



Im Test  
Raspberry Pi 500  
& Monitor

## Die neue Notebook-Generation

Frische CPUs von AMD, Apple, Intel und Qualcomm

Test: Schlanke Notebooks mit langen Laufzeiten ab 800 Euro

### TEST

Elektrostimulation gegen Stress  
KI-Tools helfen bei Podcast-Produktion  
Android-Smartphone Oppo Find X8 Pro  
DaVinci Resolve gegen Premiere Pro  
Rasant: Smartes Türschloss von Nuki



## SSDs von schnell bis sauschnell

Test: 19 Speicher mit PCIe 3.0, 4.0 und 5.0

### FOKUS

Indoor-Radfahren: Apps fürs Training im Winter  
Regulierung von Temu, Shein und AliExpress  
Festnetzkosten senken mit VoIP-Tarifen  
So hilft KI beim wissenschaftlichen Schreiben  
Gnome-App in Rust programmieren

Gratis-PDF zum Weitergeben

## c't-Security-Checklisten 2025

Schritt für Schritt absichern: Windows, Homeoffice, Handy, Passwörter,  
Netzwerk, KI-Dienste, Onlineshopping ...

© Copyright by Heise Medien.

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



0 1

# VOR- SICHT!

Diese Anzeige zerstört sich von selbst,  
sobald Du sie gelesen hast!\*

Denn was hier steht, geht nur Dich was an!

Remote Work  
Ganz einfach und  
ohne VPN!

## Cordaware bestzero

Die unkomplizierte VPN Alternative  
für remote work in unsicheren Zeiten

\* Inklusive darauf befindliches Genmaterial sowie sämtliche Fingerabdrücke.

- ✓ Zeitgesteuerter und 2FA bedingter Appzugriff
- ✓ Keine offenen eingehenden Ports erforderlich
- ✓ Remote Zugriff auf Ressourcen schnell und einfach bereitstellen



✓ Verfügbar für Windows, macOS, Linux, iOS und Android

Cordaware GmbH Informationslogistik +++ Fon +49 8441 8593200 +++ info@cordaware.com +++ www.cordaware.com



IT Made in Germany





## Digitale Küche: Technik zum Anfassen

Zweiter Weihnachtsfeiertag, die Familie fällt in Kürze in voller Stärke zum Essen ein und so muss der Braten mittags pünktlich, gar, knusprig und dampfend aus der Röhre kommen. Von festlicher Besinnlichkeit fehlt indes jede Spur, die Stimmung in der Küche ist angespannter als der Hosensbund direkt nach dem Essen am Vortag. Der Bratenbeauftragte flucht seit geraumer Zeit vor sich hin und toucht vor der Bratröhre kniend mit nassen Fingern auf einem viel zu kleinen Display herum: "Warum geht denn das Ding jetzt aus? Nein, nicht Genussgaren Plus, ich wollte nur Umluft. Warum reagiert das jetzt wieder nicht? Verflucht, holt mal einer das Tablet mit der App!"

Schuld an der Verstimmung ist der neue – als besonders smart angepriesene – Backofen, freilich das allerneueste Modell. Das hat zwar eine cloudsynchronisierte Rezeptdatenbank mit 3500 Garprogrammen sowie eine KI-Kamera-gestützte Bräunungsgraderkennung, nur eine ganz offensichtliche Errungenschaft der Technikevolution hat der Hersteller ausgespart: schnöde anfassbare Drehknöpfe; einen für die Temperatur, einen für den Betriebsmodus. Ein bewährtes und überlegendes Bedienkonzept mit haptischem sowie optischem Feedback. Einen solchen Knopf drehte man früher fix nach rechts, wenn sich auf dem Braten einfach keine Bräunung einstellte – das ging ganz ohne KI. Heutige Backöfen dagegen wollen umständlich programmiert werden, per Touch.

Noch weiter an der Realität vorbei entwickelt wurden nur Backofens Geschwister, die Induktionskochfelder. In der sterilen Fantasiewelt von Küchengeräteherstellern scheint Wasser grundsätzlich nie überzukochen und nichts zu spritzen. Nur so lässt sich erklären, dass sich herstellerübergreifend die irrierte Idee durchsetzte, Touchen auf einer piepsenden Glasplatte sei irgendwie praktisch. Induktionsherde mit Drehknöpfen dagegen sind fast ausgestorben, solche gibt es heute nur noch für die professionelle Küche.

Klar, digitale Zusatzfunktionen an Küchengeräten können einen Mehrwert haben. Auch für eine Bedienung per App und eine Einbindung des Backofens ins smarte Heim gibt es teils sinnvolle Szenarien. Weglassen muss man sie auch nicht. Die Hersteller sollten digitale Gimmicks aber einfach zusätzlich und nicht ausschließlich einbauen. Denn fürs all- und festtägliche Kochen geht nichts über Knöpfe zum Anfassen. Und besonders smart ist, was mehr Probleme löst als schafft.



Jan Mahn

Jan Mahn



## Intelligente Sicherheit

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

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

## ERHÄLTlich BEI IHREM TERRA FACHHÄNDLER

IBN Gesellschaft für Systemtechnik mbH, **14478** Potsdam, Tel. 0331/888400 • Capeletti & Perl GmbH, **20097** Hamburg, Tel. 040/23622 0 • Computer-Service-Buchholz GmbH, **21244** Buchholz i.d.N., Tel. 04181/137373 • Caligrafika, **26133** Oldenburg, Tel. 0441/9250095 • T&S Computech GmbH, **30175** Hannover, Tel. 0511/884817 • B.I.T. Datentechnik GmbH, **31675** Bückeburg, Tel. 05722/95040 • Systemhaus Przykopanski, **31848** Bad Münder, Tel. 05042/933160 • MBörso-Computer GmbH, **33100** Paderborn, Tel. 05251/28818-0 • Microtec GmbH, **33649** Bielefeld, 0521/9455274 • bits+bytes Computer GmbH & Co. KG, **35745** Herborn, Tel. 02772/94990 • RODIAC EDV-Systemhaus GmbH, **42551** Velbert, Tel. 02051/989000 • ServeNet Computervertrieb, **42279** Wuppertal, Tel. 0202/266166 • Rose Computer GmbH, **46395** Bocholt, Tel. 02871/244400 • Kortenbrede Datentechnik GmbH, **48161** Münster, Tel. 02533/930802 • Großbecker & Nordt Bürotechnik-Handels-GmbH, **50859** Köln, Tel. 02234/40890 • Franken & Vogel GmbH, **55124** Mainz, Tel. 06131/14406-34 • SURE DataSystems, **57627** Hachenburg, Tel. 02662/95830 • Pauly Büromaschinen Vertriebs GmbH, **65555** Limburg, Tel. 06431/500466 • Krieger GmbH & Co KG, **68163** Mannheim, Tel. 0621/833160 • G+S Computer GmbH **68519** Viernheim, Tel. 06204/607921 • KAISYS.IT GmbH, **72793** Pfullingen, Tel. 07121/145330 • Danner IT-Systemhaus GmbH, **72760** Reulingen, Tel. 07121/56780 • MP-Datentechnik GmbH, **73730** Esslingen, 0711/3609163 • SCHUCK it GmbH, **78194** Immendingen, Tel. 07462/9474-18 • CAB IT-Systemhaus GmbH, **79106** Freiburg, Tel. 0761/45646646 • Resin GmbH & Co.KG, **79589** Binzen, Tel. 07261/6660 • Office Komplett, **79664** Wehr Tel. 07762 / 708860 • bll computersysteme GmbH & Co. KG, **89077** Ulm, Tel. 0731/18488-0 • Schwarz Computer Systeme GmbH, **92318** Neumarkt, Tel. 09181/48550 • K&L electronics GmbH, **95466** Weidenberg, Tel. 09278/98610-0



# TERRA PC-MINI 6000 V6.1



## TERRA PC-MINI 6000 V6.1

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

Artikel-Nr.: 1009983

**859,-\***

UVP inkl. gesetzl. MwSt.

## zusammen kaufen mit:

## TERRA LCD/LED 2427W HA

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

Artikel-Nr.: 3030221

**129,-\***

UVP inkl. gesetzl. MwSt.

## die passende Halterung dazu:

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



Artikel-Nr.: 1400326

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



\* Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Preise in € inklusive gesetzlicher Mehrwertsteuer. Es gelten die AGB der Wortmann AG, zu finden unter [www.wortmann.de](http://www.wortmann.de). Solange der Vorrat reicht. Keine Mitnahmegarantie.

<sup>1</sup> Hardwareabhängig

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

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

<sup>1</sup> Windows 11 Survey Report: Techaisle, Februar 2022. Ergebnisse für Windows 11 basieren auf einem Vergleich mit Geräten mit Windows 10.

[www.wortmann.de](http://www.wortmann.de)

**WORTMANN AG**  
IT. MADE IN GERMANY.

## Titelthemen

### Die neue Notebook-Generation

18 Elf Notebooks mit KI-beschleunigten CPUs im Test

### c't-Security-Checklisten 2025

- 56 **IT-Sicherheit** Schritt für Schritt erklärt
- 58 **Mobiles Arbeiten** Sicher im Homeoffice
- 59 **Windows** absichern mit Bordmitteln
- 60 **Smartphones** Sicher unterwegs mit Android & iOS
- 61 **WLAN-Router** Angriffe aufs Heimnetz abwehren
- 62 **E-Mail** Keine Chance für Phishing und Spionage
- 63 **KI-Sprachmodelle** Gesundes Misstrauen schützt
- 64 **Messenger** WhatsApp & Co. sicher nutzen
- 65 **Browser** Schnüffler und Malware aussperren
- 66 **Online-Betrug** Abzocker abwehren
- 67 **Social Media** Schutz für die digitale Identität
- 68 **Finanz-IT** Sicheres Online-Banking
- 69 **Backups** Wichtigste Regel: Machen!
- 70 **Server & Hosting** Angriffsflächen minimieren
- 71 **Passwörter** Sichere Schlüssel ohne Stress

### SSDs von schnell bis sauschnell

84 **Test** 19 Speicher mit PCIe 3.0, 4.0 und 5.0

## Aktuell

- 16 **Digitalministerium** soll Deutschland voranbringen
- 34 **2025** Was sich für Verbraucher ändert
- 35 **Datenschutz** Sammelklage gegen Facebook
- 36 **Hosting** Hetzner vermietet S3-Speicherplatz
- 37 **Digitalpolitik** Teure IT-Berater treiben Kosten
- 38 **DNA-Datenspeicher** Bio-Festplatte für die Ewigkeit
- 40 **Bit-Rauschen** Intel schickt Pat Gelsinger in Rente
- 42 **Grafikkarten** Intels Arc B580 für Spieler
- 43 **Hardware** 3DMark misst DirectStorage, faire Maus
- 44 **Handel und Geld** Phisher-Banden ausgehoben
- 45 **Open Source** Nextcloud Talk, Cinnamon 6.4
- 46 **Super-Slow-Motion** Photonen gefilmt
- 48 **Forschung** Drohne navigiert nach den Sternen
- 50 **AV-Receiver** Hersteller in Schwierigkeiten
- 51 **Spiele** Deutscher Entwicklerpreis für Enshrouded
- 52 **Web-Tipps** Algorithmen, Gedichte, Nachrichten

## Test & Beratung

72 **Android-Smartphone** Oppo Find X8 Pro

74 **Business-Smartphone** Motorola ThinkPhone 25

76 **Rasant: Smartes Türschloss** von Nuki

78 **PA-Lautsprecher** mit Akkubetrieb

78 **Tastatur-App** Schnell tippen mit den Daumen

79 **Labeldrucker** fürs Smartphone

80 **Browser-App** Arc Search mit KI-Suchagent

81 **Effektpedal** imitiert Gitarren- und Bass-Amps

82 **Elektrostimulation** gegen Stress

92 **Raspberry Pi 500 & Monitor**

96 **Indoor-Radfahren: Apps fürs Training** im Winter

102 **KI-Tools** helfen bei Podcast-Produktion

108 **DaVinci Resolve** gegen Premiere Pro

164 **Bücher** Eine Woche ohne Handy, Schuften für KI

### 18 Die neue Notebook-Generation



Aktuelle Notebooks zeichnen sich durch KI-Recheneinheiten in ihren CPUs und besonders lange Akkulaufzeiten aus. Wir haben elf Geräte mit Prozessoren von AMD, Apple, Intel und Qualcomm auf den c't-Prüfstand geholt.



## Wissen

- 112 **Regulierung von Temu, Shein und AliExpress**
- 116 **Wasserstoffauto** BMW baut Brennstoffzellen-Pkw
- 120 **So hilft KI beim wissenschaftlichen Schreiben**
- 124 **Experimentalphysik** Basteln für die Forschung
- 130 **Retrospele** CRT-Look auf Flachbild-TVs
- 146 **Gnome-App in Rust programmieren**

## Praxis

- 136 **Homebanking** Umziehen auf den Mac
- 140 **Festnetzkosten senken mit VoIP-Tarifen**
- 142 **Push-Benachrichtigungen** senden mit ntfy

## Immer in c't

- 3 **Standpunkt** Digitale Küche: Technik zum Anfassen
- 10 **Leserforum**
- 15 **Schlagseite**
- 54 **Vorsicht, Kunde** E.ON-Kundenkonto unzugänglich
- 158 **Tipps & Tricks**
- 160 **FAQ** Festplatten und SSDs
- 166 **Story** Ausgesperrt
- 175 **Stellenmarkt**
- 176 **Inserentenverzeichnis**
- 177 **Impressum**
- 178 **Vorschau c't 2/2025**

**56 c't-Security-Checklisten 2025**



Cyberganoven lauern überall. Dabei ist es gar nicht so schwer, ihnen das Handwerk zu legen. Mit unseren Tipps & Tricks verpassen Sie Ihren Geräten und Konten im Handumdrehen die nötige Extraportion Sicherheit.



130 **CRT-Look** Röhrenunschärfe für Retrospele



146 **Programmieren mit Rust** Apps für Gnome bauen

# secIT by heise

HANNOVER 2025

18. - 20. MÄRZ 2025, HANNOVER

# Die Kongress- messe für Security-Profis



Aussteller

- A<sup>1</sup> Digital | achelos | ACP IT for innovators. | Akamai | ALPENSIELD | AUDITTRAILS | Avast. | baramundi | Bare.ID
- ConSecur | CONSIST | cybernality | cybereason | CYBER SAMURAI | >>CYBERSENSE | CYQUEO | DAGMA
- e-x-e-o-n | eye | FB | FB PRO GMBH | FEARTINET | FORTRA | G DATA CyberDefense | Greenbone | HarfangLab
- ManageEngine | MAXXYS | MB CONNECTLINE | Net at Work | NETCOR | netskope | netzlink | nexttron
- REDMIMICRY | SECUREPOINT | semperis | SEROSEC | SerNet | SITS | SONICWALL | SOPHOS | sosafe | SpaceNet | STORMSHIELD

- Offizieller Eventpartner | itsa EXPO CONGRESS | Kooperationspartner | CCISO ALLIANCE | NIEDERSACHSEN DIGITAL | UVN

© Copyright by Heise Medien.





# meet. learn. protect.



Jetzt  
anmelden!



# secit-heise.de

Copyright by Heise Medien.

# Leserforum



**Die Digitalisierung hat in der EU und in Deutschland noch gehöriges Optimierungspotenzial, da sind sich die Leser einig. Doch wo ist die Schuld dafür zu suchen? Bei den Vorgaben von oben oder etwa bei uns selbst?**

eingelassen hatte, war mir die Lust darauf vergangen. Und dieser Artikel hier setzt noch eins obendrauf.

DeltaTango

## Gegen jeden Verstand

*Apples iPhone 16 gegen Googles Pixel 9, c't 27/2024, S. 24*

Diese überteuerten, dafür aber funktionslosen sogenannten Flaggschiffe sind ein Armutszeugnis der Ingenieurskunst. Kein Wechselakku, kein Wechselspeicher. Ausrede Staub und Wasserfestigkeit. Es geht bei diesen Dingen, wie bei allen Smartphone-Flaggschiffen, nur noch um Profitmaximierung und Datenabzug für Werbung und KI. Damit gegen jede Nachhaltigkeit und jeden Verstand.

