownload und lädt stattdessen selektiv die benötigten Dateien herunter (siehe ct.de/yffn).

Rufus scheitert beim USB-Stick

? Das Bauen hat reibungslos geklappt, aber wenn ich mit Rufus schließlich den USB-Stick bespielen lasse, erhalte ich den Hinweis „Fehler beim Entpacken der ISO-Datei“. Das ISO habe ich überprüft, das sieht heil aus. Was kann ich tun?

! Es hat sich herausgestellt, dass dieser Fehler oft auf einen fehlerhaften USB-Stick hindeutet oder auf Probleme beim Zugriff darauf. Wir empfehlen in solchen Fällen, folgende Dinge zu probieren: Einen anderen Stick nehmen und es damit versuchen. Den USB-Port wechseln, etwa statt der USB3- mal die USB2-Anschlüsse probieren, von Front-Anschlüssen auf solche direkt auf dem Mainboard wechseln. Andere Leser berichteten uns, dass sich sogar vermeintlich identische Sticks eines Herstellers unterschiedlich verhielten. Endgültige Sicherheit, ob ein Stick taugt, sollte das kostenlos zugängliche Programm h2testw unseres ehemaligen Kollegen Harald Bögeholz liefern. Es testet Laufwerke auf Zuverlässigkeit (siehe ct.de/yffn).

Bauvorgang bricht häufig ab

? Bei mir läuft es dieses Jahr überhaupt nicht. Ständig misslingen Downloads. Wenn ich die deaktiviere, dauert es nicht lang und der Bau bricht wieder ab. Als ich am Ende dann ein ISO hatte und es auf den USB-Stick überspielt war, brach das Notfallsystem beim Starten mit Fehlermeldungen ab. Sind da noch Fehler im Bauplan?

! Aufgrund der vielen externen Abhängigkeiten des Bausatzes kann es vorkommen, dass er einzelne Komponenten nicht herunterladen kann. Die meisten sind verzichtbar. Kommt es gehäuft zu Problemen, sind die Ursachen anderswo zu suchen, meist bei übergriffiger Sicherheitssoftware oder auch technischen Problemen auf dem Bau-PC. Was uns begegnet ist: Wenn Windows gerade Updates verarbeitet beziehungsweise die dabei nötigen Neustarts erwartet, sollte das alles endgültig abgearbeitet sein. Grundsätzlich aber gilt: Wenn Sie die Ursache massiver Störungen des Bauprozesses nicht finden, werden Sie durchs Deaktivieren vieler fehlschlagender Komponenten auch nicht zum Erfolg kommen – eher im Gegenteil, weil das Folgefehler induzieren kann. Im Zweifel: Mit zeitlichem Abstand von ein paar Stunden oder am nächsten Tag noch mal probieren. Dafür aber vor allem nach Experimenten mit einem gelöschten Bauverzeichnis und frisch entpacktem Bausatz starten. Einzelne technische Probleme haben wir dann in der Regel schon per Update gelöst. Und: Wenn Sie gar nicht weiterkommen, schicken Sie gern ein Log an ctnotwin26@ct.de, bitte aber eines, das den ersten auftretenden Fehler enthält und nicht den x-ten Versuch.

(W)LAN geht nicht

? Bisher habe ich meine PCs mit dem erstellten Notfallsystem immer problemlos in mein WLAN bekommen. Dieses Jahr klappt das nicht. Das Netzwerk-Symbol „zerbröselt“, wenn ich es anklicke. Fehlt da etwas?

! Es fehlt ein bisschen Geduld: Nach dem Systemstart, wenn der Desktop des Notfall-Windows schon erscheint, sammelt sich das System noch und fährt im Hintergrund Dienste hoch. Bei ungünstlichem Timing beendet sich der für

das Einrichten von WLAN-Zugängen und die Netzwerkfunktionen zuständige „PE Netzwerk Manager“. Den finden Sie im laufenden Notfallsystem in „X:\Program Files\PENetwork“ als „PENetwork.exe“, um ihn bei Bedarf wiederzubeleben.

Netzwerkverbindung auf NAS

? Meine Versuche, eine Netzwerkverbindung auf mein NAS herzustellen, scheitern. Kann das Notfallsystem nicht mit Servern im Netz reden?

! Doch das kann es, aber die üblichen Methoden wie Eingabe eines Freigabens Namens im Explorer oder in der Eingabeaufforderung mit dem Befehl `net use` funktionieren nicht wie gewohnt. Verwenden Sie zum Herstellen einer SMB-Verbindung das Hauptfenster des „PE Netzwerk Manager“, das Sie über einen Rechtsklick auf die zwei Bildschirmsymbole im Tray-Bereich der Taskleiste erreichen. Die detaillierten Bedienschritte liefert der c't-Artikel zum Einsetzen der Werkzeuge, den Sie im laufenden Notfallsystem auf dem Desktop im Ordner c't-Artikel finden. Ein Tipp dazu am Rande: Wenn Sie beim Bedienen des Notfallsystems in den Artikeln lesen und dort enthaltenen Links auf vertiefende Artikel im Onlineangebot der c't folgen wollen, öffnen Sie die PDF-Datei per Rechtsklick in Firefox; dort funktionieren die Links – anders als im SumatraPDF-Viewer.

Laufwerk C: nicht sichtbar

? Wenn ich das Notfallsystem auf einem meiner PCs starte, tauchen alle möglichen Laufwerke dort im Explorer auf. Leider vermisste ich Laufwerk C:. Was läuft falsch?

! Wenn sichergestellt ist, dass die Treiber für das jeweilige Laufwerk vorhanden sind, es also im Gerätemanager im Notfallsystem auftaucht, liegt es vermutlich an der Partitionierung. Unter anderem hat das Setup-Programm von Windows 11 beim Einrichten auf einem neuen Datenträger falsche GPT-Attribute gesetzt (siehe [ct.de/yffn](https://www.ct.de/yffn)). Solchen Laufwerken verpasst das Notfallsystem von sich aus keinen Laufwerksbuchstaben. Aber Sie können nachhelfen. Im Startmenü finden Sie unter „Utilities“ unser Skript „Alles mounten

(c't-MountAll)“ und im PhoenixPE-Menü im Tray-Bereich der Taskleiste „Mount all partitions“. Beide sollten ein „vermisstes“ Laufwerk C: und weitere eventuell nicht als Laufwerk sichtbare Partitionen zum Vorschein bringen.

RAM-Disk-Fehler beim Start

? In der Bootauswahl meines PCs taucht der USB-Stick mit dem Notfallsystem mehrfach auf. Ich habe festgestellt, dass nur eine der beiden Optionen das System auch wirklich starten lässt. Ansonsten erscheint ein RAM-Disk-Fehler. Was ist da los?