Stephan Lenk

## In meiner Cloud notiert

*18 Programme, mit denen Sie Ihre Notizen und Ihr Wissen organisieren, c't 28/2024, S. 90*

Ich habe einiges aus der Liste ausprobiert. Apple Notes zum Beispiel verwende ich immer noch für Reminder etwa zu Weihnachtsgeschenken. Aber für meine ganzen normalen, suchbaren Notizen verwende ich mittlerweile ausschließlich QOwnNotes mit meiner Nextcloud-Instanz.

QOwnNotes gibts für alle meine benutzten Betriebssysteme (Linux, Windows, macOS) und fürs Lesen am Handy, das ich in dem Kontext eher wenig verwende, den Webclient. Am iPad benutze ich einen Markdown-Editor direkt über das Nextcloud-Filesystem.

Die Notizen sind Markdown-Files, die über QOwnNotes gemeinsam durchsuchbar und verwaltbar sind, beziehungsweise, wenn ich über den Webclient komme, als einzelne Markdown-Notizen gesucht und editiert werden können. Mit Nextcloud bleiben die Notizen synchron über alle meine Geräte und OS und keine Daten gehen in irgendeinen gemieteten Cloud-dienst.

allgoodthings

## Zu viele Fesseln

*EU und Deutschland: Der holprige Weg ins digitale Zeitalter, c't 28/2024, S. 126*

Vielleicht sollte man das Rennpferd mal etwas fördern, statt ihm immer mehr und mehr Fesseln anzulegen. Das führt nämlich zu nicht mehr Leistung, sondern viel weniger. Wenn man mittlerweile schaut, was sich da alles aufgestapelt hat an Gesetzesfesseln (DSGVO, Article 13 Upload

Filter, Digital Services Act, Data Act, Digital Markets Act, AI Act, Cyber Resilience Act ...), dann wird klar, warum die EU immer mehr zurückfällt. Mit der Konkurrenz aus dem Silicon Valley, wo keines dieser Gesetze existiert, kann man schon lange nicht mehr konkurrieren.

Schuld sind ja nicht nur die Gesetzwirbeln der EU, sondern auch eine totale Neophobie, die weit verbreitet ist. Diese Einstellung sieht man zum Beispiel in der fehlenden Start-up-Finanzierung, in der Überzeugung, dass eine neue Idee nicht funktionieren kann, und in der pechschwarzen Überzeugung, dass alles, was man in IT wagt, immer schiefgehen muss/wird.

ErdenAdmin

## Mailausdrucker

Wir sind rückständige Mimosen und stolz darauf. „Nur Bares ist Wahres“, Digitalisierungen werden mit Verweise auf „ältere Menschen“ rundweg abgelehnt, Behörden drucken im Erdgeschoss Mails aus und scannen sie im ersten Stock wieder ein. In den Firmen denkt man, Software sei so etwas wie ein Drucker, das kauft man einfach ein, und fällt damit hinter die Konkurrenz zurück. Ich frage mich, wie man das ändern kann. Wachen wir irgendwann auf?

Gently\_

## Lust vergangen

*Urheberrechtsprobleme mit Drohnenaufnahmen im öffentlichen Raum, c't 28/2024, S. 156*

Wollte mir auch mal eine Drohne kaufen. Aber nachdem ich mich in die Regularien

## Humorlos

*Leserbrief „Inhaltsleere Sätze“ zum Bit-Rauschen in der vorangegangenen Ausgabe, c't 27/2024, S. 8*

Mal wieder ein Beispiel des echt humorlosen Deutschen. Für solche Leute kommt ja demnächst die für sie glückliche Zeit, bei der ihnen deutlich gezeigt wird, dass es sich um etwas nicht ganz Ernstes handelt: „Tadaa, Tadaa, Tadaa ...“

## Wir freuen uns über Post

✉ redaktion@ct.de

🗨 c't Forum

📘 c't Magazin

✂ @ctmagazin

📷 ct\_magazin

@ @ct\_Magazin

📺 c't magazin

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

Antworten sind kursiv gesetzt.

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








# MACH'S DIR DOCH SELBER!



ALPENSHIELD

alpenshield.io

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

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

ERGEBNIS

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

**Das 24x7 Problem ist pragmatisch und effektiv gelöst**

**Bessere Qualität im Incident-Management bei weniger Kosten**



**JETZT LIVE-  
DEMO BUCHEN**



**27001:2022**

**Microsoft**  
Solutions Partner  
Security

Im Ernst, die ganze c't besteht aus Texten, die ziemlich humorfrei verfasst sind. Da ist es sehr schön, dazwischen einen Artikel mit etwas leichterem Text zu finden. Wenn deswegen für einige wenige Personen die Welt untergeht, ist das nicht sehr von Belang.

Peter Leutwiler ✉

## Bauchschmerzen mit Glasfaser

Die Zeit des Internet per Telefonleitung läuft ab, c't 27/2024, S. 14

Nachdem wohl die dringendsten/lukrativsten Gebiete in der Region mit Glasfaser versorgt sind, soll jetzt auch hier Glasfaser von Deutsche Glasfaser (DG) kommen, obwohl per DSL bis 250 MBit/s möglich sind. Ich habe natürlich, aber eben mit Bauchschmerzen, unterschrieben, denn an Glasfaser wird man mittelfristig nicht vorbeikommen, und falls DG tatsächlich ausbaut, wird auch kein Mitbewerber hier anbieten.

Aber meine Bauchschmerzen sind, dass ich zu Hause die Familien-Nextcloud betreibe und auch weitere Dienste von unterwegs nutze. Von DG bekommt man IPv4 aber nur per CG-NAT und im Zusammenspiel mit IPv4 nur per NAT beim Mobilfunkprovider befürchte ich Verbindungsprobleme.

Norbert Kolhoff ✉

## Kein freier Markt

Technisch gesehen ist ein Glasfaseranschluss optimal. Die Anschlussmöglichkeit in Deutschland scheitert aber an der fehlenden Koordinierung durch die Behörden. Es dem Markt zu überlassen, der ja keiner ist (natürliches Monopol), ist beispielhaft für die Unfähigkeit unserer staatlichen Stellen (Legislative und Exekutive).

Wo hängt es besonders? Die Glasfaseranbieter schaffen sich lokale Monopole und bis auf Eigenheimbesitzer sind alle auf die Mitwirkung ihres Vermieters angewiesen, der die Verkabelung in die Wohnung von der Straße aus bezahlen muss (bei Kupfer ist das anders).

Die Anbieter müssen verpflichtet werden, die Glasfaser bis in die Wohnung auf ihre Kosten zu verlegen. Der Vermieter muss zur Duldung verpflichtet werden, noch besser zur Mitwirkung. Mietstei-

## Fragen zu Artikeln

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

gernd darf das nicht sein, denn Netzwerk ist inzwischen so eine Daseinsvorsorge wie Wasser und Strom.

Die Leitungen müssen für alle Anbieter zu fairen Preisen geöffnet werden, damit Monopole vermieden werden. Ohne Wettbewerb wird das nichts. Anbieter ohne Kabel sollten zunächst nicht im Markt aktiv werden, damit die verlegenden Anbieter ein Interesse an der Erschließung haben. Die Preise und Bedingungen sollten von der Bundesnetzagentur überwacht und begrenzt werden.

Dr. Andreas Tomiak ✉

## Geld nur für Einzelkonten

Postbank setzt auf Läden statt Automaten für Bargeld, c't 26/2024, S. 40

Es genügt nicht, ein Girokonto bei der Postbank zu haben und die Postbank-App zu nutzen. Es muss sich auch um ein Einzelkonto handeln. Bei einer so abwegigen Konstellation wie einem gemeinsamen Konto von Ehepartnern gibt es also kein Geld an der Ladenkasse.

Ronni Celler ✉

## Austausch über Bedürfnisse

Standpunkt „Die Überlösung“, c't 26/2024, S. 3 und „Großprojekt des Bundes ‚Mein Bildungsraum‘ in der Kritik“, S. 128

Es ist verständlich, dass 630 Mio. Euro, die in „irgendwas mit Computern“ investiert werden, keine sinnvolle Investition sind. Allerdings muss ich sagen, dass mir die aktuellen Bildungscloids, die mir bisher unterkamen, nicht wirklich zugesagt haben. Unsere Schule hat sich, anders als viele andere Schulen in Köln, aus Datenschutzgründen gegen MS Teams entschieden. Stattdessen setzten wir auf die dBildungscloud vom Hasso-Plattner-Institut. Leider sind der Umgang und die Administration dieser Lösung alles andere als angenehm und die Stimmen im Kollegium, doch endlich auf das gut funktionierende

MS Teams zu wechseln, werden immer lauter.

Was ich mir als Lehrer allerdings viel mehr wünschen würde, wäre ein Austausch über die wirklichen Bedürfnisse von Lehrerinnen und Lehrern, denn da fragt irgendwie niemand nach. Und das sind definitiv keine Klassensätze mit Rapsis, wie Sie dieses vorschlagen, sondern vielmehr gut nutzbare, aufeinander abgestimmte Softwareprodukte, die dem Lehrpersonal die maximale Freiheit in der Lehre ermöglichen, einfach zu bedienen, bei vollständiger Kontrolle und Datenhoheit über die Ergebnisse der Schüler und Schülerinnen.

Ich persönlich würde mir beispielsweise eine Discord-Alternative, selbst gehostet, im Open-Source-Bereich wünschen, ausgestattet mit H5P und einem quelloffenen und kostenfreien Padlet dabei. Wenn dann noch spezielle Chatbots für die Fächer Deutsch, Mathe, Englisch und Französisch/Latein, angepasst an das jeweilige Lehrwerk der Schule, dazu kämen, könnte ich mein Glück kaum fassen.

N. Borchert ✉

## Abonnenten lesen Artikel digital und vorab

Das c't-Abo bietet Ihnen viele Vorteile. So können Abonnenten die meisten c't-Artikel im Webbrowser lesen, meist sogar bevor das Heft im Briefkasten liegt. Dazu genügt ein kostenloser Account bei heise online, den Sie allerdings noch mit Ihrem c't-Abo verknüpfen müssen. Sollten Sie noch keinen heise-online-Account haben, legen Sie diesen unter [heise.de/s/6EEjZ](https://heise.de/s/6EEjZ) an. Unter [heise.de/s/lwwY2](https://heise.de/s/lwwY2) verknüpfen Sie Ihren Account mit Ihrem Abo. Danach können Sie die mit „c't Magazin“ gekennzeichneten Artikel auf [heise.de/plus](https://heise.de/plus) lesen, solange Sie mit dem verknüpften Account angemeldet sind.

Um Ihnen das Auffinden der c't-Artikel auf heise+ zu erleichtern, stellen wir sie jeden Dienstag im Club-Newsletter für unsere Abonnenten zusammen. Falls Sie diesen noch nicht erhalten, können Sie ihn unter [heise.de/s/WxxOe](https://heise.de/s/WxxOe) bestellen.

**Accountverwaltung und Newsletteranmeldung: [ct.de/yperc](https://ct.de/yperc)**



# WINDOWS 10 ABLÖSEN & 50% RABATT AUF EINEN MONITOR SICHERN

## WINDOWS 11 AKTIONSPRODUKTE

Bestellen Sie im Aktionszeitraum und solange der Vorrat reicht ein Aktionsprodukt bei Ihrem TERRA Fachhändler und erhalten direkt 50% Rabatt auf einen passenden TERRA LCD. Mehr Informationen unter [www.wortmann.de/Win10EOS](http://www.wortmann.de/Win10EOS) oder bei teilnehmenden Fachhändlern!

**50%  
SPAREN**



### TERRA MOBILE 1517

Intel® Core™ i7-1255U Prozessor (12M Cache, bis zu 4,70 GHz) | Windows 11 Pro | 39.6 cm (15.6") FHD Display | 16 GB Arbeitsspeicher | 500 GB SSD | Intel® Iris® XE Graphics

Artikelnr.: 1220797

**UVP 999,-€**



### TERRA PC-MICRO 6000

Intel® Core™ i5-1340P Prozessor (12M Cache, bis zu 4,60 GHz) | Windows 11 Pro | 16 GB Arbeitsspeicher | 500 GB SSD | Intel® Iris® XE Graphics

Artikelnr.: 1009965

**UVP 899,-€**



### TERRA PC BUSINESS 6000

Intel® Core™ i5-14400 Prozessor (20M Cache, bis zu 4,70 GHz) | Windows 11 Pro | 16 GB Arbeitsspeicher | 500 GB SSD | Intel® HD Graphics

Artikelnr.: 1000042

**UVP 839,-€**



### TERRA LCD/LED 2448W PV

60.5 cm (23.8") VA-LED-Technologie | 1920 x 1080 Pixel, Full HD Display | Bildwiederholrate: 100 Hz | HDMI, DisplayPort, USB-C (Audio und Video), Lautsprecher

Artikelnr.: 3030226

**UVP 159,-€**

**Aktion:  
79,50€**

### TERRA LCD/LED 2748W PV

68.6 cm (27") VA-LED-Technologie | 300 cd/m² | 1920 x 1080 Pixel, Full HD Display | Bildwiederholrate: 100 Hz | HDMI, DisplayPort, USB-C (Audio und Video), Lautsprecher,

Artikelnr.: 3030228

**UVP 219,-€**

**Aktion:  
109,50€**

**50% SPAREN**

**PROMOCODE: WIN10EOS**

## WINDOWS 10 END OF SUPPORT

Am **14. Oktober 2025** wird der Support von Windows 10 eingestellt, sodass keine Sicherheits- und Funktionsupdates mehr angeboten werden. Statten Sie Ihre Computer und Geräte jetzt mit Windows 11 Pro aus, um auch zukünftig von modernen Funktionen zu profitieren, die die Produktivität steigern, die Sicherheit erhöhen und die Verwaltung vereinfachen.

Nachträgliche Buchung nicht möglich! Im Verhältnis 1:1, bei Rückgabe wird die Promo nachberechnet. Nur Lagerware, kein BTO. Nur so lange der Vorrat reicht, maximal bis Jahresende. Die Wortmann AG behält sich vor, die Aktion jederzeit zu beenden. \* Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Preise in € inklusive gesetzlicher Mehrwertsteuer. Es gelten die AGB der Wortmann AG, zu finden unter [www.wortmann.de](http://www.wortmann.de). Solange der Vorrat reicht. Wortmann AG | Bredenhop 20 | 32609 Hüllhorst | [www.wortmann.de](http://www.wortmann.de)

Zur Aktion





# Sich selbst hacken, bevor es Angreifer tun

Ethical Hacking für Admins – Pentesting für eine sichere IT

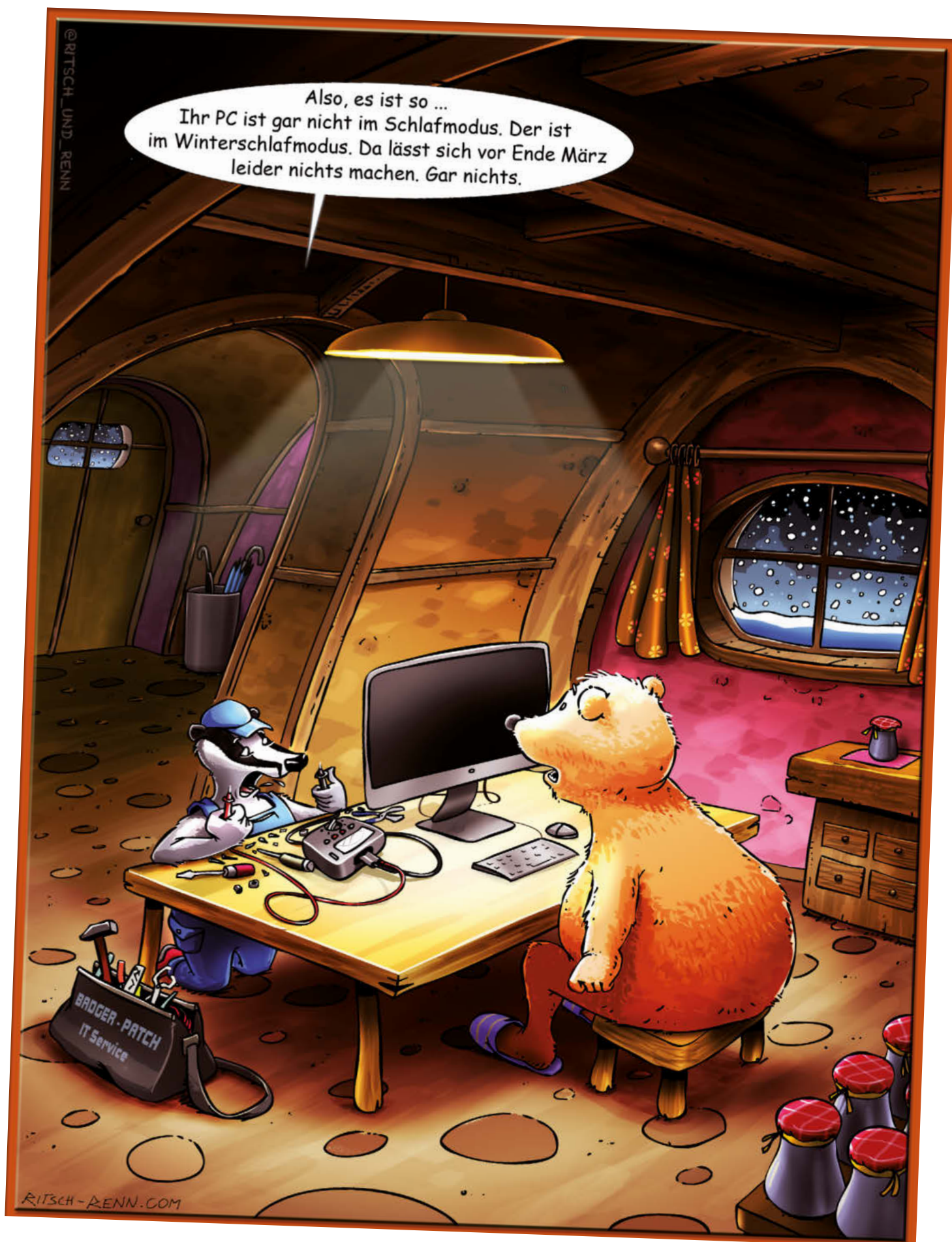
In diesem Classroom lernen Administratoren und IT-Sicherheitsverantwortliche von IT-Experten Frank Ullly, wie sie durch Ethical Hacking die Sicherheit ihrer Systeme erhöhen.

**5 Tage  
geballtes  
Wissen**

**> Jetzt Tickets sichern unter [heise-academy.de](https://heise-academy.de)**







Weitere Schlagseiten auf [ct.de/schlagseite](https://ct.de/schlagseite)

# Digitale Dreifaltigkeit

## Experten fordern ein Digitalministerium, ein Digitalbudget und eine Digitalagentur

**Im Digitalisierungs-Ranking der EU steht die Bundesrepublik schlechter da denn je. Die CDU will den Rückstand mit einem Digitalministerium aufholen. Doch das allein wird aus Sicht von Wirtschaftsverbänden und unabhängigen Experten nicht ausreichen.**

Von Christian Wölbart

**D**er aussichtsreichste Kanzlerkandidat hat sich schon festgelegt: Friedrich Merz wolle ein eigenständiges Digitalministerium schaffen, verkündete CDU-Generalsekretär Carsten Linnemann laut *Spiegel* im Dezember vor Parteimitgliedern. Die FDP plädiert ebenfalls dafür; in der SPD und bei den Grünen gibt es zumindest Sympathien für die Idee. Die Berliner Blase aus Ministerien, Verbänden und Denkfabriken geht deshalb fest davon aus, dass die Bundesregierung nach der Wahl zum ersten Mal ein echtes Digitalressort schafft.

Der Plan ist ehrgeizig. Wer auch immer die Wahl gewinnt und ein Digitalministerium schaffen will, muss mehreren bestehenden Ressorts Kompetenzen wegnehmen und dem neuen Ressort zuschlagen. Das verkompliziert die Koalitionsverhandlungen. Dann muss man jemanden finden, der als Digitalminister Verantwortung übernimmt. Auch das wird nicht einfach: Die Modernisierung der Verwaltung ist Kärnerarbeit.

### Im EU-Ranking abgehängt

Doch der Druck auf die Politik, einen neuen Ansatz auszuprobieren, ist groß. Im

„Digital Economy and Society Index“ der EU-Kommission steht Deutschland in Sachen digitaler Verwaltung schlechter da denn je. Beim Anteil der E-Government-Nutzer liegt die Bundesrepublik auf dem drittletzten Platz der 27 EU-Länder, bei „vorausgefüllten Formularen“ auf dem vorletzten, nur Rumänien ist schlechter. „Das Land muss die Digitalisierung öffentlicher Angebote beschleunigen, da es unter dem EU-Durchschnitt liegt und bei einigen Indikatoren sogar Rückschritte machte“, tadelt die Kommission.

Viele Experten glauben, dass ein Digitalministerium helfen würde. Denn bislang sind die Zuständigkeiten zersplittert:

- Das aktuelle Digital- und Verkehrsministerium ist nur dem Namen nach ein Digitalministerium, denn es kümmert sich im Wesentlichen um den Breitbandausbau, grundsätzliche Strategiefragen und Internationales.

- Das Innenministerium verantwortet entscheidende Bereiche wie die Digitalisierung der Verwaltung, digitale Identitäten und Datenschutzthemen.

- Das Finanzministerium konsolidiert die Rechenzentren des Bundes.



**Es gibt zwar schon das „Bundesministerium für Digitales und Verkehr“, doch hinter der Fassade verbirgt sich kaum Entscheidungskompetenz für Digitales.**

- Das Forschungsministerium fördert Schlüsseltechnologien wie KI.
- Obendrein digitalisiert jedes Ressort in seinem eigenen Bereich vor sich hin, zum Beispiel bastelt das Bildungsressort an Lernplattformen, das Justizministerium an Justiz-Clouds und das Gesundheitsministerium an der elektronischen Patientenakte.

Eine solche Fragmentierung sei „das Gegenteil von planvoller, effektiver Digitalpolitik aus einem Guss“, urteilt der Verband der Digitalwirtschaft Bitkom, der schon seit Jahren ein Digitalministerium fordert. Hinzu komme das Problem, dass digitalpolitische Vorhaben auf den Prioritätenlisten der einzelnen Ressorts „immer wieder nach unten rutschen“.

Beobachten ließ sich das zuletzt im Innenministerium: Als das Geld knapp wurde, sparte Ministerin Nancy Faeser (SPD) unter anderem bei den digitalen Identitäten und strich zum Beispiel eine Werbekampagne für den E-Perso und den Smartphone-Personalausweis Smart eID. So blieb etwa für die Bundespolizei mehr Geld übrig.

Der Bitkom fordert deshalb, die wesentlichen, übergreifenden Digitalthemen in einem Ressort zu bündeln, also zum Beispiel die Grundsätze der Digitalpolitik, Digitalisierung der Verwaltung et cetera. Neue Stellen müsse und solle die Bundesregierung dafür nicht schaffen, sondern die vorhandenen Abteilungen verschieben. Die Verantwortung für die Digitalisierung in ihren Kernbereichen sollen die jeweiligen Ressorts behalten.

Zu einem ähnlichen Schluss kommt der „Beirat Digitalstrategie Deutschland“, ein Gremium aus 17 Vertretern von Verbänden, Wissenschaft und Vereinen, das die Bundesregierung berät. Da die Mitglieder im Detail unterschiedliche Ansichten haben, fordert der Beirat etwas wolkig „eine steuernde, zentrale Instanz“. Das könnte ein Ministerium sein, aber auch ein neuer Bereich im Kanzleramt.

### Ministerium mit Geldhahn

Aus Sicht des Beirats muss diese Instanz „ressortübergreifend handeln können“. Als Steuerungsinstrument soll Geld dienen: Das Gremium schlägt ein Digitalbudget vor, aus dem Projekte der einzelnen Ressorts bezahlt werden, wenn sie zur Strategie der gesamten Regierung passen. Ähnlich klingt es beim Bitkom: Das Digitalministerium soll ein „Innovationsbudget“ erhalten, „mit dem zeitkritische





## Kommentar: Beendet den Irrsinn

Von Christian Wölbart

**E**in Digitalministerium ist überfällig: Die Digitalisierung der Verwaltung leidet schon zu lange unter dem Desinteresse diverser Inneministerinnen und Innenminister. Das Thema muss endlich Chefsache werden. Genauso wichtig wäre eine zentrale Steuerung aller Digitalprojekte aller Ressorts. Das zeigen die vielen Flops der vergangenen Jahre wie die unsichere ID-Wallet-App, die sinnlose nationale Bildungsplattform und das in weiten Teilen gescheiterte Gaia-X. Mit solchen schlecht abgestimmten Alleingängen haben die Ministerien viele hundert Millionen Euro verbrannt.

Doch, so bitter es klingt, die Bundesprojekte sind nicht das größte Problem. Dass Deutschland im interna-

tionalen Vergleich abgehängt ist und Unternehmen und Bürger landauf, landab über die lahme Verwaltung schimpfen, liegt in erster Linie an der Arbeitsteilung im Föderalismus: Für den Großteil der Anträge sind die Kommunen zuständig, nicht der Bund. Jede Stadt, jeder Landkreis muss Onlinedienste beschaffen und betreiben. Ein und dieselbe Software wird zigfach eingekauft und gewartet. Oder eben nicht, wenn der Kommune das Geld fehlt.

Das gilt sogar dann, wenn es nicht um lokale Gegebenheiten geht, sondern der Bund die Gesetze macht und die Umsetzung haarklein vorschreibt, etwa bei der Kfz-Zulassung und bei Ausweisen. Und so kommt es, dass

man zum Beispiel in Hannover ein Auto online via iKfz zulassen kann, in Hildesheim jedoch nicht.

Das ist Irrsinn, nicht nur in Zeiten schwindender Haushaltsmittel. Und das sehen auch viele Städte selbst so. In den sogenannten „Dresdner Forderungen“ verlangen sie schon seit Jahren, dass Bund und Länder die Onlinedienste für solche Verfahren zentral betreiben, damit sie sich auf die Daseinsvorsorge vor Ort konzentrieren können.

Um diesen Plan umzusetzen, müssten der Bund und die Länder Millionenbeträge investieren. Aber sie würden die Kommunen um ein Hundertfaches entlasten. Das einzige, was fehlt, ist politischer Wille.

Digitalprojekte anderer Ressorts von besonderer Bedeutung schnell und gezielt unterstützt werden können“. Schon die Ampel wollte ein solches Budget schaffen, setzte dieses Versprechen jedoch nicht um.

Der zentrale Geldhahn könnte die einzelnen Ressorts auch dazu animieren, sich stärker mit den anderen abzustimmen. Bislang achten die Ministerien kaum auf Synergieeffekte. Ob Justiz, Gesundheit oder Bildung: Alle basteln an unterschiedlichen Cloudplattformen, Bürgerpostfächern und so weiter.

### Arbeitsmuskel für IT-Projekte

Als drittes Instrument schlagen sowohl der Bitkom als auch der Digitalbeirat eine „Digitalagentur“ vor, die die IT-Projekte des Bundes umsetzt. Aus der Sicht der Experten ist es wenig sinnvoll, dass die Juristen in den Ministerien solche Vorhaben managen und Software beschaffen. „Das gehört in den nachgeordneten Bereich, weil dort mehr Freiheiten und weniger politischer Druck herrschen“, sagte Beiratsmitglied Ann Cathrin Riedel vom Next e. V. Mitte Dezember bei der Vorstellung des Abschlussberichts des Beirats (siehe [ct.de/y611](http://ct.de/y611)). Die Ministerien sollten sich wieder stärker auf ihre ureigenen Aufgaben konzentrieren,

also das Entwerfen von Gesetzen und politische Steuerung. Der Bitkom fordert: „Die Digitalagentur müsste im Geschäftsbereich des Digitalministeriums liegen, aber ressortübergreifend arbeiten und sie bräuchte ausreichend Budget.“

Eine Digitalagentur könnte kleinere Umsetzungseinheiten bündeln, die es bereits gibt. Dazu zählt der DigitalService, eine GmbH des Bundes. „Wir brauchen keine 5000 neuen Planstellen dafür“, betonte Alexander Rabe, ebenfalls Mitglied des Beirats und Geschäftsführer des Internetverbands Eco.

Die Dreifaltigkeit aus zentraler Steuerung, Budget und Umsetzungseinheit ist längst nicht alles, was die Experten von der nächsten Bundesregierung fordern. So zerpfückt der Digitalbeirat in seinem Abschlussbericht die Digitalstrategie der Ampel: Sie sei „keine echte Strategie, sondern eine Ansammlung von über 140 Einzelmaßnahmen, die nicht aus strategischen Leitzielen abgeleitet, sondern von den Ressorts einzeln angemeldet wurden“.

Irritiert zeigten sich die Beiratsmitglieder auch von der mangelhaften Vernetzung innerhalb der Bundesregierung: „Jedes Ministerium arbeitet mit seiner eigenen IT, es gibt zum Beispiel kein gemeinsames Arbei-

ten an Word-Dokumenten“, sagte Eco-Geschäftsführer Rabe. Dieses Problem hat auch der Bitkom ausgemacht: Die Ministerien müssten künftig auf einer gemeinsamen technischen Plattform arbeiten, fordert der Verband. (cwo@ct.de) **ct**

**Bericht des Digitalbeirats: [ct.de/y611](http://ct.de/y611)**

### c't-Newsletter zum Thema Digitalisierung

Wie wird Deutschland endlich digital? Mit dieser Frage beschäftigt sich D.digital, ein 14-tägiger Newsletter von c't. Das Redaktionsteam berichtet über **Digitalisierung und Digitalpolitik**, kommentiert kontroverse Themen und veröffentlicht Gastbeiträge. Unter [ct.de/ddigital](http://ct.de/ddigital) können Sie den Newsletter kostenlos abonnieren.



# Neurale Notebooks

Notebooks mit Prozessoren von AMD,  
Apple, Intel und Qualcomm im Vergleich





## Notebooks mit der ARM-CPU Qualcomm Snapdragon X waren die ersten mit dem Windows-Logo Copilot+. Zuerst folgte der AMD Ryzen AI 300, dann Intels Core Ultra 200V. Nun schickt Apple das MacBook Pro mit M4 und Apple Intelligence ins Rennen. Wir haben alle getestet.

Von Florian Müssig

**D**as Notebookjahr 2024 war von viel Fortschritt geprägt – darunter auch überhastetem. Zu Jahresbeginn stellte Intel mit Meteor Lake seine erste aus Chiplets zusammengebaute CPU für Notebooks vor sowie damit verbunden auch gleich das neue Namensschema Core Ultra (statt Core i). Die damals als große Neuerung beworbene und im Prozessor integrierte KI-Einheit (Neural Processing Unit, NPU) wurde aber schon im Mai praktisch obsolet: Da kam Qualcomms ARM-Chip Snapdragon X Elite auf den Markt. Dessen viel stärkere NPU wählte Microsoft als Basislinie für neue KI-Funktionen in Windows 11, für die das Logo Copilot+ steht.

Von allem, was Microsoft als Copilot+ bewirbt, ist immer noch wenig zu sehen – mehr zu Recall & Co. weiter unten. Dennoch sorgte der Snapdragon X Elite für frischen Wind: Windows on ARM ist endlich ernst zu nehmen, weil die neue CPU auf dem Leistungsniveau agiert, das AMD, Apple und Intel längst erreicht hatten. Wegen ARM- statt x86-Befehlssatz laufen zwar nicht alle Anwendungen und Peripheriegeräte, doch dafür locken die Notebooks mit Akkulaufzeiten auf Apple-Niveau – also viel mehr als das, was mit AMD- oder Intel-CPU's zuletzt drin war. Mehr dazu hatten wir im Sommer ausführlich dargelegt [1].

Zurück zur CPU-Zeitleiste: AMD sprang im Juni mit der Prozessorfamilie Ryzen AI 300 (ja, auch wieder ein neues Namensschema) auf den rasenden Hype-train rund um KI, NPU und Copilot+ auf – aber nur auf dem Papier: Es sollte bis in den Sommer dauern, bis damit bestückte

Geräte tatsächlich im Handel waren. Die ersten stammten zudem allesamt von Asus; erst dieser Tage ziehen andere Hersteller nach.