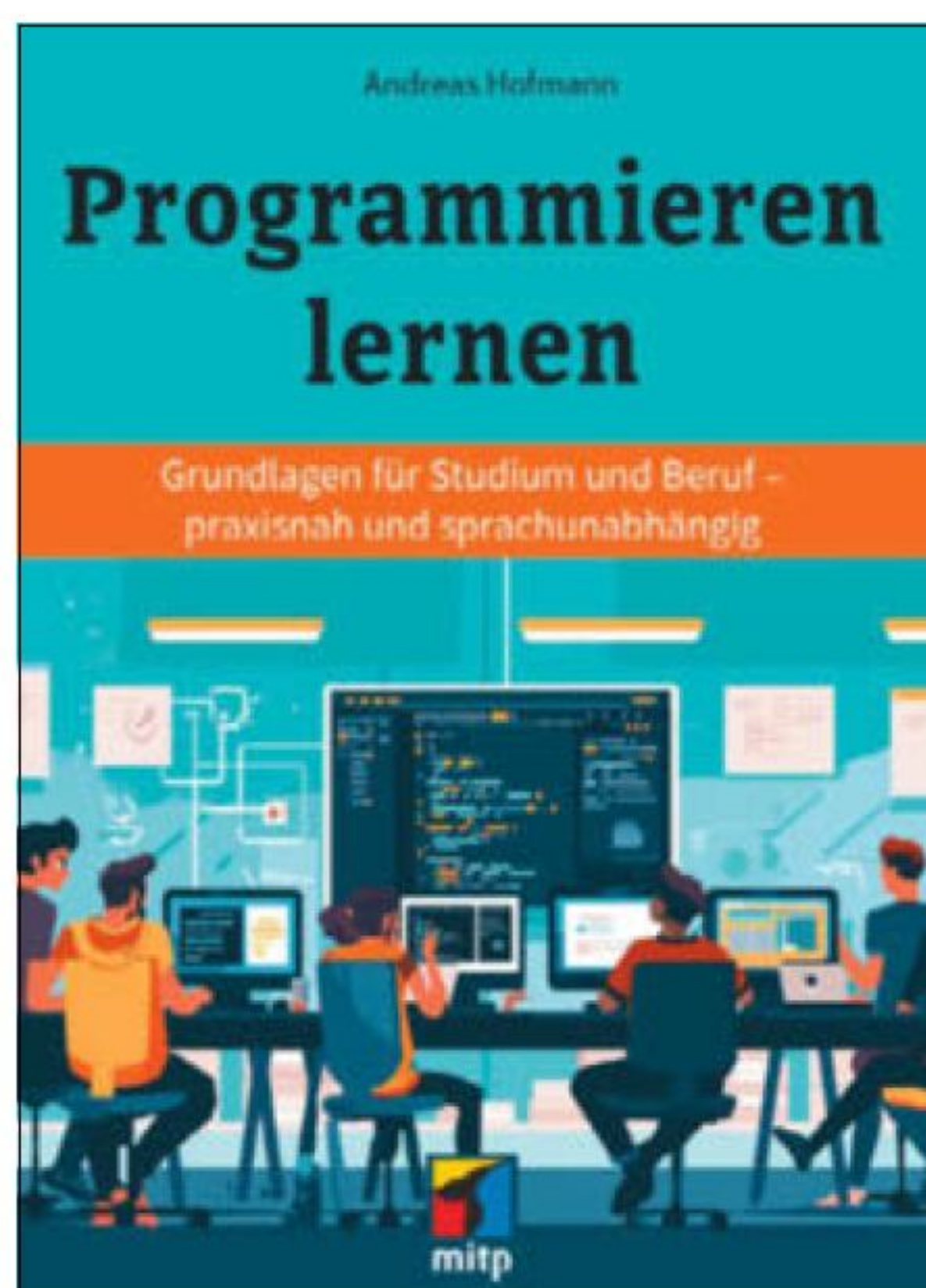
! Das könnten Boot-Optionen sein, um den Stick via UEFI oder im BIOS-Kompatibilitätsmodus (CSM) zu starten. Der Stick selbst beherrscht beide Methoden. Aber je nachdem, wie das im BIOS-Setup eingestellt ist, kann es sein, dass nur eine der Optionen funktioniert. In der heutigen Zeit dürfte das in der Regel UEFI sein, insbesondere wenn das System für Secure Boot konfiguriert ist. Ob bei Auswahl der „falschen“ Boot-Methode ein solcher Fehler, eine Fehlermeldung oder wieder das Boot-Menü erscheint, variiert.

Nicht löschbare Dateien

? Ich wollte mit dem Notfallsystem Dateien auf Laufwerk C: löschen. Das wird wegen angeblich fehlender Rechte verweigert. Was mache ich falsch?

! Anders als zum Beispiel Linux-basierte Notfallsysteme würdigt das c't-Notfall-Windows Zugriffsrechte eines NTFS-Datenträgers. Es ist denkbar, dass Berechtigungen für Verzeichnisse oder Dateien so gesetzt sind, dass das Notfallsystem sowohl beim Zugriff als auch beim Löschen scheitert. In der Standardkonfiguration entspricht der im Notfallsystem angemeldete Nutzer dem SYSTEM-Konto einer Windows-Installation, hat also schon sehr weitgehende Rechte. Sollten die mal nicht genügen, können Sie sich mit dem Systemkonto in der Regel fehlende Rechte verschaffen. Beachten Sie aber, dass Sie damit eine Windows-Installation nachhaltig beschädigen können. (ps@ct.de)

Erwähnte Programme und Artikel:
[ct.de/yffn](https://www.ct.de/yffn)



Andreas Hofmann

Programmieren lernenGrundlagen für Studium und Beruf -
praxisnah und sprachunabhängig

mitp, Frechen 2025

ISBN 978-3747510186

272 Seiten, 25 €

(als Bundle mit E-Book

beim Verlag: 30 €;

PDF-/Epub-/Kindle-E-Book allein: 25 €)

Trockenübungen

Andreas Hofmann vermittelt Interessierten in seinem Ratgeber wichtige Grundlagen des Programmierhandwerks, ohne dabei gleich eine Entscheidung für eine Programmiersprache zu erzwingen.

Andreas Hofmann will alle wichtigen Aspekte des Programmierhandwerks von Datenstrukturen über Verzweigungen und Schleifen bis zur systematischen Fehlersuche im Quellcode vermitteln, ohne seine Leser dabei auf eine konkrete Programmiersprache festzulegen. Ab und an wird er diesem Vorsatz untreu; im hinteren Teil des Buches finden sich einige in C# geschriebene Codebeispiele. Ansonsten verwendet der Autor an C orientierten Pseudocode.

Systematisch führt Hofmann in die theoretischen Grundlagen und in klassische praktische Aufgaben wie Ein-/Ausgabe oder Sortieren ein. Dabei begegnet er seinen Lesern auf Augenhöhe. Gelegentlich entstehen aus dem Bemühen, keine Halbwahrheiten zu riskieren, wenig hilfreiche Aussagen wie diese: „Obwohl die switch-Anweisung in fast allen Programmiersprachen vorhanden ist, unterscheidet sich die Syntax hier stärker als bei den anderen Elementen in diesem Kapitel.“ Jedes Kapitel schließt mit einer Übungsaufgabe; ausführliche Lösungen zu allen Aufgaben sind im 21-seitigen Anhang A am Ende des Buches zusammengefasst.

Das Abschlusskapitel geht schließlich der Frage nach, welche Programmiersprache sich am besten für welche Art von Anwendung eignet, und stellt Eigenheiten von C/C++, C#, Java, JavaScript, PHP und Python vor. Wer das Buch bis dorthin aufmerksam durchgearbeitet hat, kann eine informierte Entscheidung darüber treffen, in welche Richtung er sich weiter vertiefen will. Allerdings hat Hofmann in erster Linie prozedurale und objektorientierte Sprachen im Blick. Auf den Unterschied zwischen imperativen und deklarativen Programmierparadigmen geht er nicht ein, auch das funktionale Paradigma bleibt außen vor. Haskell, Lisp oder auch Kotlin, die ausgeprägte eigene Ansätze verfolgen, lernt man doch besser mit sprachspezifischer Lektüre.

Auf dem Weg zum Programmierprofi genügt das Buch als alleinige Orientierungshilfe sicher nicht. Aber Hofmann legt ein solides Fundament und leitet dazu an, konsequent strukturiert zu arbeiten. In Zeiten, in denen mancher versucht ist, sich blindlings KI-erzeugtem Code anzuvertrauen, leistet ein solches Buch einen wertvollen Beitrag zum Einstieg in sauberes Handwerk nach dem Motto „Erst kapieren, dann kodieren“.

(Dorothee Wiegand/psz@ct.de)

Freie Fotokosmetik

Das für die gängigen Desktopbetriebssysteme stetig weiterentwickelte freie Bildbearbeitungsprogramm GIMP ist hochkomplex. Wer damit loslegen will, dem hilft Seimerts üppig bebildertes Buch beim Einstieg.

Vom Leistungsspektrum her kann das freie GIMP teuren Pixelgrafikern etwa aus dem Hause Adobe das Wasser reichen, aber die komplexe Anwendung folgt ihrer eigenen Logik.

Bei den seit Frühjahr 2025 verfügbaren Versionen 3.0.x, die Winfried Seimerts Buch zugrunde liegen, hat die Entwicklergemeinschaft unter anderem den Umstieg auf die Oberflächenbibliothek GTK 3 vollzogen. Mit dem „Praxiswissen“ wendet sich der Autor vorrangig nicht an diejenigen, die mit GIMP eigene Grafikwelten erschaffen wollen. Er konzentriert sich auf Fotobearbeitung.