Damit war das Unternehmen Intel, das die Notebookbranche in den letzten zwei Jahrzehnten nach Belieben dominierte, schlagartig abgehängt. Und weil die komplette Entwicklung einer CPU schon mal fünf Jahre oder länger dauern kann, blieben nur wenige Optionen, um zu reagieren. Intel hat also die Entwicklung des Meteor-Lake-Nachfolgers Lunar Lake beschleunigt, damit dieser schon im September – also nur neun Monate nach Meteor Lake! – als zweite Core-Ultra-Generation alias Core Ultra 200V in den Handel kam. Oh, pardon: als zweite Core-Ultra-Serie, denn Generationen sind ja sowas von Core i.

### Sonderlocke

Pikanterweise ist Lunar Lake kein vollwertiger Nachfolger für Meteor Lake alias Core Ultra 100, sondern ein Außer-der-Reihe-Chip, der ursprünglich für besonders kleine und leichte Geräte entworfen wurde. Lunar Lake hat deshalb wenige CPU-Kerne (viel weniger als etwa Meteor Lake), aber ein neuartiges Package, das auch den Arbeitsspeicher enthält: Das spart sowohl Energie als auch Platz auf dem Mainboard und wird von Apple seit dem M1 praktiziert.

Angesichts der erstarkten Microsoft-Qualcomm-Partnerschaft fällt Lunar Lake nun allerdings die Rolle des Heilsbringers zu. Denn außer dem Core Ultra 200V hat Intel bisher nichts im Angebot für Notebooks mit Microsofts KI-Markettinglabel Copilot+ – sprich: einen Notebookprozessor, dessen integrierte NPU beim Datentyp INT8 mindestens 40 Tops schafft, also 40 Billionen (englisch trillion) Operationen pro Sekunde.

Weil Intel notgedrungen mit Lunar Lake gegen die Konkurrenz antreten muss, operiert der Chip nun oberhalb seines ursprünglich geplanten Abwärmereichs (Thermal Design Power, TDP), weil seine acht Kerne nur so eine annehmbare Rechenleistung zu Boden bringen. Spoileralarm: Es reicht trotzdem nicht, um ganz vorne mitzuspielen, denn die Konkurrenz von AMD und Qualcomm hat im selben zulässigen TDP-Bereich bis zu zwölf Kerne.

### Preisfrage

Der eingebaute Arbeitsspeicher des Core Ultra 200V stellt wiederum die Notebookhersteller vor ein Problem: Sie können nicht wie für andere Mobil-CPU's ein Mainboard verwenden, das entweder schon den Vorgänger aufnahm oder später noch für den Nachfolger taugt. Stattdessen müssen sie spezielle Hauptplatinen entwickeln, was teuer ist und zwangsläufig auf den Gerätepreis umgelegt wird. Deshalb kosten die meisten Lunar-Lake-Notebooks über 1500 Euro.

Bei AMD sieht es hinsichtlich der Preise nicht besser aus: Die ersten Asus-Modelle lagen bei 1500 bis 2000 Euro, auch weil AMD monatelang nur die teuersten Chipversionen Ryzen 9 verkauft hat. Das dürfte sich erst Anfang 2025 bessern, wenn die Familie Ryzen AI 300 nicht mehr nur mit dem Strix-Point-Die mit zwölf Kernen bestückt wird, sondern auch mit welchen vom Massen-Achtkerner Kraken Point. Apple ist traditionell nur im hochpreisigen Segment unterwegs. Die neuen MacBook Pro mit M4 und dessen ebenfalls deutlich erstarkter NPU sind da keine Ausnahme.

Für Windows-11-Notebooks mit werbeträchtigen KI-Funktionen hat zurzeit nur der Newcomer Qualcomm einen massentauglichen Prozessor auf dem Markt: Als direkter Lunar-Lake-Konter startete im September der Achtkerner Snapdragon X Plus X1P-42-100. Notebooks mit diesem ARM-Chip starten zu unverbindlichen Verkaufspreisen von 800 Euro. Die Straßenpreise dürften sinken: Viele Snapdragon-Notebooks der ersten Wellen sind mittlerweile ab 1000 Euro statt vormals mindestens 1200 Euro erhältlich.

### Testfeld

Wir haben für diesen Vergleichstest Notebooks ins c't-Labor geholt, die wie die darin verwendeten CPU's allesamt 2024 erschienen sind und somit die volle Band-

## 1:1-Vergleich

Bei Notebooks ist es schwierig, Prozessoren unterschiedlicher Hersteller fair zu vergleichen, wenn es um Performance, Effizienz und Akkulaufzeit geht. Denn dabei spielen Rahmenbedingungen wie Gehäusevolumen, Kühlsystem, Lüfterabstimmung, Ausstattung und Akkukapazität große Rollen, gleichen sich aber selten. In diesem Test ergab sich die Möglichkeit, einen so engen Vergleich wie schon lange nicht mehr zu ziehen: Dell verkauft sein XPS 13 sowohl mit Snapdragon X (9345) als auch Core Ultra 200V (9350) und Lenovo sein ThinkPad T14s Gen6 sowohl mit Qualcomm- als auch AMD-Prozessor. Die Snapdragon-Modelle haben wir ausführlich in [2] getestet und die x86-Nachzügler jetzt hier.

Beim XPS 13 liegt der Snapdragon X Elite X1E-80-100 bei der Rechenleistung im Cinebench 2024 klar vorne (980 zu 500 Punkte). Im Geekbench 6.3 ist der Abstand zum Core Ultra 7 258V geringer, aber immer noch eindeutig gegeben. Auch bei der Akkulaufzeit gewinnt das ARM-System, wenngleich angemerkt wer-



den muss, dass unterschiedliche Bildschirme in den Testsystemen eingebaut waren. Das OLED im Intel-System benötigt tendenziell mehr Akkustrom, weil es besonders bei hellen Bildschirmhalten mehr schluckt.

In der Qualcomm-Variante des ThinkPad T14s arbeitet der Snapdragon X Elite X1E-78-100, der ohne Singlethread-Turbo auskommen muss und den dieses Notebook auch bei Last auf allen Kernen ther-

misch einbremst. Die zwölf Oryon-Kerne erzielen deshalb eine deutlich geringere Rechenleistung als im XPS 13 (600 statt über 900 Cinebench-Punkte) und dem Ryzen AI 7 Pro 360 in der AMD-Variante des T14s genügen acht Zen5-Kerne für ähnlichen Output. Die 12-Kern-Ryzens derselben Familie wären sicherlich flotter, passen aber mit höherer Abwärme nicht in ein so schlankes Gehäuse, weshalb Lenovo sie nicht im T14s anbietet. Bei der maximalen Akkulaufzeit (mit 100 cd/m<sup>2</sup> Bildschirmhelligkeit bei ruhendem Desktop) kommt das Snapdragon-Modell bei identischer Akkukapazität und Bildschirmspezifikation auf über 34 statt „nur“ 21 Stunden.

Kleine Randnotiz: Die Swift-14-AI-Varianten SF14-11 (Qualcomm) und SF14-51 (Intel) klingen zwar genauso eng verwandt wie die XPS 13 und ThinkPad T14s, sind es aber nicht: Die hier getestete Intel-Version ist rund um ein 14-Zoll-OLED gebaut, während Acer der schon länger erhältlichen Qualcomm-Version ein größeres 14,5-Zoll-IPS zugrunde legt. Dadurch sind es gänzlich unterschiedliche Geräte.

breite widerspiegeln. Apple hat das MacBook Pro 14" mit M4 (Testkonfiguration: 2070 Euro) erst im November veröffentlicht, die anderen stammen aus den Monaten davor. Aus der Qualcomm-Welt haben wir uns das nur 800 Euro teure Lenovo ThinkBook 16 Gen7 besorgt und mit AMD das ThinkPad T14s Gen6, welches trotz Ryzen AI 7 statt Ryzen AI 9 am anderen Ende der Preisskala liegt: 2200 Euro.

Das Gros des Testfelds verwendet Prozessoren der Core-Ultra-200V-Familie (Lunar Lake): Wir haben das Acer Swift 14 AI (1350 Euro), das Asus ExpertBook P5 (1070 Euro), das Dell XPS 13 (2320 Euro), das Lenovo Yoga Slim 7 (1500 Euro), das MSI Prestige 13 AI+ Evo (1800 Euro) und das Samsung Galaxy Book5 Pro 360 (1700 Euro) getestet. Zudem fügten wir zwei Systeme mit dem Vorgänger Meteor Lake alias Core Ultra 100 hinzu, nämlich das Exone Go Business 1490 X14 von Extra Computer (1660 Euro) und Frameworks diesjährige Auflage des Laptop 13 (1740 Euro). Diese kleineren Anbieter beziehungsweise Hersteller können das hohe

Tempo der CPU-Hersteller kaum mitgehen und hinken technisch hinterher.

Dennoch sind die Geräte ungewöhnlich: Extra offeriert ein Leichtgewicht, das man auf Wunsch mit Mobilfunkmodem bekommt – eine Seltenheit. Framework wiederum hat sich seit seinem Debüt Reparaturfreundlichkeit und Aufrüstbarkeit auf die Fahnen geschrieben: Das 2024er-Modell nutzt immer noch dasselbe Chassis wie der Erstling, wodurch frei erhältliche Ersatzteile kreuzkompatibel bleiben. Äußerlich sehen sie dementsprechend alle gleich aus.

### Nix für Bastler

Viele andere Hersteller pflegen ebenso einen einheitlichen Look, aber ohne Modularität: Das T14s ist etwa auf den ersten Blick als ThinkPad zu erkennen und das MacBook Pro als mobiler Mac. Bei ihm sind aber nicht nur wie sonst auch CPU und LPDDR5-Speicher aufgelötet, sondern obendrein WLAN-Modul und SSD. Und das, obwohl just der neue Mac Mini mit M4 gezeigt hat, dass SSDs auch im Mac-Kosmos wechselbar sein können.

Beim MacBook ist die Entscheidung beim Kauf, wie viel Speicher es denn sein soll, deshalb eine fürs restliche (Geräte-)Leben. Die 230 Euro, die Apple pro Erweiterungsstufe(!) aufruft, hat nichts mit realen Komponentenpreisen zu tun; alle anderen Hersteller verlangen deutlich geringere Aufpreise.

Nachträglich aufrüstbaren Arbeitsspeicher findet man im Testfeld nur bei Extra und Framework, wobei einzig Framework tatsächlich zwei Wechselschächte hat. Extra sieht nur einen SO-DIMM-Slot vor; den zweiten Speicherkanal bedienen 8 GByte aufgelöteter, regulärer DDR5-Speicher.

### Laufzeitprognose: lang bis sehr lang

Auf die Akkulaufzeiten wirkt sich das nur indirekt aus, weil andere Herstellerentscheidungen wie Bildschirmtyp und Akkukapazität viel größere Auswirkungen haben: Extra und Framework erzielen Maximallaufzeiten von rund 20 Stunden, wie wir sie auch bei Acer, Asus, Dell und zwei Lenovo-Modellen (ThinkPad, Yoga)



gemessen haben, die LPDDR5-Speicher nutzen.

Diese absolut betrachtet mehr als ordentlichen Laufzeiten stellen allerdings das Minimum dessen dar, was man bei modernen Notebooks bekommt, denn andere schaffen noch viel mehr. Bei Apples MacBook Pro 14" haben wir 28 Stunden gemessen, MSIs Prestige 13 und Samsungs Galaxy Book5 Pro 360 kommen beide auf knapp 30 Stunden. Und beim ThinkBook 16 mit Snapdragon haben wir über 35 Stunden ermittelt, obwohl es mit weitem Abstand das günstigste Gerät im Testfeld ist.

Gerätespezifische statt pauschaler Aussagen gelten auch für die Rechenleistung: Es kommt schon lange nicht mehr auf die CPU-Modellnummer an, sondern darauf, wie in einem konkreten Notebook Kühlsystem und Lüfter abgestimmt wurden. Wie sich AMD, Intel und Qualcomm zueinander verhalten, wenn die Rahmenbedingungen so identisch wie möglich sind, verrät der Kasten „1:1-Vergleich“ (links).

### Von Äpfeln ...

Der M4 nimmt in dieser Gemengelage eine Sonderrolle ein, weil es ihn eben nur bei Apple gibt. Und uns ist auch kein anderes Notebook als das MacBook Pro 14" bekannt, das einen HDR-tauglichen IPS-Bildschirm mit Mini-LED-Beleuchtung hätte – von macOS als Betriebssystem ganz abgesehen.

Dennoch: Apple hat gegenüber dem schon nicht schlechten M3 einen Riesenschritt gemacht. Besonders bei Rechenlast auf nur einem Kern rennt der M4 allem davon, was AMD, Intel und Qualcomm zu bieten haben. Die Mehrkernleistung liegt hingegen auf demselben Niveau, das gut gemachte AMD- und Qualcomm-Notebooks bieten.

Im Testfeld kristallisiert sich zudem als Faustregel heraus, dass es derzeit nur Notebooks mit ARM-Chips (Apple M4, Qualcomm Snapdragon X) schaffen, sowohl sehr lange Akkulaufzeiten zu erreichen als auch hohe Multithreading-Rechenleistung abzuliefern, zumindest in nativen Apps. Intels Core Ultra 200V ermöglicht zwar lange Laufzeiten, doch ihm mangelt es an Performance. AMDs Ryzen AI 300 liefert viel mehr Power, aber uns ist noch kein Notebook untergekommen, das auch bei der Akkulaufzeit ganz vorne mitspielt.

Je nach Notebookkühlung und Akkukapazität verschwimmen die Grenzen,

## Notebook-CPUs für Copilot+

	AMD Ryzen AI 300	Intel Core Ultra 200V	Qualcomm Snapdragon X
Akkulaufzeit	○	⊕⊕	⊕⊕
CPU-Performance	⊕⊕ - ⊕	○	⊕⊕ - ⊕
Spieltauglichkeit	○	○	⊖
Abwärtskompatibilität	⊕⊕	⊕⊕	○
Gerätepreis	⊖	○ - ⊖	⊕ - ○
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht			

doch mit der Übersichtsmatrix (oben) können Sie prüfen, welche CPU für Ihre Anforderungen die Beste ist und worauf Sie bei Wahl des für Sie optimalen Notebooks achten sollte. Eine CPU, die alles abdeckt, gibt es in der Windows-Welt aktuell nicht.

Nur die in der Matrix genannten Prozessorbaureihen erfüllen die Anforderungen, die Microsoft für Copilot+ und die zugehörigen neuen Windows-11-Funktionen festgelegt hat. Lassen Sie sich aber nicht vom KI-Hype oder den NPUs irritieren: Selbst der Core Ultra 200V als schwächster im Bunde schafft in herkömmlichen Anwendungen das, was Notebooks mit älteren Intel-CPU abliefern, also auch die beiden getesteten Meteor-Lake-Notebooks. Dadurch werden Notebooks mit älteren Intel-Chips ebenso unattraktiv wie welche mit AMD-CPU bis inklusive Ryzen 8000 (9000er gibt es nur für Desktop-PCs). Bei Qualcomm müssen wir von allen älteren Snapdragons vor dem X klar abraten.

Die meiste Windows-Software läuft auf Snapdragon-X-Notebooks erstaunlich unauffällig, obwohl zwangsläufig eine Emulationsschicht zum Einsatz kommt, die x86-Code auf ARM übersetzt. Bei Treibern greift sie aber nicht, was nicht nur exotische Peripheriegeräte betrifft, sondern auch Kopierschutzkomponenten, wenn diese als Kerneltreiber implementiert sind. Wer eine unverzichtbare Windows-Anwendung hat, sollte tunlichst vor dem Kauf klären, ob sie läuft.

Der Blick über den Tellerrand hilft nicht: Unter macOS lässt sich Windows zwar virtualisieren, läuft dann aber wie auf Snapdragon-Systemen als ARM-Version mit allen eben geschilderten Haken.

Ein weiterer Pferdefuß ist Gaming: Die integrierte Adreno-GPU der Snapdragons ist schwach und Treiberupdates sind Glückssache. Manche Snapdragon-Notebooks haben seit ihrem Verkaufsstart im Juni kein Update gesehen; anders als bei AMD und Intel gibt es auch keine Referenztreiber. Das soll nicht heißen, dass gar keine Spiele laufen, aber sie haben derzeit

wenig Priorität: Für Office-Arbeiter ist der Aspekt irrelevant und für schicke 3D-Spielwelten braucht man bei AMD- oder Intel-CPU zusätzlich eine dicke GeForce-GPU, also eine ganz andere Notebookklasse, die Mobilität und Akkulaufzeit nachrangig behandelt.