Am Anfang steht eine Art Rundflug über die Bedienoberfläche. Dabei erläutert der Autor ausführlich die grundlegenden Dateioperationen, zudem demonstriert er, wie man Bereiche in Bildern markiert, abtrennt und freistellt. Wie andere moderne Bildbearbeitungsanwendungen unterstützt GIMP die Arbeit mit übereinanderliegenden Bildebenen. Seimert zeigt schrittweise, wie diese funktionieren. Damit spricht er auch Nutzer an, die eigene Kunstwerke am Bildschirm etwa durch Montagen gestalten wollen. Die umfangreichen Malfunktionen von GIMP bleiben aber weitgehend außen vor.

Sehr viel Raum widmet Seimert allem, was dazu dient, Fotos zu optimieren. Belichtung, Farbabgleich, Schärfung, Tonwertkorrekturen und jede Menge Filter kommen dabei zum Zuge. Die mächtigen Werkzeuge, die GIMP dafür bereitstellt, behandelt der Autor nicht in aller Tiefe; Fortgeschrittene müssen bei Bedarf weiterführende Literatur heranziehen.

Trotz allen Praxisbezugs geht es zwischendurch auch um wichtige theoretische Fragen, etwa um Unterschiede zwischen verschiedenen Farbräumen sowie um Qualitätsverluste beim Skalieren von Bildern und Bildausschnitten. Dabei hat Seimert nicht nur die Darstellung auf Bildschirmen und Smartphone-displays im Blick, sondern auch Bilder für den Druck.

Etliche Ratschläge, die der Autor gibt, tragen dazu bei, dass die Arbeit mit GIMP bequemer und schneller von der Hand geht. Das betrifft etwa Tastenkombinationen für häufige Operationen.

Naheliegenderweise hat Seimert seinen Text mit vielen farbigen Screenshots bebildert, die er auf einem Windows-11-Rechner aufgenommen hat. Das Buch eignet sich aber ebenso für Nutzer von Linux und macOS. (Maik Schmidt/psz@ct.de)



Winfried Seimert

GIMP 3

Praxiswissen für Einsteiger

mitp, Frechen 2025

ISBN 978-3747505533

304 Seiten, 25 €

(als Bundle mit E-Book

beim Verlag: 30 €;

PDF-/Epub-/Kindle-E-Book allein: 25 €)

IT-Sicherheit für, gegen und mit KI

KI in der Cybersecurity – Angriff und Verteidigung im Zeitalter von LLMs und Deepfakes

KI verändert die Spielregeln der IT-Sicherheit und schafft neue Herausforderungen. Erfahre in diesem Classroom alles Wissenswerte über technische Grundlagen von KI-Assistenten bis hin zu autonomen Agenten und derzeitigen Grenzen der Technologie.



Mit Frank Ullrich



**5 Tage
geballtes
Wissen**

> Jetzt Tickets sichern unter heise-academy.de





GOLDENER OKTOBER

VON NOB SHEPHERD

Die Frau, die mir an meinem Schreibtisch gegenüber saß, trug ein streng geschnittenes, silbrig glänzendes Seidenkostüm und hatte grünen Lippenstift aufgelegt. „Mein Name ist Ursula Guinle, Beiratsvorsitzende des *Goldenen Oktobers*.“ Sie reichte mir die Hand und musterte mich. „Der *Goldene Oktober* ist Ihnen ein Begriff?“

Das klang für mich nach uralter Weinwerbung, aber offensichtlich meinte sie irgendeine Art von Unternehmen. Da Privatermittler immer den Anschein erwecken sollten, alles und jeden zu kennen, entschloss ich mich zu einer meiner Standardrepliken. „Wer kennt ihn nicht!“

Die Antwort schien sie nicht zu befriedigen. „Ich rede von der Seniorenresidenz. Wir haben die innovativste Einrichtung, um ältere Menschen auf ihrem letzten Lebensabschnitt zu begleiten. Unser Motto lautet: Optimierte Lebensqualität durch Einsatz der neuesten Generation von Pflegebots. Menschliches Versagen, sonst eine der traurigsten Gefahrenquellen in der Seniorenpflege, ist bei uns ausgeschlossen. Wir ...“, ergänzte sie mit einem stolzen Werbespot-Blick, „erhalten überwältigend positives Feedback.“

Wenn ich eines mied, dann Altenheime jedweder Couleur. Kein Wunder, dass mir diese Residenz überhaupt nichts sagte. Ich nickte zustimmend. „Man hört in der Tat viel Gutes.“

„Nun, die medizinischen und psychologischen Betreuungsstandards des *Goldenen Oktobers* sind unübertroffen. Natürlich erwartet unsere *Gäste* ...“, ihr Lächeln war so warm wie der Eismond Enceladus, „... früher oder später ihr Lebensende. Somit ist der Tod wie überall auch in unserem Haus gelegentlich zu Gast. Allerdings hatten wir kürzlich einen ungewöhnlichen Todesfall zu bedauern.“

„Inwiefern ungewöhnlich?“

Sie strich sich durch ihr schulterlanges türkisfarbenes Haar. Gefärbt natürlich. Eine Mittfünfzigerin, die als Mitte vierzig durchgehen wollte. „Durch unsere lückenlose medizinische Betreuung können wir für gewöhnlich recht genau den Zeitpunkt des Ablebens vorhersagen. Aber in diesem Fall kam der Tod völlig überraschend.“

„Mit welchen pathologischen Erkenntnissen?“

„Im Moment möchten wir den herausragenden Ruf unseres Hauses nicht gefährden, Herr Kelabassi. Ich möchte Sie bitten, sich für ein paar Tage im *Goldenen Oktober* einzuquartieren und diskret die Umstände des Todesfalls, von dem ich spreche, zu erforschen.“

Absurder Gedanke. „Ich habe wohl kaum das Alter ...“

Sie winkte ab. „Wir konstatieren einfach frühzeitige Demenz. Das passt dann schon.“

Als erfahrenem Privatermittler ist Jonas Kelabassi kaum etwas fremd. Ein ungewöhnlicher Todesfall in einer hochrobotisierten Seniorenresidenz allerdings gehört nicht unbedingt zu den Rätseln, die er schon immer mal lösen wollte.

Ganz sicher würden mich keine elf Mondraketen in ein Altenheim bringen! Ich erhob mich, um meine Besucherin höflich, aber bestimmt hinauszukomplimentieren.

Dann nannte mir Ursula Guinle das Erfolgshonorar und setzte hinzu: „Die Verstorbene heißt Gisela Niewöhr.“

★ ★ ★

Mich beeindruckte so leicht nichts.

Diese ungewöhnliche Greisenverwahranstalt hingegen schon. Anstatt des erwarteten muffigen Geruchs lag ein dezentes exotisches Aroma in der Luft, das an die Lounge eines Luxushotels denken ließ.

An einer Wand im Foyer plätscherte leise Wasser über ein mit grünblauer Patina überzogenes Relief, um dann in einen Brunnen zu rieseln, den verdeckte Neonstrahler indirekt beleuchteten. Die anderen Wände zierten moderne Ölgemälde mit Landschaftsmotiven im Wechsel mit Bücherregalen aus Mahagoni. Neben einer breiten Fahrstuhl-tür führte eine ausladende, mit rotem Teppich ausgelegte Treppe in einem Bogen zu den oberen Etagen.

Auf den kreisförmig drapierten Sitzgarnituren – aus echtem Leder, wie mir schien – hatten sich etwa ein Dutzend nicht mehr taufrische Frauen und Männer niedergelassen. Sie starrten auf die Holosäule in der Raummitte und ließen sich durch unsere Ankunft nur kurz ablenken. Es lief gerade eine Komödie mit Hank Hazlewood, wie ich mit geübtem Auge erkannte.