### ... und Bananen

Von der schönen neuen Welt mit KI-Unterstützung, die sowohl Apple als auch Microsoft versprechen, ist noch nicht viel zu sehen. Apple rollt das, was zur Jahresmitte in Aussicht gestellt wurde, häppchenweise aus. Bis deutsche Nutzer in den Genuss kommen, haben die USA längst einen neuen Präsidenten und Deutschland wohl die nächste Regierung.

Windows 11 hat zwar ein paar Ergänzungen bekommen, doch große, nützliche Funktionen stehen weiterhin aus – und auch verbindliche Zeitpläne, was wann kommen wird. Kurz vor Redaktionsschluss stellte Microsoft einen ersten Insider-Build im Dev-Kanal bereit, der die universelle Suchfunktion Recall enthalten sollte, aber nur für ARM-Systeme. Das wollten wir mit einem Surface Laptop 7 15" ausprobieren, doch von Recall war nichts zu finden. Auch nicht, nachdem wir das System auf Englisch umstellten und in ein VPN mit USA-Verbindung gesteckt haben.

### Vertane Chance

Microsoft tut sicherlich gut daran, erst einmal das Gros seiner Entwicklungsressourcen in die aktuelle Windows-11-Version 24H2 und deren Basisfunktionen zu stecken. Der Start ging mit zahlreichen Bugs und Inkompatibilitäten gehörig daneben, und längst ist nicht alles an Showstoppnern ausgemerzt. Um 24H2 kommt man bei neuen Windows-Notebooks nicht herum: Alle Notebooks mit einer NPU, die für Copilot+ taugt, werden mit dieser OS-Version ausgeliefert, also auch alle in diesem Test.

Dass 24H2 erst mal nur bei Snapdragon-Notebooks verfügbar war und dann hastig für AMD und Intel bereitgestellt wurde, merkt man den x86-Notebooks im

Testfeld leider an: Sie verhalten sich bei der Ersteinrichtung träge und das Aktualisieren auf neuere Versionen über Windows Update braucht Ewigkeiten. Erst wenn das durchgelaufen ist, mag man damit arbeiten. Die Chance, den Neubesitzer mit tollem Ersteindruck zu begeistern, nachdem er viel Geld ausgegeben hat, ist also unwiederbringlich dahin. Flutschig sofort aus der Box läuft es nur bei Snapdragon-Systemen und Apple.

Die Notebooks von Extra und Framework taugen nicht für Copilot+ und wurden noch mit Windows 11 23H2 ausgeliefert; wir haben sie für unsere Tests aber ebenfalls auf 24H2 gehoben. Beide zeigen eine andere Besonderheit: Alle Funktionen von Windows, die die NPU nutzen können, stehen derzeit nur großen Herstellern offen. Grundsätzlich würde die Meteor-Lake-NPU in beiden Notebooks immerhin für die Windows-Studioeffekte taugen, die effizient den Hintergrund in Videogesprächen weichzeichnen. Doch Extra und Framework (und viele anderen lokalen Anbieter wie etwa Schenker) bleiben selbst da außen vor, ohne dass ihnen oder uns ein handfester Grund bekannt ist, warum Microsoft das blockt.

### Fazit

Der Markteintritt von Qualcomm und Microsofts Vorgaben für Copilot+ haben den Notebookmarkt durcheinandergewirbelt. Snapdragon X, Ryzen AI 300 und Core Ultra 200V setzen sich allesamt von älteren CPUs ab, doch die Ausprägungen variieren stark: Es gibt keine CPU für Windows-Notebooks mit Copilot+, die eine sehr hohe Rechenleistung abliefern, gleichzeitig besonders lange Akkulaufzeiten ermöglicht und volle x86-Rückwärtskompatibilität bietet. Es gibt immer nur zwei der drei Aspekte – man muss also priorisieren. Das gilt erst recht, wenn man noch den Preis einbezieht.

Lenovos 800 Euro teures ThinkBook 16 Gen7 ist das mit Abstand günstigste Gerät im Testfeld, liefert aber dennoch eine unerhört lange Akkulaufzeit von über 35 Stunden und ordentlich Rechenleistung, wenn man keine ältere Anwendung benötigt, die auf einem Snapdragon nicht läuft. Etwas geringere, aber immer noch immense Akkulaufzeiten bei voller x86-Kompatibilität schaffen MSIs leichtes Prestige 13 AI+ Evo und Samsungs stiftbedienbares Galaxy Book5 Pro 360. Beide rechnen aber langsamer und kosten mehr als das Doppelte. Noch teurer sind das ra-

sante Apple MacBook Pro 14" und das vergleichsweise gemächliche Lenovo ThinkPad T14s Gen6 mit AMD, wobei das viel weniger Akkulaufzeit bietet.

Etliche der in [2] und [3] getesteten Snapdragon-Notebooks (und auch ein Ryzen-Gerät) schaffen noch höhere Rechenleistungen. Besonders das XPS 13 mit Snapdragon setzt sich deutlich vor das hier vertretene Schwestergerät mit Core Ultra 200V und kostet etliche Hundert Euro weniger.

Weder bei macOS noch bei Windows kann man aktuell all die KI-Funktionen nutzen, die Apple und Microsoft schon angekündigt haben. Es ist aber klar, dass das der Weg in die Zukunft ist und die Wahl eines Notebooks mit starker NPU Sie so gut dafür aufstellt wie es derzeit nur möglich ist. (mue@ct.de) **ct**

### Literatur

- [1] Christof Windeck, ARM-Attacke, Windows on ARM: Das leisten die neuen Notebooks, c't 20/2024, S. 16
- [2] Florian Müssig, KI-Notebooks, Zehn Windows-Notebooks mit Copilot+ und Qualcomms ARM-Prozessor Snapdragon X, c't 17/2024, S. 14
- [3] Florian Müssig, Mobil? Oh ja! KI? Na ja ..., Windows-Notebooks mit starken NPUs, c't 20/2024, S.20

## Notebooks mit starken NPUs – Messergebnisse

Modell	CPU (Kerne) / GPU	Gewicht [kg]	Lautstärke (idle / Last) [sone]	Laufzeit (Last / idle) [h]	CineBench 2024 (1T / nT)	3DMark (Solar Bay)
Acer Swift 14 AI (SF14-51)	Core Ultra 7 256V (4P + 4E) / Arc 140V	1,26	▬ 0,1/2,0	▬ 2,2/19,0	▬ 121/523	▬ 15446
Apple MacBook Pro 14" (2024)	M4 (4P + 6E) / M4	1,53	▬ 0,1/2,0	▬ 2,2/28,6	▬ 173/997	▬ 15420
Asus ExpertBook P5 (P5405CS)	Core Ultra 5 226V (4P + 4E) / Arc 130V	1,28	▬ 0,1/0,7	▬ 2,5/19,0	▬ 113/488	▬ 12575
Dell XPS 13 (9350)	Core Ultra 7 258V (4P + 4E) / Arc 140V	1,19	▬ 0,1/0,5	▬ 2,4/19,2	▬ 120/500	▬ 15446
Extra Exone Go Business 1490 X14	Core Ultra 155U (2P + 8E + 2LP-E) / Graphics	1,04	▬ 0,1/0,2	▬ 4,7/22,0	▬ 92/323	▬ 5673
Framework Laptop 13 (2024)	Core Ultra 155H (6P + 8E + 2LP-E) / Arc	1,33	▬ 0,1/1,4	▬ 1,9/25,9	▬ 101/581	▬ 12144
Lenovo ThinkBook 16 Gen7 (Q0Y)	SD X Plus X1P-42-100 (4C + 4c) / X1-45	1,85	▬ 0,1/2,0	▬ 8,5/35,4	▬ 108/742	–
Lenovo ThinkPad T14s Gen6 (AMD)	Ryzen AI 7 Pro 360 (3C + 5c) / Radeon 880M	1,29	▬ 0,1/0,7	▬ 2,5/20,9	▬ 104/517	▬ 11184
Lenovo Yoga Slim 7 (15ILL9)	Core Ultra 7 258V (4P + 4E) / Arc 140V	1,53	▬ 0,1/0,6	▬ 2,2/21,5	▬ 121/580	▬ 15395
MSI Prestige 13 AI+ Evo (A2VM)	Core Ultra 7 258V (4P + 4E) / Arc 140V	0,97	▬ 0,1/1,4	▬ 3,0/29,2	▬ 122/581	▬ 15036
Samsung Galaxy Book5 Pro 360	Core Ultra 5 226V (4P + 4E) / Arc 130V	1,70	▬ 0,1/1,2	▬ 2,9/29,9	▬ 113/527	▬ 12888
<b>zum Vergleich</b>						
Acer Swift 14 AI (SF14-11)	SD X Plus X1P-64-100 (6C + 4c) / X1-85	1,37	▬ 0,1/1,1	▬ 4,9/27,4	▬ 106/611	▬ 10093
Apple MacBook Pro 14" (2023)	M3 (4P + 4E) / M3	1,54	▬ 0,1/2,6	▬ 4,0/23,8	▬ 141/746	▬ 13082
Asus Vivobook S 15 (S5507Q)	SD X Elite X1E-78-100 (8C + 4c) / X1-85	1,43	▬ 0,1/1,3	▬ 4,0/20,4	▬ 106/950	▬ 9952
Asus ZenBook S 14 (UX5406)	Core Ultra 7 258V (4P + 4E) / Arc 140V	1,18	▬ 0,1/0,4	▬ 2,9/24,6	▬ 119/490	▬ 15306
Asus ZenBook S 16 (UM5606)	Ryzen AI 9 HX 370 (4C + 8c) / Radeon 890M	1,52	▬ 0,1/0,9	▬ 2,5/15,4	▬ 112/805	▬ 12109
Dell Inspiron 14 Plus (7441)	SD X Plus X1P-64-100 (6C + 4c) / X1-85	1,45	▬ 0,1/1,0	▬ 3,7/26,4	▬ 105/717	▬ 9896
Dell XPS 13 (9345)	SD X Elite X1E-80-100 (8C + 4c) / X1-85	1,23	▬ 0,1/2,3	▬ 3,0/24,7	▬ 122/985	▬ 10036
Gigabyte Aorus 16X (2024)	Core i7-14900HX (8P + 16E) / RTX 4070	2,34	▬ 0,1/8,1	▬ 1,9/10,5	▬ 126/1385	▬ 56535
Lenovo ThinkPad T14s Gen6 (Qualcomm)	SD X Elite X1E-78-100 (8C + 4c) / X1-85	1,21	▬ 0,1/0,6	▬ 3,9/34,6	▬ 106/601	▬ 9864
Microsoft Surface Laptop 7 13,8"	SD X Plus X1P-64-100 (6C + 4c) / X1-85	1,32	▬ 0,1/0,4	▬ 4,3/22,7	▬ 106/781	▬ 10133
Microsoft Surface Laptop 7 15"	SD X Elite X1E-80-100 (8C + 4c) / X1-85	1,65	▬ 0,1/0,5	▬ 5,3/25,8	▬ 107/906	▬ 9661
Samsung Galaxy Book4 Edge 14"	SD X Elite X1E-80-100 (8C + 4c) / X1-85	1,17	▬ 0,1/0,1	▬ 3,1/20,2	▬ 124/654	▬ 10000
Samsung Galaxy Book4 Edge 16"	SD X Elite X1E-84-100 (8C + 4c) / X1-85	1,55	▬ 0,1/0,3	▬ 4,3/22,9	▬ 129/854	▬ 11313





# FREITAG IST c't-TAG!\*

**30%  
Rabatt!**

**Jetzt 5x c't lesen**

für 24,00 €  
statt 31,75 €\*\*

\*\* im Vergleich zum Standard-Abo



\*Endlich Wochenende! Endlich genug Zeit, um in der c't zu stöbern. Entdecken Sie bei uns die neuesten Technik-Innovationen, finden Sie passende Hard- und Software und erweitern Sie Ihr nerdiges Fachwissen. **Testen Sie doch mal unser Angebot: Lesen Sie 5 Ausgaben c't mit 30 % Rabatt – als Heft, digital in der App, im Browser oder als PDF. On top gibt's noch ein Geschenk Ihrer Wahl.**

Jetzt bestellen:

**ct.de/meintag**





## Acer Swift 14 AI (SF14-51)

Acer stattet seine Notebooks, die den Namenszusatz AI tragen, mit einer nerdigen Spielerei aus: Im Touchpad stecken LEDs, die immer dann loswabern, wenn die NPU aktiv ist. Bisher bleibt die Anzeige noch meistens dunkel, doch künftig könnte sie dank Recall & Co. zur Dauerleuchte werden – wie gut, dass man sie deaktivieren kann. Je nach Ausstattung kostet das Swift 14 AI mit Intels Core Ultra 200V zwischen 1000 und 1500 Euro; wir haben eine mittlere Konfiguration für 1350 Euro ins Labor geholt.

Alle Modelle haben einen hochauflösenden und farbstarken OLED-Bildschirm, der mit bis zu 90 Hertz läuft. Wir haben alle Messungen mit dieser Frequenz durchgeführt; Akkulaufzeiten fallen bei 60 Hertz nicht nennenswert länger aus. Die Helligkeitsangaben in der Tabelle beziehen sich auf eine vollflächig weiße Darstellung; gibt es auch dunkle Bildbereiche, dann leuchten die hellen noch stärker. Dieses Verhalten ist bei Smartphones mit OLED-Bildschirmen üblich, in der Notebookwelt aber nicht (mehr): Alle anderen OLED-Kandidaten im Testfeld liefern ihre maximale Helligkeit unabhängig vom darzustellenden Inhalt ab.

Typisch OLED können die sehr unterdurchschnittlichen Akkulaufzeiten weiter sinken, wenn man Apps und Webseiten nicht im Dark Mode nutzt, sondern eine helle Darstellung bevorzugt. Leider spiegelt die Bildschirmoberfläche stark und nur helle Bildbereiche überstrahlen Reflexionen der Umgebung.

Bei unserem Testgerät war eine Spalte blauer Subpixel defekt, was in einen sichtbaren, dunkleren Streifen resultierte. Das soll natürlich nicht sein: Laut Acer repariere man so etwas kostenfrei im Rahmen der Garantie, wenn es bei frisch gekauften Kundengeräten auftreten sollte. Ein fehlerfreies Ersatzgerät erreichte uns nicht mehr rechtzeitig, um damit alle Messungen wiederholen zu können.

Der Lüfter dreht schon bei kurzer Last in den hörbaren Bereich und bewegt die Abwärme bei anhaltender CPU-Beschäftigung mit lauten 2 sone aus dem Gehäuse. Das Schnittstellenangebot (USB-C, USB-A, HDMI, Klinke) gefällt; im Alltag dürfte man ohne Adapter auskommen. Die Enter-Taste ist zweizeilig ausgeführt; der Cursor-Block wurde aber in eine Zeile gequetscht.

- ↑ nerdiger NPU-Indikator
- ↑ farbstarker OLED-Bildschirm ...
- ↓ ... mit inhaltsabhängiger Maximalhelligkeit
- ↓ unter Dauerlast laut

Preis Testkonfiguration: 1350 Euro



## Apple MacBook Pro 14" (2024)

In den letzten Jahren war Apples MacBook Pro 14" in der Basisausstattung wenig attraktiv: Modelle mit M1 bis M3 waren kaum flotter als passiv gekühlte MacBook Air und konnten nur einen Monitor zusätzlich zum integrierten Bildschirm bedienen. Bei der frisch erschienenen M4-Generation justiert Apple nicht nur mit mehr Performance nach: Der Chip kann endlich zwei zusätzliche Displays ansteuern.

Obendrein verabschiedet sich Apple vom Spiegel-Credo und bietet den Bildschirm gegen Aufpreis (170 Euro) mit einer matten Oberfläche an. Beim neuen MacBook Pro 14" wird die Oberfläche des weiterhin vorhandenen Deckglases durch Ätzung angeraut; Apple nennt dies Nanotextur. Der Bildschirm gehört weiterhin zu den besten IPS-Panels, die man in Notebooks bekommt: Er deckt den P3-Farbraum komplett ab, schafft bis zu 120 Hertz und strahlt dank Mini-LED-Beleuchtung punktuell mit fast 1400 cd/m<sup>2</sup>. Selbst ohne HDR gibt es vollflächig über 500 cd/m<sup>2</sup>, was die versammelte Konkurrenz in den Schatten stellt.