In deutlichem Kontrast zu diesem luxuriösen Ambiente standen die zwei Bots, die dezent neben dem Fahrstuhl warteten. Metallisch glänzende Silikonoberfläche, zwei bläuliche Lichtstreifen auf Augenhöhe, die unentwegt blinkten, und sechs künstliche Extremitäten. Diese Modelle mochten vielleicht vor 50 Jahren als modern gegolten haben, aber hier wirkten sie wie Museumsstücke.

Ursula Guinle schien meinen konsternierten Blick zu bemerken. „Sie haben wahrscheinlich Human Bots erwartet. Es hatte sich gezeigt, dass ein Teil der älteren Herrschaften Probleme mit dem menschlichen Erscheinungsbild solcher Androiden hatte und ihnen entweder zu nah kommen oder sie ganz auf Distanz halten wollte. In der jetzigen Gestalt werden sie als putzige kleine Helferlein akzeptiert.“ Ihr Lächeln erreichte die Augen nicht. „Aber seien Sie gewiss, dass sie auf modernster Technik beruhen.“

Sie verabschiedete sich und überließ mich einem der Retro-Bots. Die Maschine näherte sich mir und blinkte mich mit ihren blauen Lichtstreifen an, bevor sie mich ansprach:

Über den Autor

Als **Nob Shepherd** verfasst der Krimi- und Science-Fiction-Autor Norbert Schäfer Episoden aus dem Leben des intergalaktischen Privatermittlers Jonas Kelabassi. Der 1963 in Dortmund geborene Schäfer, der seit vielen Jahren mit seiner Familie in seiner Wahlheimat Hamburg lebt, war früher hauptberuflich in der Dienstleistungsbranche für Wirtschaftsdaten tätig. Inzwischen hat er das Schreiben in den Vordergrund gestellt. Im Juli 2025 erschien bei Epubli seine Kurzgeschichte „Nur für den Fall“ in der Anthologie „Tagebuch aus dem 22. Jahrhundert“ der *Vereinigten Autor*innen von pierremontagnard.com*. Nach seinem c't-Story-Debüt „Ein wertvolles Mitglied der Gesellschaft“ und den „Sphärenklängen“ ist „Goldener Oktober“ Nob Shepherds dritter Jonas-Kelabassi-Fall in unserem Magazin.



Bild: Norbert Schäfer

„Herzlich willkommen im *Goldenen Oktober*! Ich bin Ihr persönlicher Freund und werde Sie in allen Belangen unterstützen. Man nennt mich Pascal, aber Sie dürfen sich gern einen anderen Namen für mich aussuchen. Für gewöhnlich verwenden wir untereinander das vertraute Du, wäre das in Ihrem Sinne?“

Die Retro-Blechbüchse hatte es in der Rekordzeit von einer halben Minute geschafft, mir massiv auf den Senkel zu gehen. „Ich werde dich Erzwodeezwo nennen. Und du bleibst beim Sie.“

„Erzwodeezwo, wie witzig!“ Das Gerät ließ ein glockenhelles Lachen ertönen. „Dann zeige ich Ihnen jetzt Ihr Appartement, bevor ich Sie unseren anderen Gästen vorstelle.“

Ruth mit dem wirren grauen Lockenkopf schenkte mir ein debiles Lächeln. „Ist heute Bingo?“ Ihr Bot fasste sie an der Schulter. „Aber Ruth, Bingo ist doch immer samstags. Das ist unser neuer Gast, der Herr Kelabassi.“

„Frischfleisch!“ Eine weitere Frau näherte sich, deren verwitterte Gesichtslandschaft in scharfem Kontrast zu ihrer platinblonden Kunsthaarfrisur und der perlmuttfarbenen Kauleiste stand. „Schätzchen, ich bin die Hannah!“ Ich reichte ihr die Hand, bevor mich ein triumphaler Aufschrei aus einer anderen Richtung zusammenfahren ließ.

„HA! Schachmatt!“ Ein Glatzkopf, der statt Kunstlinsen oder digitalen Optikoptimierern ein altmodisches Brillengestell auf der Nase trug, knallte eine Schachfigur auf das vor ihm liegende Spielbrett.

„Oh, welch raffinierte Falle!“ Sein Betreuungsbote mengte seiner Stimme ein deutliches Maß an Bewunderung bei. „Revanche?“

„Später. Erst einmal möchte ich unseren Gast begrüßen.“ Der grinsende Schachsieger erhob sich und reichte mir die Hand. „Du darfst mich Fridolin nennen.“

„Du bist ein versierter Schachspieler, wie mir scheint. Die Maschine zu besiegen, ist sicher nicht leicht.“ Nachdenklich musterte ich den Androiden.

„Ach was.“ Fridolin winkte verächtlich ab. „Ich nenne ihn Philidor – und was spielerische Finessen angeht, ist er eine Niete.“

„ICH NENNE IHN PHILIDOR – UND WAS SPIELERISCHE FINESSEN ANGEHT, IST ER EINE NIETE.“

Dann war da noch der hagere Kevin, dessen herunterhängende Wangen mich an einen Bernhardiner denken ließen. Er schien sich als inoffizieller Boss der Gemeinschaft zu fühlen, auch wenn die anderen diesen Führungsanspruch offensichtlich ignorierten.

Und natürlich Susannchen, die rundliche Matrone mit den immer geröteten Wangen und strahlendem Lächeln. Sie schien mit Hannah zu wetteifern, wer von den beiden mich unter ihre Fittiche nehmen sollte. Die übrigen Insassen des *Goldenen Oktobers* wirkten eher apathisch. Fridolin sprach von „Gemüse“.

„Lassen Sie sich helfen!“ Ich wollte gerade meine abendliche Zahnputzroutine hinter mich bringen, als Erzwodeezwo lautlos in meinem Badezimmer auftauchte und sanft mein Genick berührte. Erschrocken musterte ich die beruhigend blinkenden Pseudoaugenschlitze des Bots. Er hob einen seiner Arme, an dessen Ende ein Bündel feiner Kunstfasern rotierte.

Bevor ich protestieren konnte, spürte ich, wie sich die rotierende Bürste über meine Zahnreihen bewegte, während winzige Düsen eine aromatisch schmeckende Creme absonderten. Der mittlerweile feste Griff um mein Genick ließ mir keine Chance zu entkommen.

Nach wenigen Minuten ließ die Maschine von mir ab. „Ich hoffe, Ihnen die abendliche Mundhygiene angenehm gestaltet zu haben. Zur Körperreinigung wenden wir effektive, wissenschaftlich fundierte Prozesse an. Eine manuelle Intervention ist nicht mehr nötig. Wenn ich Sie nun in die Duschkabine bitten dürfte!“ Wieder dieses blaue Blinken.

„Ich werde morgen duschen! Und nun: raus!“ Mein strenger Gesichtsausdruck verfehlte jede Wirkung, ebenso wie meine zur Tür weisende Hand.

„Aber, mein lieber Herr Kelabassi, wir wollen doch unsere Körperpflege nicht vernachlässigen. Was sollen denn Ihre neuen Freunde denken?“ Ein sanftes Schulterklopfen ging direkt in einen festen Griff über; zwei der Arme des Bots begannen, mich geschickt zu entkleiden. Meine Proteste ignorierend hob das Ding meinen nackten Körper in die Duschkabine.

Nach der entwürdigenden Waschung ließ der Bot von mir ab. „Da fühlen wir uns gleich viel sauberer, nicht wahr?“

Denken Sie bitte daran, das MedCheck-Armband anzulegen, bevor Sie sich schlafen legen. Ich kann Ihnen gern behilflich sein.“ Er hielt einen elastischen Ring hoch, der mit einer metallenen Kette an der Serviceleiste des Betts befestigt war.

„Es geht schon, danke.“ Gehorsam streifte ich das Armband um mein linkes Handgelenk, bevor ich mich zu Bett legte. „Hast du auch meine Vorgängerin betreut? Die Gisela Niewöhr?“

Blaues Zwinkern. „Das habe ich. Eine sehr nette Dame. Aus Pietät und natürlich auch aus Datenschutzgründen sprechen wir nicht über die Verstorbenen. Ich wünsche Ihnen eine angenehme Nachtruhe!“

Sobald er sich entfernt hatte, riss ich die Handfessel herunter. Die konnten sich ihren MedCheck sonstwo hinstecken!

„AUS PIETÄT UND NATÜRLICH AUCH AUS DATENSCHUTZGRÜNDEN SPRECHEN WIR NICHT ÜBER DIE VERSTORBENEN.“

Gefühlte siebeneinhalb Sekunden später stand der Bot wieder in der Tür. „Gibt es Probleme mit dem MedCheck-Armband?“

„Muss mir runtergerutscht sein“, seufzte ich und zog das Armband wieder über mein Handgelenk. Die Aussichten für die nächsten Tage im *Goldenen Oktober* schienen alles andere als goldig.

Stand schon die Inneneinrichtung der eines Luxus-Spa in nichts nach, konnte das Essen es mit Produkten einer Sterneküche aufnehmen. Nach einem à point gebratenen Huftsteak in Thymiansauce genoss ich gerade den letzten Löffel Parfait von der Tahitivanille und Bratapfelmousse im Hippenröllchen mit Granatäpfeln, als ich meinen Bot zu mir heranwinkte. „Erzwodeezwo, die Küche ist unglaublich! Bitte noch ein Glas von diesem exquisiten Rosso di Montalcino!“

„Ich bedaure. Ihre aus medizinischer Sicht unbedenkliche Ration an alkoholischen Getränken ist für diese Woche aufgebraucht.“ Seine Samtstimme heuchelte Bedauern. „Ich kann Ihnen eine Holunderbeerschorle empfehlen.“

„Ist gleich Bingo?“ Ruths schrille Stimme veranlasste mich, aufzustehen. In der Holosäule lief die Quizshow „Erkennen Sie die KI?“. Mäßig unterhaltsam, aber offenbar die einzige Möglichkeit, den Abend zu überstehen.

„Lieber Herr Kelabassi, Sie haben Besuch!“ Die Lichtstreifen des Bots flackerten. Vermutlich Signale der Freude, die sich auf mich übertragen sollte.

Stattdessen verspürte ich leichte Panik. Ich hatte niemandem von meinem Aufenthalt in diesem Mumienbunker erzählt und legte keinerlei Wert auf ein peinliches Treffen. „Ich erwarte niemanden.“

„Aber, aber! Frau Guinle freut sich so darauf, Sie zu sehen.“ Seine Silikonhände umfassten meine Schultern und schoben mich sanft, aber bestimmt in den Besucher-raum.

„Herr Kelabassi, ich hoffe, Sie haben sich gut eingelebt.“

Ich nahm ihr gegenüber Platz. „Ganz sicher plane ich nicht, mich hier einzuleben. Ich komme aber zurecht.“

„Gut. Gibt es schon erste Erkenntnisse?“

„Innerhalb von zwei Tagen? Sie scherzen. Ihre Betreuungsbots sind im Übrigen sehr gewöhnungsbedürftig.“ Ich erntete einen überraschten Blick. „Sie nehmen es mit der Hygiene und der medizinischen Überwachung extrem genau. Ich empfinde das als aufdringlich und lästig.“

„Wenn Sie erst einmal im entsprechenden Alter sind, werden Sie es zu schätzen wissen.“ Da war es wieder, ihr Gefrierbrandlächeln.

„Etwas Merkwürdiges ist mir allerdings aufgefallen. Einer Ihrer Bots verliert dauernd im Schach. Ich bin mir mehr als sicher, dass jede Ihrer Blechbüchsen in der Lage ist, selbst Weltmeister zu besiegen.“

„Ach, das.“ Ursula Guinle zuckte verächtlich mit den Schultern. „Unsere Gäste fühlen sich einfach viel wohler, wenn sie unsere Helferlein im Spiel besiegen. Ich hoffe, Sie bekommen in den nächsten Tagen Substanzielleres heraus!“

„Gisela war eigentlich ganz nett. Wieso interessierst du dich so für sie? Genießen wir doch lieber die Gegenwart!“ Susannchen hatte ihren fleischigen Arm ungefragt bei mir untergehakt, während sie mich an dem kleinen Seerosenteich vorbei durch den raffiniert angelegten Garten mit dem überbordenden Angebot an exotischen Zierpflanzen manövrierte.

„Eigentlich ganz nett“ also. In Gedanken ergänzte ich das Attribut zu dem Sammelsurium an Informationen aus meinen bisherigen Erkundigungen. Gisela war eher unscheinbar, schnippisch, überkandidelt. Hatte wahlweise eine Affäre mit Fridolin, eine Affäre mit Kevin oder mit Männern nichts am Hut. Manchmal traf ich nur auf verständnislose Blicke – von welcher Gisela ich denn sprechen würde? Man schüttete ein Füllhorn mit unbrauchbaren Informationen über mir aus.

„Lust auf ein Betthupferl?“ Hannahs knochiger Ellenbogen stieß schmerzhaft in die Gegend, in der ich meine rechte Niere vermutete. Ich setzte eine geheuchelte Miene des Bedauerns auf. „Es klingt verlockend, aber ich fürchte, der MedCheck erlaubt mir keine nächtlichen erotischen Eskapaden.“

Ihr dröhnendes Lachen ertönte. „Keine Sorge, Schätzchen. Wir zocken heute Nacht. Rommé kannst du doch wohl? Haste Lust?“ Sie nestelte einen bräunlichen, halbtransparenten, etwa faustgroßen Klumpen aus ihrer Tunika und hielt ihn mir hin. „Ist Giselas Klopfer. Den braucht sie ja jetzt nicht mehr.“ Erneut lachte sie keckernd. „Drück mal zu.“

„IST GISELAS KLOPFER. DEN BRAUCHT SIE JA JETZT NICHT MEHR.“

Das gallertartige Objekt fühlte sich weich an. Ich verkrampfte meine Hand; das Ding begann zu pochen.

„Da wickelst du dein MedCheck-Band drum. Dann hast du nachts Ruhe vor unseren Freunden. Um zehn im Besucherraum. Und bring Schnaps mit, wenn du welchen hast.“

Zwei Stunden später schlich ich in Socken durch das Gebäude und erwartete dabei ständig, auf einen der Bots zu treffen. Es blieb aber still und leer.

Aus dem Besucherraum waberte mir Alkoholdunst entgegen. Hannah, Fridolin, Kevin und Susannchen hatten sich um den Tisch versammelt. Neben dem Kartenstapel erblickte ich Gläser, eine Flasche kardonesischen Whisky, eine mit Kräuterschnaps und eine leere Schüssel.

„Setz dich, Sweetheart.“ Hannah klopfte auf den leeren Sessel neben sich.

„Wir spielen um Geld. Macht deutlich mehr Spaß!“ Fridolin zwinkerte mir zu und füllte mein Glas.

Während Susannchen mich über den Tisch hinweg anstrahlte, fuchtelte Kevin ungeduldig mit seiner rechten Hand. „Wollen wir hier quatschen oder zocken?“

Fridolin verteilte die Karten. Ich konnte meine Neugier nicht zurückhalten. „Kann hier nicht jeden Augenblick ein Bot reinplatzen?“

„Mein Süßer, solange die Armbändchen ihnen grünes Licht geben, hocken sie in ihrer Zentrale im Keller und laden sich auf. Hier stört uns keiner.“ Hannah kniff mir unangenehm in die Wange.

Wir spielten Runde um Runde. Meine anfänglichen Verluste verbuchte ich unter Lehrgeld. Nach zwei Stunden klatschte Susannchen in die Hände. „Pillenbingo!“

„Ist es schon soweit?“ Kevin blickte misstrauisch auf seine Ringwatch. „Ok.“

Wie auf Kommando zogen die drei ihre Medikamentendöschen und Schachteln hervor und schütteten den Inhalt in die leere Schüssel. Fridolin nickte mir zu „Du auch!“

Konsterniert, aber gewillt, ihr Spiel mitzuspielen, fingerte ich den Blister mit meinen Allergietabletten aus der Hosentasche und drückte sie in die Schüssel. Hannah begann. Sie wandte den Blick ab, rührte in der Schüssel herum und entnahm fünf der Tabletten. Die anderen taten es ihr nach. Zum Schluss griff ich mir fünf der bunten Pillen.