An den Seiten findet man nun drei statt zwei USB-C-Buchsen, die allesamt Thunderbolt 4 sprechen. Eckige USB-A-Ports sieht Apple nicht vor, wohl aber einen 8K-fähigen HDMI-Ausgang und einen flotten SD-Kartenleser. Das beigelegte 70-Watt-Netzteil betankt das Notebook per magnetischem MagSafe-3-Stecker.

Das MacBook Pro 14" kostet schon in der Basisvariante mit 16 GByte Arbeitsspeicher und 512-GByte-SSD 1900 Euro, das ist spürbar mehr als viele andere Geräte im Testfeld. Wie getestet mit mattiertem Display liegt es dann über der 2000-Euro-Marke. Gegen Aufpreis stehen bis zu 32 GByte Arbeitsspeicher (plus 460 Euro) und maximal 2 TByte Speicherplatz (plus 690 Euro) zur Wahl. Noch mehr Speicher gibt es nur in Ausstattungsvarianten mit den stärkeren Prozessoren M4 Pro (ab 2400 Euro) und M4 Max (ab 3800 Euro). Nur jene haben Thunderbolt 5; Wi-Fi 7 hat keines. Unsere Messergebnisse lassen sich nicht auf Modelle mit stärkeren CPUs übertragen; Apples Datenblätter bescheinigen umso kürzere Akkulaufzeiten, je potenter der Prozessor. Mit über 1,5 Kilogramm ist das Notebook einer der schwersten 14-Zöller, die derzeit im Handel sind.

- ↑ farbstarker, heller, matter IPS-Bildschirm
- ↑ hohe Rechenleistung
- ↓ unter Dauerlast laut
- ↓ teuer

Preis Testkonfiguration: 2070 Euro





### Asus ExpertBook P5 (P5405CS)

Das ExpertBook P5 (P5405CS) gehört zu den günstigsten Notebooks mit Intels Core Ultra 200V: Die getestete Ausstattungsvariante mit 16 GByte Arbeitsspeicher, 512er-SSD, Windows 11 Pro und satten drei Jahren Garantie geht für unter 1100 Euro über (virtuelle) Ladentheken. Dafür bekommt man zwar kein Wi-Fi 7 und nur einen Core Ultra 5, aber der hat genauso viele Kerne wie 7er-Modelle. Die Performance-Einbußen halten sich dadurch innerhalb des Intel-Kosmos in Grenzen. Auch der Lüfter agiert eher zurückhaltend (maximal 0,7 sone).

Der Bildschirm gefällt mit matter Oberfläche, hoher 2560er-Auflösung und flutschigen 144 Hertz Bildwiederholrate – das flotteste Panel im Testfeld. Ab Werk wird das aber gar nicht genutzt, denn Asus stellt nur 60 Hertz ein. Die eher unterdurchschnittlichen Akkulaufzeiten in der Tabelle wurden mit 144 Hertz ermittelt; bei 60 Hertz war aber auch nicht mehr drin. Möglicherweise hakt da noch was intern, denn im Schlafen zeigt unser Leistungsmessgerät über 2 Watt an, was eindeutig zu viel ist.

Asus verkauft das ExpertBook P5 in einer Handvoll Ausstattungsvarianten; maximal bekommt man es mit Core Ultra 7, 32 GByte Arbeitsspeicher und 1-TByte-SSD für 1350 Euro. Eine zum Testgerät identische Hardwareausstattung (MOOAXO) findet man schon für 900 Euro, doch Vorsicht: Dort fehlt die Windows-Vorinstallation. Mit zusätzlichem Windows-Kauf fährt man kaum günstiger als beim Testgerät, und selbst wer bereits eine unbenutzte Lizenz hat, muss sich bei Asus noch alle Treiber besorgen und alles selbst installieren – nix mit komfortablem Einschalten und Loslegen.

Das Schnittstellenangebot ist alltagstauglich; die beleuchtete Tastatur gefällt mit gutem Tippgefühl. Das Layout erfordert allerdings Übung, weil nicht nur der Cursorblock in eine Zeile gequetscht wurde, sondern – typisch Asus – auch die Enter-Taste. Das Touchpad fällt riesig aus und bietet noch mehr Sensorfläche als das von Apple.

- ↑ günstig
- ↑ matter Bildschirm mit 144 Hertz
- ↑ leise Lüfter
- ↓ gewöhnungsbedürftiges Tastaturlayout

Preis Testkonfiguration: 1070 Euro

# IHRE DATEN, IHRE KONTROLLE!

Auch als Heft + PDF mit **28 % Rabatt**



Sie wollen den neugierigen Datensammlern im Internet, am Computer oder im Smart TV einen Riegel vorschieben?

Im **c't-Sonderheft Daten schützen** lesen Sie wie's geht. Aber die Überwachung in Ihrem Alltag geht noch weiter. Diese Sonderausgabe zeigt Gegenmittel und klärt über die Rechtslage auf.



**JETZT BESTELLEN!**

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

[shop.heise.de/ct-datenschutz24](https://shop.heise.de/ct-datenschutz24)

Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten oder ab einem Einkaufswert von 20 € (innerhalb Deutschlands). Nur solange der Vorrat reicht. Preisänderungen vorbehalten.





## Dell XPS 13 (9350)

Das XPS 13 mit der Modellnummer 9350 ist schon der dritte 13-Zöller der XPS-Baureihe, den Dell im Jahr 2024 veröffentlicht hat: Zu Jahresbeginn kam das 9340 mit Core Ultra 100 (Meteor Lake), dann das 9345 mit dem ARM-Chip Snapdragon X Elite und jetzt das hier getestete mit Core Ultra 200V (Lunar Lake).

Die Lunar-Lake-Version gefällt mit einem zurückhaltend geregelten Lüfter: Er rauscht nie störend laut, versucht lange, leise zu bleiben und nach Lastende rasch wieder leise zu werden. Der Core Ultra 7 258V bringt im XPS13 jedoch weniger Rechenleistung auf die Straße als dieselbe CPU in anderen Probanden oder der Meteor-Lake-Bruder – von der Konkurrenz von AMD, Apple und Qualcomm ganz zu schweigen.

Bei unserer Laufzeitmessung war schon vor der 20-Stunden-Marke Schluss, was unterdurchschnittlich ist. Ein Teil davon mag dem OLED-Panel geschuldet sein, welches zwar brillante Farben anzeigt, aber eben auch energiehungriger als IPS-Gegenstücke ist. Unser Bauchgefühl sagt, dass man mit IPS-Panel statt OLED vielleicht dieselben 24 Stunden Maximallaufzeit wie das Snapdragon-Geschwisterchen bekommen könnte.

Bei der Bedienung muss man wie bei allen XPS 13 der jüngeren Vergangenheit Abstriche machen. Es gibt nur zwei USB-C-Buchsen, aber nicht einmal mehr einen analogen Audioausgang. Statt physischen F-Tasten findet man eine Sensorleiste ohne haptische Abgrenzungen vor; empfindliche Augen nehmen die Illumination der Sensorzonen flackernd wahr, wenn sie sich dimmt. Die bis an den Gehäuserand gezogene Tastatur hat einen angenehmen Hub, bestraft aber unpräzise Schnelltipper: Wer etwa etwas zu weit rechts auf Enter haut, erwischt stattdessen den umlaufenden und gegenüber Fingernägeln völlig unnachgiebigen Metallrand des Gehäuses. Dass das Touchpad keine sichtbare Begrenzung hat, stört im Alltag hingegen kaum.

Mit Core Ultra 5 beginnen die Preise bei gut 1500 Euro; die getestete Ausstattungsvariante schlägt mit über 2300 Euro zu Buche. Alternativ zum OLED-Touchscreen stehen im Dell Webshop zwei 120-Hertz-IPS-Panels zur Wahl (1920er-Auflösung ohne Touch, 2560er-Auflösung mit Touch). Das beigelegte Netzteil fällt äußerst kompakt aus.

- ↑ leiser Lüfter
- ↓ kaum Schnittstellen
- ↓ teuer
- ↓ keine physischen F-Tasten

Preis Testkonfiguration: 2320 Euro



## Extra Exone Go Business 1490 X14

Das Exone Go Business 1490 X14 ist ein nur 1 Kilogramm leichter 14-Zöller, der auf Wunsch mit einem Mobilfunkmodem ausgestattet werden kann. Extra Computer verkauft seine Notebooks überwiegend an Fachhändler und Systemhäuser, nur manche wie B2B IT, Fixel oder Wutracon vertreiben die Geräte in ihren Webshops auch an Privatkäufer.

Die Preise beginnen bei 1350 Euro mit Core Ultra 7 155U, 16 GByte Arbeitsspeicher, 500er-SSD und Windows 11 Pro, aber ohne LTE-Modem. CPU und Betriebssystemedition sind immer gleich, während bis zu 1 TByte SSD-Speicherplatz und bis zu 40 GByte Arbeitsspeicher möglich sind. Der „krumme“ Wert entsteht dadurch, dass 8 GByte auf die Hauptplatine gelötet sind. Der von uns getestete Vollausbau kostet 1660 Euro.

Der matte Full-HD-Bildschirm gefällt mit modernem 16:10-Seitenverhältnis. Die maximale Helligkeit fällt mit nur 300 cd/m<sup>2</sup> allerdings unterdurchschnittlich aus. Bei weniger als zehn Prozent Akkufüllstand regelt das Notebook die Bildschirmhelligkeit aufs Minimum herunter, ohne dass man sie manuell höher drehen könnte. An hellen Tagen muss man also vorzeitig das Arbeiten einstellen, obwohl der Akku noch weit über eine Stunde durchhalten würde. Darauf angesprochen stellte Extra ein BIOS-Update in Aussicht, das die Eigenheit behebt.

Die Rechenleistung ist die niedrigste im Testfeld. Der Lüfter wird unter Dauerlast nicht übermäßig laut, dreht aber leider schon bei kurzen Lastspitzen hörbar auf, statt diese geräuschlos wegzustecken. Wir haben alle Messungen im mittleren Energieprofil durchgeführt, das das vorinstallierte Hilfsprogramm Control Center anbietet; alternativ stehen ein Flüster- und ein Performancemodus zur Wahl.

Mit je zwei USB-Buchsen im Typ-A- und Typ-C-Format (eine davon mit Thunderbolt 4/USB4) sowie einem HDMI-Ausgang kommt man im Alltag ohne Adapter aus; zudem stehen ein analoger Audioausgang und ein – leider lahmer – microSD-Kartenleser bereit. An der Verarbeitung und dem Tippgefühl auf der beleuchteten Tastatur gibt es nichts auszusetzen. Das prominente Herstellerlogo auf der Handballenablage soll künftig dezenter aufgedruckt werden. Die Webcam unterstützt Windows Hello, doch auf NPU-Weichzeichner in Videocalls muss man verzichten.

- ↑ sehr leicht
- ↑ LTE-Modem
- ↓ dunkler Bildschirm
- ↓ nervöser Lüfter

Preis Testkonfiguration: 1660 Euro



Neues Signal auf dem

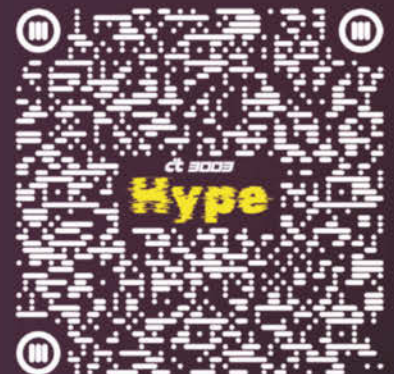
# Hype-Radar!



**ct 3003** Newsletter

Alle Tech-Trends auf dem Schirm mit dem Newsletter von c't 3003.

**Jetzt KOSTENLOS abonnieren:**  
[ct.de/hype](https://ct.de/hype)





## Framework Laptop 13 (2024)

Framework hat den Notebookmarkt aufgemischt, indem Modularität und Reparierbarkeit zum Konzept gehören: Alle Komponenten kann man im hauseigenen Marktplatz bestellen und alle Mainboards haben dieselben Abmessungen und Schnittstellenpositionen. Beim 2024er-Laptop ist nicht nur die Hauptplatine mit Core-Ultra-100-Prozessor neu, auch die Webcam und der Bildschirm sind es. Letzterer schafft 120 Hertz und hat eine höhere Auflösung – wer sich davon angesprochen fühlt, kann dank Modularität aber auch sein Altgerät umbauen, was Elektroschrott vermeidet. Leider hatte das Testgerät mit neuem Panel und Core Ultra 165H einen Defekt; das flugs zugeschickte Ersatzgerät mit Core Ultra 155H kam mit dem älteren Bildschirm.

Nur beim über 2300 Euro teuren Topmodell ist das 120-Hertz-Display immer an Bord. Die getestete Ausstattungsvariante mit 60-Hertz-Bildschirm kostet 1740 Euro beziehungsweise 140 Euro mehr, wenn es die andere Anzeige sein soll. Mit Core Ultra 5 125H, der zwei P-Kerne weniger hat, geht es inklusive Windows-Lizenz bei 1250 Euro los.

Als Selbstbauvariante bekommt man das Gerät ohne Windows ab 1050 Euro, muss sich dann aber selbst um Arbeits- und Massenspeicher kümmern (oder mitbestellen). Offiziell werden Fedora 41 und Ubuntu 24.04.1 LTS unterstützt; in Frameworks Nutzerforen findet man auch Berichte über den erfolgreichen Einsatz von Project Bluefin und Arch Linux.

Wie bei allen seinen 13-Zoll-Laptops macht Framework außer einem analogen Audioausgang keine Vorgaben bei den Schnittstellen. Stattdessen gibt es zwei Schächte pro Seite, in die nach Gusto und Bedarf Schnittstellenmodule gesteckt werden. Eines sollte USB-C sein, damit das Netzteil angeschlossen werden kann, doch die Position ist frei wählbar. Mit dem Stecksystem lassen sich auch exotische Anforderungen wie zwei HDMI-Ausgänge oder zwei LAN-Ports befriedigen. Das LAN-Modul liefert 2,5 Gbit/s und ragt als einziges der vielen Wechselmodule über die Notebookmaße hinaus.

Der Lüfter tritt gemächlicher in Aktion als wir es von älteren Laptop-13-Generationen kennen, doch er wird immer noch recht schnell hörbar und bei anhaltender Rechenlast auch laut (1,4 sone).

- ↑ individuell konfigurierbar
- ↑ freie Ersatzteilverfügbarkeit
- ↑ offiziell Linux-tauglich
- ↓ nervöser Lüfter

Preis Testkonfiguration: 1740 Euro



## Lenovo ThinkBook 16 Gen7 (QOY)

Das ThinkBook 16 Gen7 zeigt, dass die neue Welt der langen Akkulaufzeiten und flotten NPUs nicht übermäßig teuer sein muss: Das Gerät kostete zum Testzeitpunkt rund 800 Euro. Trotzdem findet man Vorzüge, die andere teurere Kandidaten nicht bieten: Die beleuchtete Tastatur umfasst einen vierspaltigen Ziffernblock und einen nach vorne gezogenen Cursorblock, sodass die Pfeiltasten ungewöhnlich und angenehm groß ausfallen.

Die Akkulaufzeiten von maximal bis zu 35 Stunden und über 20 Stunden bei der Videowiedergabe stellen sämtliche Konkurrenten klar in den Schatten. Im Einschalter steckt ein Fingerabdruckleser für Windows Hello; der matte Bildschirm hat arbeitsfreundliches 16:10-Format – nur die Maximalhelligkeit von 300 cd/m<sup>2</sup> liegt unter dem Durchschnitt.

Beide USB-C-Buchsen nehmen Strom entgegen und geben Displayport-Signale aus. Sie verstehen sich allerdings nur auf USB mit 10 Gbit/s (USB 3.1) und nicht auf USB4 (40 Gbit/s), obwohl der Prozessor das könnte. Einer USB4-SSD und Dockingstationen gefiel dieser Zwischenstatus nicht: Sie ließen sich nicht in Betrieb nehmen. Mithilfe eines HDMI-Ausgangs und zwei USB-A-Buchsen findet ältere Peripherie ohne Adapter Anschluss. Der SD-Kartenleser bremst flotte Exemplare aus.

An stärkeren USB-C-Netzteilen genehmigte sich das Notebook anfangs gerne über 80 Watt; erst ein über Windows Update ausgespieltes BIOS-Update dampft den Energiehunger passend zum mitgelieferten 65-W-Netzteil ein. Die (dennoch guten) Benchmarkergebnisse in der Tabelle wurden wie alle Messwerte nach dem Update ermittelt. Für die hohe CPU-Performance muss der Lüfter auf bis zu 2 sone aufdrehen.

Lenovo verkauft das ThinkBook 16 Gen7 (QOY) nur mit dem Achtkern-Snapdragon, nicht aber mit Zehn- oder Zwölfkern-Varianten. Das Testgerät mit 16 GByte aufgelötetem Arbeitsspeicher und 512-GByte-SSD ist die kleinste Konfiguration; mit jeweils verdoppelten Kapazitäten werden über 900 Euro aufgerufen. In Lenovos Webshop steht ein alternatives Display mit höherer Auflösung und 120 statt 60 Hertz zur Wahl; damit werden die Preise dann vierstellig. Das ThinkBook 16 Gen7 gibt es auch mit CPUs von AMD (Namenszusatz ARP) und Intel (IML), auf die obige Testergebnisse nicht übertragen werden können.

- ↑ günstig
- ↑ sehr lange Laufzeit
- ↑ tolle Tastatur
- ↓ kein USB4

Preis Testkonfiguration: 800 Euro



# WIR TEILEN KEIN HALBWISSEN. WIR SCHAFFEN FACHWISSEN.



23.01.25



WEBINAR

## Wärmepumpentechnik für Einsteiger

Erhalten Sie fundiertes Wissen rund um Wärmepumpentechnik: von Technik bis Effizienz. Auch Kosten und Praxistipps inklusive.

19.02.25



WORKSHOP

## Kluge Strukturen für Microsoft 365

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

25. + 26.02.25

SECURITY  
CHECK



WORKSHOP

## Dienste mit SELinux absichern

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

06.03.25



WEBINAR

## Photovoltaik für Einsteiger

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

25. + 26.03.25



WORKSHOP

## Blender im professionellen Workflow

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

09. + 10.04.25



WORKSHOP

## Einführung in den Kea DHCP Server

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

Sichern Sie sich Ihren Frühbucher-Rabatt:

[heise.de/ct/Events](https://heise.de/ct/Events)



## Lenovo ThinkPad T14s Gen6 (AMD)

Das ThinkPad T14s Gen6 verkauft Lenovo bereits seit ein paar Monaten mit Snapdragon-Zwölfkerner [2]. Dieser Tage folgt nun eine äußerlich identische Variante, in der ein AMD-Prozessor der Ryzen-AI-300-Familie rechnet. Lenovo hat sich allerdings nicht ebenfalls für einen Zwölfkerner (Ryzen AI 9) entschieden, sondern für den Ryzen AI 7 Pro 360.

Anders als seine stärkeren Brüder begnügt sich der Ryzen AI 7 mit einer geringeren Abwärme von 28 Watt, und erst dadurch passt er in ein flaches Notebook wie das T14s. Die Rechenleistung ordnet sich im selben Fenster ein wie die von Intels Achtkerner Core Ultra 200V oder die des Snapdragon-Zwölfkerners X1E-78-100 im Schwester-T14s. Diese Betrachtungen hängen stark vom Notebook ab: Beide T14s-Modelle sind langsamer, aber auch viel leiser als etwa das ThinkBook 16 mit Snapdragon-Achtkerner.

Apropos Lüfterabstimmung: Das T14s mit AMD-CPU lässt den Lüfter nicht mehr zur Ruhe kommen, sobald das Notebook warmgelaufen ist. Es bleibt zu hoffen, dass Lenovo mit künftigen BIOS-Updates für ebenso flüsterleisen Wenig-Last-Betrieb wie beim Qualcomm-Modell sorgen kann. Auf dessen irrsinnig lange Akkulaufzeiten von über 34 Stunden muss man aber verzichten: Mit AMD-CPU sind maximal 21 Stunden drin.

Der matte Full-HD-Bildschirm schaffte bei dem Testgerät nur wenig mehr als 300 cd/m<sup>2</sup>, obwohl er im Datenblatt mit standesgemäßen 400 cd/m<sup>2</sup> aufgeführt wird. Mit zwei USB4-fähigen USB-C-Buchsen, zwei weiteren USB-A-Buchsen und einem HDMI-Ausgang erfreut das Schnittstellenangebot ebenso wie die beleuchtete Tastatur, die mit gutem Anschlag, zwei-zeiliger Enter-Taste und großem, nach vorne gezogenem Cursorblock alles richtig macht.

Wir haben das Testgerät unmittelbar zum Verkaufsstart für 1800 Euro direkt bei Lenovo individuell konfiguriert gekauft, doch bei Redaktionsschluss war es nirgends unter 2200 Euro zu haben. In Lenovos Webshop stehen ein Touchscreen, SSDs bis 1 TByte und Arbeitsspeicher bis 64 GByte zur Wahl. Und nachdem Lenovo und InterDigital ihren vor Gericht ausgetragenen Patentstreit mittlerweile beigelegt haben, kann man auch wieder Notebooks mit integriertem Mobilfunkmodem bestellen. Das T14s Gen6 ist unabhängig vom CPU-Hersteller eines davon.

- ↑ tolle Tastatur
- ↓ dunkler Bildschirm
- ↓ Lüfter immer hörbar
- ↓ teuer

Preis Testkonfiguration: 2200 Euro



## Lenovo Yoga Slim 7 (15ILL9)

In den letzten Jahren erschienen vermehrt Notebooks, deren Bildschirmdiagonalen nicht in das gängige Abstufungsraster passen. Auch das neue Yoga Slim 7 von Lenovo verwendet eine ungewöhnliche Zwischengröße: Sein 16:10-Display hat eine Diagonale von 15,3 Zoll und wildert damit zwischen 14- und 16-Zöllern. Der Touchscreen schafft 120 Hertz und zeigt eine hohe Auflösung; alternative Bildschirme stehen nicht zur Wahl.

Das Panel dürfte mit der Grund sein, warum die Akkulaufzeiten trotz 70-Wh-Akku „nur“ bis zu 21 Stunden betragen: Ungewöhnliche Bildschirme genehmigen sich gerne etwas mehr Energie. Andere Kandidaten im Testfeld schaffen ähnliche Laufzeiten mit kleineren Akkus oder halten bei ähnlicher Kapazität länger durch.

Wie andere aktuelle Yoga-Notebooks hat auch dieses ein ungewöhnliches Design: Der Deckel fällt etwas schmaler aus als der Rumpf, wodurch letzterer bei geschlossenem Deckel an den Seiten und hinten übersteht. Das fällt optisch auf, weil die Flanken stark bauchig ausgeführt sind, statt senkrecht abzufallen. Dadurch sieht man bei eingesteckten USB- oder HDMI-Kabeln auch immer eine Lücke zum Gehäuse, als ob sie nicht ganz eingesteckt wären – obwohl sie es sind.

Lenovo verkauft das Yoga Slim 7 (15ILL9) ab 1300 Euro. Unser 1500-Euro-Testgerät entspricht dem maximal möglichen Hardwareausbau; noch teurer wird es nur, wenn man das Notebook im Lenovo-Webshop mit Windows 11 Pro statt Home für 100 Euro Aufpreis konfiguriert.

Lenovo nutzt das ausladende Gehäuse nicht für eine Tastatur mit Ziffernblock, sondern verwendet den Platz links und rechts der Tasten für die Lautsprecher. Das Tippgefühl taugt, doch anders als bei den beiden anderen Lenovo-Kandidaten wurde der Cursorblock hier leider in eine Zeile gequetscht. Der Lüfter bleibt selbst unter Dauerlast leise (0,6 sone).

Lenovo vermarktet das Yoga Slim 7 markant mit dem Namenszusatz Aura Edition. Dahinter versammeln sich etliche Zusatzprogramme und Helferlein (mit und ohne KI), die beispielsweise das Smartphone enger an Windows koppeln (technisch baut das auf Intel Unison auf) oder mit einem Klick alles regeln, damit man im Videocall besser aussieht und verstanden wird.

- ↑ ungewöhnliche Zwischengröße
- ↑ leiser Lüfter
- ↓ gewöhnungsbedürftiges Rumpfdesign
- ↓ schlechteres Tastaturlayout als bei anderen Lenovos

Preis Testkonfiguration: 1500 Euro





## MSI Prestige 13 AI+ Evo (A2VM)

MSIs Marketingabteilung verwurstet im erweiterten Geräthenamen so ziemlich alles, was das Buzzword KI und die Logoprogramme Microsoft Copilot+ und Intel Evo hergeben. Sieht man darüber hinweg, hat man ein tolles Stück Technik vor sich: Der 13-Zöller wiegt weniger als ein Kilogramm, läuft fast 30 Stunden auf Akku und bietet einen farbstarken OLED-Bildschirm mit hoher Auflösung. Leider hat dieser eine spiegelnde Oberfläche, ohne dass Finger- oder Stiftbedienung vorgesehen sind. Und er schafft auch keine höhere Bildwiederholraten als 60 Hertz.

Auch bei geringer Rechenlast läuft der Lüfter immer leise mit. Er wird aber nie übermäßig laut (maximal 1,4 sone), obwohl das Notebook zu den Exemplaren gehört, das eine ordentliche Performance aus dem Lunar-Lake-Prozessor kitzelt. Wir haben alle Messungen und darauf fußende Beurteilungen im Werkszustand ausgeführt, in dem das Energieprofil „Ausbalanciert“ aktiv ist. MSI bietet über ein vorinstalliertes Hilfsprogramm zusätzlich je ein Profil an, in dem wenig Lüfterlärm beziehungsweise hohe Rechenleistung priorisiert werden – plus eine KI-Automatik, die dynamisch das Beste vom Besten abliefern soll.

Der größte Knackpunkt ist die Tastatur: Statt sich möglichst eng an Desktoptastaturen zu orientieren, sieht MSI ein wildes Tastenfeld vor. Die einzeilige Enter-Taste und der in eine Zeile gequetschte Cursorblock sind noch die kleinsten Übel. Links neben den Pfeiltasten hat MSI eine Taste hochkant in zwei kleine gespalten, um neben der Copilot-Taste weitere Sonderzeichen unterzubringen. Und mit nur 16 Millimeter in der Tiefe weicht die gesamte Tastatur stark vom üblichen quadratischen 19-Millimeter-Raster ab, was Vielschreibern eine lange Gewöhnungsphase abverlangt.

Der Kartenleser nimmt nur kompakte MicroSD-Kärtchen auf, liest flotte Exemplare aber mit hoher Geschwindigkeit aus – eine Seltenheit. Dank HDMI-Ausgang, analoger Klinkebuchse und USB-A-Port lässt sich ältere Peripherie ohne Adapter anstöpseln; für modernes Zubehör gibt es zwei rasante USB-C-Buchsen.

MSI verkauft das Prestige 13 AI+ Evo ausschließlich in der hier getesteten 1800-Euro-Variante mit Core Ultra 258V, 32 GByte Arbeitsspeicher, 1-TByte-SSD und OLED-Bildschirm.

- 👍 sehr leicht
- 👍 farbstarker OLED-Bildschirm
- 👎 gewöhnungsbedürftiges Tastaturlayout
- 👎 Lüfter immer hörbar

Preis Testkonfiguration: 1800 Euro



## Samsung Galaxy Book5 Pro 360

Das Galaxy Book5 Pro 360 ist Samsungs erstes Notebook mit Core Ultra 200V; die nur ein paar Monate älteren Snapdragon-Geschwister laufen noch in der Book4-Generation. Das Book5 ist aber keine 1:1-Umsetzung, sondern bedient eine andere Zielgruppe: Es hat 360-Grad-Scharniere und einen 16-Zoll-Touchscreen, sodass man es auch als Riesentablet nutzen kann. Zumindest, sofern man satte 1,7 Kilogramm auf dem Arm balancieren kann und mag.

Samsung legt einen passenden Stift mit in den Karton. Weil der Stift einen arg geringen Durchmesser hat, liegt er eher wackelig in der Hand und rutscht beim Transport aus den Schlaufen gängiger universeller Transporthüllen. Das ist besonders ärgerlich, da Samsung nicht daran gedacht hat, den Stift unterwegs magnetisch am oder versenkt im Gerät zu verstauen.

Im Test erzielt das Notebook lange Akkulaufzeiten von bis zu 30 Stunden. Das gilt aber nur in unserem Testszenario mit überwiegend dunklen Bildschirmhalten. Wer Apps oder Webseiten nutzt, die keinen Dark Mode bieten, muss massive Abstriche machen: Statt 3,5 Watt Idle-Leistungsaufnahme zeigte unser Leistungsmessgerät bei halbweißem Bildschirm über 6 Watt an und bei vollflächig Weiß 12 Watt und mehr, was in letztem Fall dann auf gerade einmal ein Viertel der maximalen Akkulaufzeit hinausläuft. Die abgerundeten Bildschirmecken stören nicht übermäßig, weil der 16-Zoll-Bildschirm insgesamt ausladende Abmessungen hat.

Die Tastatur erfordert Gewöhnung: Der Tastenhub fällt arg gering aus und das Layout des Ziffernblocks ist krude, weil nur drei- statt wie üblich vierspaltig. Das riesige Touchpad macht hingegen viel Spaß und auch bei den Schnittstellen muss man keine Kompromisse eingehen.

Das Kühlsystem bleibt lange leise und selbst unter Dauerrechenlast vergleichsweise geräuscharm (maximal 1,2 sone), wenn man bedenkt, dass der Core Ultra 5 im Rahmen seiner Möglichkeiten ordentliche Benchmarkwerte erzielt. Eine flottere Alternative bietet Samsung nicht an: Das Galaxy Book5 Pro wird hierzulande ausschließlich in der getesteten 1700-Euro-Konfiguration mit Core Ultra 5 226V, 16 GByte Arbeitsspeicher und 512-GByte-SSD verkauft.