„Auf den *Goldenen Oktober*!“ Fridolin warf sich die Pillen ein und nahm einen großen Schluck aus seinem Whiskyglas. „Cheers!“

„Ist das nicht gefährlich?“ Dieses Ritual dürfte bei medizinischem Fachpersonal wohl kaum auf Zuspruch stoßen.

„Natürlich, Schätzchen! Darum geht es ja. Uns erwischt es sowieso eher früher als später. No risk, no fun! Ab und zu kommt einer mit der Mischung nicht klar. Hannah hob ihr Glas. „Auf Gisela!“

„Gisela? Hat sie auch ...?“ Ich starrte auf meine Handfläche mit den bunten Tabletten.

„Nach ihrem letzten Trip wurde sie im Schlaf direkt nach oben katapultiert, wenn du verstehst, was ich meine, hehe.“

Sie brach in ihr keckerndes Lachen aus. „Gibt Schlimmeres. Na los doch, oder bist du so ein Schisser?“

Seufzend warf ich die Pillen in mein Glas. „Auf Gisela!“ An diesem Abend verlor ich 468 Credits beim Rommé.

✱ ✱ ✱

„... und deshalb gehe ich davon aus, dass ein verhängnisvoller Pillencocktail in Kombination mit alkoholischen Getränken die Ursache des plötzlichen Todes von Gisela Niwöhr war“, schloss ich meinen Bericht.

Ursula Guinle starrte gedankenverloren über meine linke Schulter. Ich wollte gerade auf die Honorarformalitäten zu sprechen kommen, als sie ihre Stimme erhob. „Eigentlich sollte das ausgeschlossen sein. Die Pillen-Placebos enthalten zwar Cannabinoide, aber mir wurde versichert, dass Nebenwirkungen in Verbindung mit eingeschmuggelten geistigen Getränken nicht auftreten können.“ Sie seufzte. „Dann müssen unsere Chemiker noch einmal ran.“

Ich bemühte mich um ein irritiert wirkendes Hochziehen meiner rechten Augenbraue. „Placebos? Ist das Ihre hochgelobte professionelle medizinische Versorgung?“

„Seien Sie nicht albern! Die benötigten Medikamente werden präzise dosiert über die Mahlzeiten verabreicht. Die Pillen dienen der Ablenkung.“ Wieder erschien das arktische Lächeln. „Zu einer optimalen Betreuung gehört natürlich auch, unseren Gästen ein Gefühl von Freiraum zu geben.“

„Ihnen sind die nächtlichen Eskapaden bekannt?“ Mein virtueller Unterkiefer klappte langsam herunter.

„Ich bitte Sie! Wir gewährleisten Rundumbetreuung und erstklassige medizinische Überwachung. Da sollten wir schon wissen, was unsere älteren Herrschaften so treiben.“ Ihre Finger fuhr über das in der Tischplatte eingelassene Sensorfeld, worauf ein Hologramm aufflammte. Es zeigte unsere Rommé-Runde, untermalt von einem lauten Johlen, als wir mit dem Kräuterschnaps anstießen.

Ich bemühte mich um eine möglichst kühle Stimme, während ich gleichzeitig spürte, wie sich Hitze über meine Wangen ausbreitete. „Wieso unterbinden Sie diese Orgien für Arme nicht?“

„Ich muss hoffentlich nicht noch einmal betonen, dass der *Goldene Oktober* nicht nur eine sehr gute Betreuung bietet, sondern eine optimale. Ein gelegentlicher Ausbruch aus dem täglichen Einerlei und vor allem das Gefühl, den Mitgliedern des Beirats und den Bots ein Schnippchen schlagen zu können, stärkt das Wohlbefinden unserer Gäste in erheblichem Maße. Wir gönnen ihnen den Spaß, achten aber natürlich darauf, dass alles im Rahmen bleibt. Ihr Hinweis auf eine unentdeckt gebliebene Nebenwirkung aus dem Pillencocktail, wie Sie ihn nennen, ist äußerst wertvoll für uns. Der Beirat ist Ihnen zu Dank verpflichtet.“

Ohne ein weiteres Wort erhob sich Ursula Guinle, um mir die vereinbarten Credits auf meinen HoloCom zu transferieren. Mir war klar, dass ich einige Zeit und ein paar gänzlich unbetreute Erlebnisse brauchen würde, um den *Goldenen Oktober* und seine optimal betreuten Insassen hinter mir zu lassen.

(psz@ct.de) **ct**

heise academy blog

Trends, Tipps & Entwicklungen für alle, die IT lieben



blog.heise-academy.de

Fernstudium Robotik 

Ihre Chance in einem schnell wachsenden Zukunftsmarkt. Aus- und Weiterbildung zum Roboter-Techniker und -Programmierer. Kostengünstiges und praxisgerechtes Studium ohne Vorkenntnisse. Beginn jederzeit.

NEU: Umweltschutz-Techniker, Netzwerk-Techniker, SPS-Techniker

Teststudium ohne Risiko. GRATIS-Infomappe gleich anfordern!

Inkl. Roboterbausätze und -Modelle 

FERNSCHULE WEBER - seit 1959
Neerstedter Str. 8 - 26197 Großenkneten - Abt. F14
Telefon 0 44 87 / 263 - Telefax 0 44 87 / 264

www.fernschule-weber.de

c't

ICH WARTE NICHT AUF UPDATES. ICH PROGRAMMIERE SIE.

CODE IST MEINE SPRACHE. UPDATES SIND SMALLTALK!


Jetzt 5 × c't lesen für 20,25 € statt 29,90 €

30% Rabatt!





c't


c't MINIABO DIGITAL AUF EINEN BLICK:

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

Jetzt bestellen:
ct.de/smalltalk



 ct.de/smalltalk

 0511/647 22 888

 leserservice@heise.de



Minds Mastering Machines

Machine Learning und KI in der Praxis

22. & 23. April 2026 • Karlsruhe

Highlights aus dem Programm:

- ✓ LLMs lokal betreiben
- ✓ Predictive Maintenance in der Praxis
- ✓ Kommunikationsprotokolle für Agentic AI
- ✓ Reproduzierbare KI als neuer Sorgfaltsmaßstab
- ✓ Embeddings richtig verstehen
- ✓ MCP sicher im Unternehmen einsetzen

Jetzt
Tickets
sichern!

Workshops zu MLOps sowie RAG und GPTs

m3-konferenz.de

Bronzesponsor



betterCode() Spring 2026

Die heise-Konferenz zu moderner
Java-Entwicklung mit Spring

27. April 2026 • Online

Highlights aus dem Programm:

- ✓ KI in Spring-Anwendungen integrieren mit Spring AI
- ✓ Mehr Sicherheit mit Spring Security und DPoP
- ✓ Neuigkeiten zu Spring Boot und Containern
- ✓ Best Practices rund um Spring 7 und Spring Boot 4

Jetzt
Frühbuche-
tickets
sichern!

Workshops zu Spring Security und Spring AI in der Praxis

spring.bettercode.eu



Inserenten*

| | |
|--|-----|
| 1&1 Telecom GmbH, Montabaur..... | 180 |
| 2f-IT GmbH, Ostfildern..... | 45 |
| AUDI AG, Ingolstadt..... | 2 |
| Dirk Rossmann GmbH, Burgwedel..... | 9 |
| FB Pro GmbH, Grolsheim..... | 47 |
| Fernschule Weber, Großenkneten..... | 173 |
| intersoft consulting services AG, Hamburg..... | 99 |
| mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen..... | 41 |
| Thomas Krenn.com, Freyung..... | 35 |
| T-Systems International GmbH, Bonn..... | 7 |
| WIBU-SYSTEMS AG, Karlsruhe..... | 33 |

Veranstaltungen

| | | |
|-------------------------|-------------------|---------|
| Maker Faire Hannover | Make: | 10, 137 |
| betterCode ()/devSec | iX, dpunkt.verlag | 31 |
| Classroom M365 | heise academy | 67 |
| c't Web Jira | c't webinar | 71 |
| enterJS | iX, dpunkt.verlag | 75 |
| Woman in Tech | heise academy | 79 |
| secIT by heise 2026 | heise | 90, 91 |
| c't Web MCP | c't webinar | 119 |
| MedConf | heise conferences | 125 |
| academy Videokurse | heise academy | 141 |
| c't events | c't | 143 |
| betterCode () | iX, dpunkt.verlag | 151 |
| Classroom KI | | |
| in der Cybersecurity | heise academy | 167 |
| heise academy blog | heise academy | 173 |
| M3/betterCode () | iX, dpunkt.verlag | 151 |
| German testing day 2026 | heise conferences | 179 |

* Die hier abgedruckten Seitenzahlen sind nicht verbindlich.
Redaktionelle Gründe können Änderungen erforderlich machen.



22. April

Windows 11
verstehen statt erdulden



Jetzt Ticket sichern
heise-academy.de/webinare/windows11

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
Internet: www.ct.de, E-Mail: ct@ct.de

Titelthemenkoordination in dieser Ausgabe: „Android ohne US-Cloud“: Jörg Wirtgen (*jow@ct.de*), „Monitore mit 5K- und 6K-Auflösung“: Benjamin Kraft (*bkr@ct.de*)
Chefredakteure: Torsten Beeck (*tbe@ct.de*) (verantwortlich für den Textteil), Dr. Volker Zota (*vza@heise.de*)
Stellv. Chefredakteure: Martin Fischer (*mfi@heise.de*), Axel Kossel (*ad@ct.de*), Jan Mahn (*jam@ct.de*)
Chefin vom Dienst New Media: Hannah Monderkamp (*mond@heise.de*)
Chefin vom Dienst c’t Magazine & Qualität: Angela Meyer (*anm@ct.de*)
Magazin & Qualität: Pia Groß (*pie@ct.de*), Oliver Lau (*ola@ct.de*), Michael Link (*mil@ct.de*), Hajo Schulz (*hos@ct.de*)
Koordination Heftproduktion & 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: Robin Ahrens (*rah@ct.de*), Holger Bleich (*hob@ct.de*), Anke Brandt (*abr@ct.de*), Greta Friedrich (*grf@ct.de*), Tim Gerber (*rig@ct.de*), Arne Grävemeyer (*agr@ct.de*), Markus Montz (*mon@ct.de*), Dr. Sabrina Patsch (*spa@ct.de*), Peter Schmitz (*psz@ct.de*), Andrea Trinkwalder (*atr@ct.de*), Stefan Wischner (*swi@ct.de*), Tom Leon Zacharek (*tlz@ct.de*)
Ressort Systeme & Sicherheit
Leitende Redakteure: Peter Siering (*ps@ct.de*), Sylvester Tremmel (*syt@ct.de*)
Redaktion: Georgiy Belashov (*geb@ct.de*), 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*), Dennis Schirrmacher (*des@ct.de*), Jan Schüßler (*jss@ct.de*), Kathrin Stoll (*kst@ct.de*), Keywan Tonekaboni (*ktn@ct.de*), Axel Vahldiek (*axv@ct.de*)
Ressort Hardware
Leitende Redakteure: Christof Windeck (*ciw@ct.de*), Ulrike Kuhlmann (*uk@ct.de*)
Redaktion: Ernst Ahlers (*ea@ct.de*), Christian Hirsch (*chh@ct.de*), Ansgar Kossowski (*aki@ct.de*), Benjamin Kraft (*bkr@ct.de*), Lutz Labs (*ll@ct.de*), Andrijan Möcker (*amo@ct.de*), Florian Müssig (*mue@ct.de*), Rudolf Opitz (*rop@ct.de*), Carsten Spille (*csp@ct.de*)
Ressort Mobiles, Entertainment & Gadgets
Leitende Redakteure: Jörg Wirtgen (*jow@ct.de*), Christian Wölbert (*cwo@ct.de*)
Redaktion: Robin Brand (*rbr@ct.de*), Sven Hansen (*sha@ct.de*), Steffen Herget (*sht@ct.de*), Nico Jurrán (*nij@ct.de*), André Kramer (*akr@ct.de*), Urs Mansmann (*uma@ct.de*), Stefan Porteck (*spo@ct.de*)
Leiter c’t 3003: Jan-Keno Janssen (*jkj@ct.de*)
Redaktion c’t 3003: Lukas Rumpler (*rum@ct.de*), Sahin Erengil-Schulz (*sahe@heise.de*), Pascal Schewe (*pas@heise.de*)
c’t Sonderhefte
Leitung: Jobst Kehrnhahn (*keh@ct.de*)
Koordination: Pia Groß (*pie@ct.de*)
c’t online: Sylvester Tremmel (*syt@ct.de*), Niklas Dierking (*ndi@ct.de*)
Social Media: Jil Martha Baas (*jmb@ct.de*)
Koordination News-Teil: Hartmut Gieselmann (*hag@ct.de*), Kathrin Stoll (*kst@ct.de*), Christian Wölbert (*cwo@ct.de*)
Redaktionsassistent: Susanne Cölle (*suc@ct.de*), Tim Rittmeier (*tir@ct.de*)
Software-Entwicklung: Kai Wasserbäch (*kaw@ct.de*)
Technische Assistenz: Ralf Schneider (LtG., *rs@ct.de*), Christoph Hoppe (*cho@ct.de*), Stefan Labusga (*sla@ct.de*), 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 Krempf, Georg Schnurer (*gs@ct.de*), Ben Schwan (*bsc@ct.de*), Christiane Schulzki-Haddouti
DTP, Layout und Grafik: Mike Bunjes, Leia Marie Göbser, 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 Kreft, Thomas Kaltschmidt, Pascal Wissner
Illustrationen: Rudolf A. Blaha, Frankfurt am Main, Thorsten Hübner, Berlin, Albert Hulm, Berlin, Sven Hauth, Schulp, Timo Lenzen, Berlin, Andreas Martini, Wettin, Moritz Reichartz, Viersen, Michael Vogt, Berlin
Editorial: Hans-Jürgen „Mash“ Marhenke, Hannover, Schlagseite: Ritsch & Renn, Wien, c’t-Logo: Gerold Kalter, Rheine
c’t-Krypto-Kampagne: Die Authentizität unserer Zertifizierungsschlüssel lässt sich mit den nachstehenden Fingerprints überprüfen:
Key-ID: 5C1C1DC5BEEDD33A
ct magazine CERTIFICATE <pgpCA@heise.de>
D337 FCC6 7EB9 09EA D1FC 8065 5C1C 1DC5 BEED D33A
Key-ID: 2BAE3CF6DAFFB000
ct magazine CERTIFICATE <pgpCA@ct.heise.de>
A3B5 24C2 01A0 D0F2 355E 5D1F 2BAE 3CF6 DAFF B000
Key-ID: DBD245FCB3B2A12C
ct magazine CERTIFICATE <pgpCA@ct.heise.de>
19ED 6E14 58EB A451 C5E8 0871 DBD2 45FC B3B2 A12C
heise Investigativ: Über diesen sicheren Briefkasten können Sie uns anonym informieren.
Anonymer Briefkasten: <https://heise.de/investigativ>
via Tor: ayznmonmewb2tjvgf7ym4t2726muprjvwckzx2vhf2hbarbbzydm7oad.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
Mitglied der Geschäftsleitung: Jörg Mühle
Anzeigen-Verkaufsleitung: Simon Tiebel (-890) (verantwortlich für den Anzeigenteil), www.heise.de/mediadaten/ct
Anzeigenpreise: Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 43 vom 1. Januar 2026.
Anzeigen-Auslandsvertretung (Asien): Media Gate Group Co., Ltd., 7F., No. 182, Section 4, Chengde Road, Shilin District, 11167 Taipei City, Taiwan, www.mediagate.com.tw
Tel: +886-2-2882-5577, Fax: +886-2-2882-6000, E-Mail: mei@mediagate.com.tw
Leiter Vertrieb und Marketing: André Lux (-299)
Werbeleitung: Julia Conrades (-156)
Service Sonderdrucke: Julia Conrades (-156)
Druck: Mohn Media Mohndruck GmbH, Carl-Bertelsmann-Straße 161M, 33311 Gütersloh
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
Meßberg 1
20086 Hamburg
Tel.: 040/3019 1800, Fax: 040/3019 1815
E-Mail: info@dermedienvertrieb.de
c’t erscheint 14-täglich
Einzelpreis 6,50 €; Österreich 7,20 €; Schweiz 10.80 CHF; Belgien, Luxemburg 7,70 €; Niederlande 7,90 €; Italien, Spanien 8,20 €
Abonnement-Preise: Das Jahresabonnement kostet inkl. Versandkosten: Inland 161,20 € (Digital 153,40 €), Österreich 170,30 €, Europa 185,90 €, restl. Ausland 214,50 € (Schweiz 260.00 CHF); ermäßigtes Abonnement für Schüler, Studenten, Auszubildende (nur gegen Vorlage einer entsprechenden Bescheinigung): Inland 110,50 €, Österreich 122,20 €, Europa 124,80 €, restl. Ausland 153,40 € (Schweiz 154.70 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 AUGE, bdvb e.V., BvDW e.V., /ch/open, GI, GUUG, ISACA Germany Chapter e.V., JUG Switzerland, VBIO, VDE und VDI (gegen Mitgliedsausweis): Inland 120,90 €, Österreich 128,70 €, Europa 140,40 €, restl. Ausland 161,20 € (Schweiz 195.00 CHF). Luftpost auf Anfrage.
Leserservice:
Bestellungen, Adressänderungen, Lieferprobleme usw.
Heise Medien GmbH & Co. KG
Leserservice
Postfach 110 242
69071 Heidelberg
E-Mail: leserservice@heise.de
Telefon: 0511/647 22 888
c’t abonnieren: Online-Bestellung via Internet (www.ct.de/abo) oder E-Mail (leserservice@heise.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 2026 by Heise Medien GmbH & Co. KG
ISSN 0724-8679 AWA LAE 

Vorschau **ct** 7/2026

Ab 20. März im Handel und auf ct.de



Bild: Melissa Ramson / heise medien

Glasfaser kommt

Brauchen Sie für den Glasfaseranschluss einen neuen Router, neues WLAN, neue Kabel? Manches ja, anderes nicht unbedingt. In der kommenden Ausgabe lesen Sie, was wirklich nötig ist, was die Geräte können müssen und was die seit Kurzem für die Heimvernetzung erhältlichen Klebefasern taugen.



Bild: Melissa Ramson / heise medien

USB-C-Pflicht für Notebooks

Erst Handys, jetzt Mobilrechner: Die EU schreibt vor, dass sich alle ab Ende April verkauften Notebooks per USB-C laden lassen müssen. Wir beleuchten die Auswirkungen auf den Notebookmarkt und stellen geeignete USB-C-Netzteile mit mindestens 65 Watt und 20 Volt auf den Prüfstand.

Gebrauchte Grafikkarten

Hohe Speicherpreise verteuern auch Grafikkarten. Das treibt seltsame Blüten wie die Empfehlung einer fünf Jahre alten Grafikkarte, nur weil sie 12 GByte hat. Bei uns liegen noch ältere Karten mit mehr als 8 GByte herum, die sich nun in modernen Spielen und bei KI-Anwendungen bewähren müssen.

LaTeX für professionelle Briefe ohne Layoutstress

Ansehnliche Briefe, jedes Mal aufs Neue, ohne mühseliges Gefrickel und händisches Hin-und-her-Kopieren – LaTeX machts möglich. Mit unseren Tricks und Kniffen gestalten Sie Briefe ganz nach Ihren Vorstellungen und passen sie im Handumdrehen für verschiedene Szenarien an.

Passwortmanager aus Europa

Wenn es um die Sicherheit im Netz geht, sind Passwortmanager wichtige Begleiter. Sie generieren für jedes Konto ein sicheres Passwort oder einen Passkey. Mit allen, die ihre Zugangsdaten derzeit lieber einer europäischen Software anvertrauen, schauen wir auf Alternativen zu Bitwarden, 1Password & Co.

Noch mehr Heise-Know-how



c't Quantencomputer
jetzt im Handel und auf
shop.heise.de



iX 3/2026 jetzt im Handel
und auf shop.heise.de



c't Fotografie 02/2026
jetzt im Handel und auf
shop.heise.de

Die unabhängige Konferenz zu Software-Qualität

20+ Stunden Testing-Erfahrung
aus realen Softwareprojekten



120€ Rabatt

für c't-Leser mit dem

Code **ct_120**

gültig bis 27.3.26



NEU Samsung Galaxy S26-Serie

Jetzt zu 1&1 wechseln und die neue Galaxy S26-Serie inklusive doppeltem Speicher sichern.*

INKLUSIVE
Galaxy Buds4*
UVP 179,- €



Galaxy AI ✨

34,99 €/Monat*
z. B. **DAUERHAFT!**

mit Galaxy S26 inkl.
1&1 All-Net-Flat S mit 30 GB

1&1 EINFACH-WECHSEL

WIR KÜMMERN UNS UM ALLES

Unterbrechungsfrei zu 1&1 wechseln,
sonst **100,- € für Sie.***



1und1.de



0721 / 960 6000

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



*Samsung Galaxy S26, S26+ oder S26 Ultra je inkl. Galaxy Buds 4 z.B. mit der 1&1 All-Net-Flat S mit 30 GB Highspeed-Volumen/Mon. (bis zu 300 MBit/s Download/bis zu 50 MBit/s Upload, danach je max. 64 kBit/s) für dauerhaft 34,99 €/Mon. (S26), 42,99 €/Mon. (S26+) bzw. 44,99 €/Mon. (S26 Ultra). Mindestvertragslaufzeit je 24 Monate, danach jederzeit kündbar mit 220,- € (S26), 320,- € (S26+) bzw. 340,- € (S26 Ultra) Einmalzahlung, zahlbar bei Vertragsende, spätestens nach 36 Vertragsmonaten. Oder ohne Einmalzahlung bei Auswahl eines neuen Geräts bei 1&1 und Rücksendung des Altgerätes in gebrauchsfähigem Zustand. Alternativ wird treuen Kunden, sofern der Vertrag nach 36 Monaten noch besteht, die Einmalzahlung im 36. Monat automatisch gutgeschrieben, sodass sie sich auf 0,- € reduziert (Geräterückgabe hierfür nicht erforderlich). Energieeffizienz: S26: A, S26+: A, S26 Ultra: A. Gratis telefonieren und Surfen gilt nicht für Sonder- und Premiumdienste, Verbindungen aus Deutschland ins Ausland sowie Roaming außerhalb EU gemäß Preisliste. Bereitstellungspreis je 39,90 €. 1&1 Einfach-Wechsel: Das Versprechen des reibungslosen Wechsels steht unter technischen Voraussetzungen und Bedingungen. Gilt nur für Verträge mit 24 Monaten Mindestlaufzeit. Details unter www.1und1.de/Einfach-Wechsel. Bestimmte AI-Funktionen setzen eine Internetverbindung, einen Samsung Account oder einen Google Konto Login voraus. Galaxy AI ist in Deutschland ab 16 Jahren verfügbar. Samsung behält sich vor, den Dienst kostenpflichtig zu machen. Speicherplatz-Upgrade bei verbindlicher Vor-Bestellung eines Modells der Samsung Galaxy S-Serie bis zum 10.03.2026: nächstgrößere Speichervariante ohne Aufpreis oder gewählte Speichervariante zum Preis der nächstkleineren. Vor-Bestellung: Lieferung ab dem 11.03.2026 innerhalb von 4 Wochen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Preise inkl. MwSt. 1&1 Telecom GmbH, Elgendorfer Straße 57, 56410 Montabaur. WEEE-Nr. DE1347033

† „Sehr gut“ (über 910 Punkte) von connect (www.connect.de/3211255) in einer Sonderbetrachtung nach Anwendung ihres Mobilfunk-Netztest Vergleichsmaßstabes (Benchmark-Metrik) für die Netz-Qualität des 1&1 O-RAN kombiniert mit National Roaming von Vodafone. Weitere Informationen unter www.1und1.de/test. Im Haupttest, connect Heft 01/2026, erhielten weitere Netzbetreiber 1x „übertragend“ (975 Punkte), 2x „sehr gut“ (937 Punkte).