- 👍 stiftbedienbarer, farbstarker OLED-Touchscreen
- 👎 als Riesentablet sehr schwer
- 👎 pfriemeliger Stift
- 👎 gewöhnungsbedürftiger Ziffernblock

Preis Testkonfiguration: 1700 Euro

# Notebooks mit starken NPUs: Daten und Testergebnisse

Modell	Acer Swift 14 AI (SF14-51)	Apple MacBook Pro 14* (2024)	Asus ExpertBook P5 (P5405CS)	Dell XPS 13 (9350)	Extra Computer Exone Go Business 1490 X14
getestete Konfiguration	NX.J2KEG.005	individualisiert	90NX0861-M00A0	cv29264	individualisiert
Lieferumfang	Windows 11 Home, Netzteil	macOS 15, Netzteil	Windows 11 Pro, Netzteil	Windows 11 Pro, Netzteil	Windows 11 Pro, Netzteil
<b>Schnittstellen (V = vorne, H = hinten, L = links, R = rechts, U = unten)</b>					
HDMI / DisplayPort / Kamera (Hello)	L / - / ✓ (✓)	R / - / ✓ (-)	L / - / ✓ (✓)	- / - / ✓ (✓)	L / - / ✓ (✓)
USB / LAN / Klinke	3 × L (2 × Typ C), 1 × R / - / R	2 × L (2 × Typ C), 1 × R (Typ C) / - / L	3 × L (2 × Typ C), 1 × R / - / L	1 × L (Typ C), 1 × R (Typ C) / - / -	3 × L (2 × Typ C), 1 × R / - / R
Kartenleser / Strom / Docking-Anschluss	- / - / -	R (SD) / L / -	- / - / -	- / - / -	R (MicroSD) / - / -
USB-C: 40 Gbit/s / 10 Gbit/s / DisplayPort / Laden	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓
<b>Ausstattung</b>					
Display	14 Zoll (35,6 cm), 2880 × 1800, 16:10, 242 dpi, 90 Hz, 20 ... 379 cd/m², spiegelnd, OLED	14,2 Zoll (36 cm), 3024 × 1964, 3:2, 254 dpi, 120 Hz, 1 ... 526 cd/m², matt, IPS	14 Zoll (35,6 cm), 2560 × 1600, 16:10, 215 dpi, 144 Hz, 1 ... 381 cd/m², matt, IPS	13,4 Zoll (34 cm), 2880 × 1800, 16:10, 254 dpi, 60 Hz, 5 ... 372 cd/m², spiegelnd, OLED, Touch	14 Zoll (35,6 cm), 1920 × 1080, 16:10, 161 dpi, 60 Hz, 19 ... 302 cd/m², matt, IPS
Prozessor	Intel Core Ultra 7 256V (4P + 4E)	Apple M4 (4P + 6E)	Intel Core Ultra 5 226V (4P + 4E)	Intel Core Ultra 7 258V (4P + 4E)	Intel Core Ultra 155U (2P + 8E + 2LP-E)
Hauptspeicher / SSD	16 GByte LPDDR5 / Micron 2550 (1024 GByte)	16 GByte LPDDR5 / Apple (512 GByte)	16 GByte LPDDR5 / WD SN5000S (512 GByte)	32 GByte LPDDR5 / WD SN740 (1024 GByte)	40 GByte DDR5 / Samsung 990 (1024 GByte)
KI-Einheit	Intel AI Boost (47 Tops)	Apple Neural Engine (38 Tops)	Intel AI Boost (40 Tops)	Intel AI Boost (47 Tops)	Intel AI Boost (13 Tops)
Grafikeinheit (Speicher)	Intel Arc 140V (vom Hauptspeicher)	Apple M4 (vom Hauptspeicher)	Intel Arc 130V (vom Hauptspeicher)	Intel Arc 140V (vom Hauptspeicher)	Intel Graphics (vom Hauptspeicher)
Sound	Realtek ALC 245	Apple	Realtek ALC 294	Realtek (SoundWire)	Realtek ALC 245
LAN / WLAN	- / - / Intel BE201 (Wi-Fi 7, 2 Streams)	- / - / Apple M4 (Wi-Fi 6E, 2 Streams)	- / - / Intel AX211 (Wi-Fi 6E, 2 Streams)	- / - / Intel BE201 (Wi-Fi 7, 2 Streams)	Huawei (LTE) / - / Intel AX210 (Wi-Fi 6E, 2 Streams)
Touchpad (Gesten) / Fingerabdruckleser	HID (max. 4 Finger) / Elan	HID (max. 4 Finger) / Apple Touch ID	HID (max. 4 Finger) / Elan	HID (max. 4 Finger) / Goodix	HID (max. 4 Finger) / -
<b>Gewicht, Maße, Stromversorgung</b>					
Gewicht / Größe / Dicke mit Füßen	1,26 kg / 31,2 cm × 22,3 cm / 1,9 ... 2,2 cm	1,53 kg / 31,3 cm × 22,1 cm / 1,7 cm	1,28 kg / 31,2 cm × 22,3 cm / 1,6 ... 2,1 cm	1,19 kg / 29,5 cm × 19,8 cm / 1,3 ... 1,6 cm	1,04 kg / 31,2 cm × 22,2 cm / 1,9 ... 2,2 cm
Tastaturhöhe / Tastenraster / Beleuchtung	1,3 cm / 19 mm × 18,5 mm / ✓	1,3 cm / 19 mm × 18,5 mm / ✓	1,1 cm / 19 mm × 18 mm / ✓	0,9 cm / 19 mm × 18 mm / ✓	1,3 cm / 19 mm × 18 mm / ✓
Akku (Ladestopp < 100 % einstellbar)	65 Wh Lithium-Ionen (✓, 80 %)	72 Wh Lithium-Ionen (-, nur Automatik)	63 Wh Lithium-Ionen (✓, 80 %)	55 Wh Lithium-Ionen (✓, frei)	73 Wh Lithium-Ionen (✓, frei)
Netzteil (Notebookzuleitung abnehmbar)	65 W, 311 g (-)	68 W, 234 g (✓)	65 W, 324 g (-)	60 W, 260 g (✓)	65 W, 337 g (-)
bei USB-PD: 5 / 9 / 12 / 15 / 20 Volt mit ...	3 / 3 / 3 / 3 / 3,25 Ampere	3 / 3 / - / 3 / 3,4 Ampere	3 / 3 / - / 3 / 3,25 Ampere	3 / 3 / - / 3 / 3 Ampere	3 / 3 / 3 / 3 / 3,25 Ampere
<b>Leistungsaufnahme</b>					
Suspend / ausgeschaltet	0,7 W / 0,3 W	0,3 W / 0,2 W	2,1 W / 0,4 W	0,4 W / 0,6 W	1,4 W / 0,5 W
ohne Last: Display aus / 100 cd/m² / max.	2,1 W / 5,2 W / 6,2 W	1,9 W / 4,7 W / 10,9 W	2,9 W / 5,7 W / 9,3 W	1,7 W / 4,2 W / 4,9 W	3,2 W / 5,5 W / 6,7 W
CPU-Last / Video / 3D-Spiele (max. Helligkeit)	57 W / 9,2 W / 41 W	43 W / 12,7 W / 40 W	51 W / 12,7 W / 39 W	54 W / 7,3 W / 41 W	47 W / 14,1 W / 30 W
max. Leistungsaufnahme / Netzteil-Powerfactor	65 W / 0,52	74 W / 0,58	69 W / 0,56	57 W / 0,58	59 W / 0,58
<b>Laufzeit, Geräusch, Benchmarks</b>					
Laufzeit Idle (100 cd/m²) / Video (200 cd/m²) / 3D (max.)	19 h / 11,1 h / 2,2 h	28,6 h / 20,2 h / 2,2 h	19 h / 10,8 h / 2,5 h	19,2 h / 12,2 h / 2,4 h	22 h / 10,3 h / 4,7 h
Ladestand nach 1 h Laden	78 %	71 %	69 %	55 %	43 %
Geräusch ohne / mit Rechenlast	<0,1 sone / 2 sone	<0,1 sone / 2 sone	<0,1 sone / 0,7 sone	<0,1 sone / 0,5 sone	<0,1 sone / 0,2 sone
Massenspeicher lesen / schreiben	6258 / 4367 MByte/s	2980 / 2785 MByte/s	1392 / 3835 MByte/s	3813 / 4361 MByte/s	4865 / 3667 MByte/s
Leserate SD-Karte	-	248 MByte/s	-	-	52 MByte/s
WLAN 6 GHz / 5 GHz / 2,4 GHz (20m)	0-564 / 38-512 / 130-307 Mbit/s	197-534 / 142-432 / 111-148 Mbit/s	71-334 / 91-544 / 123-270 Mbit/s	135-808 / 34-469 / 148-325 Mbit/s	50-115 / 0-235 / 104-246 Mbit/s
Qualität Audioausgang / Dynamikumfang	⊕⊕ / 102 dBA	⊕⊕ / 116,4 dBA	⊕⊕ / 98,8 dBA	-	⊕⊕ / 102,9 dBA
CPU: CineBench 2024 (1T / nT)	121 / 523 Punkte	173 / 997 Punkte	113 / 488 Punkte	120 / 500 Punkte	92 / 323 Punkte
CPU: GeekBench 6.3 (Single / Multi)	2723 / 10929 Punkte	3692 / 14997 Punkte	2557 / 9997 Punkte	2647 / 10801 Punkte	2235 / 7853 Punkte
GPU: 3DMark (Solar Bay / Steel Nomad Light)	15446 / 3239 Punkte	15420 / 3948 Punkte	12575 / 2730 Punkte	15446 / 3248 Punkte	5673 / 1447 Punkte
NPU: Procyon AI (Computer Vision)	1630 Punkte	2147 Punkte	1570 Punkte	1712 Punkte	458 Punkte
<b>Bewertung</b>					
Laufzeit	⊕	⊕⊕	⊕	⊕	⊕
Rechenleistung Büro / 3D-Spiele	○ / ○	⊕⊕ / ○	○ / ○	○ / ○	○ / ⊕
Display / Geräuschentwicklung	⊕ / ○	⊕⊕ / ○	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕	○ / ⊕⊕
<b>Preis und Garantie</b>					
Straßenpreis Testkonfiguration	1350 €	2070 €	1070 €	2320 €	1660 €
Garantie	2 Jahre	1 Jahr	3 Jahre	3 Jahre	2 Jahre

⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden — nicht vorhanden k. A. keine Angabe



Framework Laptop 13 (2024)	Lenovo ThinkBook 16 Gen7 (Q0V)	Lenovo ThinkPad T14s Gen6 (AMD)	Lenovo Yoga Slim 7 (15ILL9)	MSI Prestige 13 AI+ Evo (A2VM)	Samsung Galaxy Book5 Pro 360
Performance	21NH0005GE	individualisiert (21M1)	83HM001FGE	A2VMG-009	NP960QHA-KG5DE
Windows 11 Home, Netzteil	Windows 11 Pro, Netzteil	Windows 11 Pro, Netzteil	Windows 11 Home, Netzteil	Windows 11 Home, Netzteil	Windows 11 Home, Netzteil, Stift
R / - / ✓ (-)	L / - / ✓ (-)	L / - / ✓ (✓)	L / - / ✓ (✓)	L / - / ✓ (✓)	L / - / ✓ (-)
2 × L (1 × Typ C), 1 × R (Typ C) / - / L	2 × L (2 × Typ C), 2 × R / - / L	2 × L (2 × Typ C), 2 × R / - / L	1 × L (Typ C), 2 × R (1 × Typ C) / - / R	2 × L (2 × Typ C), 1 × R / - / L	2 × L (2 × Typ C), 1 × R / - / R
- / - / -	R (SD) / - / -	- / - / -	- / - / -	R (MicroSD) / - / -	R (MicroSD) / - / -
✓ / ✓ / ✓ / ✓	- / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓
13,5 Zoll (34,3 cm), 2256 × 1504, 3:2, 201 dpi, 60 Hz, 10 ... 407 cd/m², matt, IPS	16 Zoll (40,7 cm), 1920 × 1200, 16:10, 141 dpi, 60 Hz, 4 ... 290 cd/m², matt, IPS	14 Zoll (35,5 cm), 1920 × 1200, 16:10, 162 dpi, 60 Hz, 4 ... 312 cd/m², matt, IPS	15,3 Zoll (38,8 cm), 2880 × 1800, 16:10, 222 dpi, 120 Hz, 1 ... 402 cd/m², spiegelnd, IPS, Touch	13,3 Zoll (33,9 cm), 2880 × 1800, 16:10, 255 dpi, 60 Hz, 18 ... 371 cd/m², spiegelnd, OLED	16 Zoll (40,7 cm), 2880 × 1800, 16:10, 212 dpi, 120 Hz, 3 ... 364 cd/m², spiegelnd, OLED, Touch
Intel Core Ultra 155H (6P + 8E + 2LP-E)	Qualcomm Snapdragon X Plus X1P-42-100 (4C + 4c)	AMD Ryzen AI 7 Pro 360 (3C + 5c)	Intel Core Ultra 7 258V (4P + 4E)	Intel Core Ultra 7 258V (4P + 4E)	Intel Core Ultra 5 226V (4P + 4E)
16 GByte DDR5 / WD SN740 (512 GByte)	16 GByte LPDDR5 / WD SN740 (512 GByte)	32 GByte LPDDR5 / Kioxia XG8 (512 GByte)	32 GByte LPDDR5 / Samsung PM9C1a (1024 GByte)	32 GByte LPDDR5 / WD SN560 (1024 GByte)	16 GByte LPDDR5 / Samsung PM9B1 (512 GByte)
Intel AI Boost (13 Tops)	Qualcomm Hexagon (45 Tops)	AMD Ryzen AI (50 Tops)	Intel AI Boost (47 Tops)	Intel AI Boost (47 Tops)	Intel AI Boost (40 Tops)
Intel Arc (vom Hauptspeicher)	Qualcomm Adreno X1-45 (vom Hauptspeicher)	AMD Radeon 880M (vom Hauptspeicher)	Intel Arc 140V (vom Hauptspeicher)	Intel Arc 140V (vom Hauptspeicher)	Intel Arc 130V (vom Hauptspeicher)
Realtek ALC 285	Qualcomm Aqstic	Realtek ALC 257	Cirrus Logic (SoundWire)	Realtek ALC 274	Realtek ALC 294
- / optional / Intel AX210 (Wi-Fi 6E, 2 Streams)	- / - / Qualcomm 7800 (Wi-Fi 7, 2 Streams)	optional / - / Qualcomm 7800 (Wi-Fi 7, 2 Streams)	- / - / Intel BE201 (Wi-Fi 7, 2 Streams)	- / - / Intel BE201 (Wi-Fi 7, 2 Streams)	- / - / Intel BE201 (Wi-Fi 7, 2 Streams)
HID (max. 4 Finger) / Goodix	HID (max. 4 Finger) / Goodix	HID (max. 4 Finger) / Goodix	HID (max. 4 Finger) / -	HID (max. 4 Finger) / Goodix	HID (max. 4 Finger) / EgisTec
1,33 kg / 29,7 cm × 22,9 cm / 1,7 ... 1,9 cm	1,85 kg / 35,7 cm × 24,8 cm / 1,8 ... 2,3 cm	1,29 kg / 31,3 cm × 22,7 cm / 2 ... 2,2 cm	1,53 kg / 34,2 cm × 23,7 cm / 1,4 ... 1,8 cm	0,97 kg / 29,9 cm × 21 cm / 1,8 ... 1,9 cm	1,7 kg / 35,5 cm × 25,2 cm / 1,4 ... 1,5 cm
1,2 cm / 19 mm × 19 mm / ✓	1,2 cm / 18,5 mm × 18 mm / ✓	1,6 cm / 19 mm × 19 mm / ✓	1,1 cm / 19 mm × 18 mm / ✓	1,1 cm / 19 mm × 16 mm / ✓	1 cm / 19 mm × 18 mm / ✓
61 Wh Lithium-Ionen (✓, frei)	84 Wh Lithium-Ionen (-)	58 Wh Lithium-Ionen (✓, 80 %)	70 Wh Lithium-Ionen (✓, 80 %)	75 Wh Lithium-Ionen (-)	76 Wh Lithium-Ionen (✓, 80 %)
60 W, 310 g (✓)	65 W, 317 g (-)	65 W, 324 g (-)	65 W, 330 g (-)	65 W, 339 g (-)	65 W, 165 g (✓)
3 / 3 / - / 3 / 3 Ampere	3 / 3 / - / 3 / 3,25 Ampere	3 / 3 / - / 3 / 3,25 Ampere	3 / 3 / - / 3 / 3,25 Ampere	3 / 3 / - / 3 / 3,25 Ampere	3 / 3 / - / 3 / 3,25 Ampere
0,9 W / 0,5 W	0,5 W / 0,3 W	0,5 W / 0,3 W	0,6 W / 0,3 W	0,5 W / 0,4 W	1 W / 0,1 W
2,1 W / 3,7 W / 5,9 W	1,3 W / 4,4 W / 6,7 W	3,1 W / 4,9 W / 5,7 W	0,6 W / 4,2 W / 8,4 W	1,5 W / 3,9 W / 5,3 W	1,4 W / 3,2 W / 3,5 W
60 W / 16 W / 54 W	52 W / 8,9 W / 14,1 W	31 W / 12,3 W / 32 W	57 W / 11,3 W / 42 W	42 W / 7,8 W / 39 W	48 W / 7,3 W / 38 W
61 W / 0,57	67 W / 0,55	66 W / 0,56	69 W / 0,58	66 W / 0,55	65 W / 0,55
25,9 h / 9,8 h / 1,9 h	35,4 h / 21,3 h / 8,5 h	20,9 h / 11,6 h / 2,5 h	21,5 h / 13,1 h / 2,2 h	29,2 h / 15,5 h / 3 h	29,9 h / 15 h / 2,9 h
67 %	62 %	81 %	74 %	60 %	46 %
<0,1 sone / 1,4 sone	<0,1 sone / 2 sone	<0,1 sone / 0,7 sone	<0,1 sone / 0,6 sone	<0,1 sone / 1,4 sone	<0,1 sone / 1,2 sone
4027 / 3611 MByte/s	3692 / 3418 MByte/s	5581 / 3344 MByte/s	2042 / 3821 MByte/s	3722 / 3151 MByte/s	3428 / 2389 MByte/s
-	44 MByte/s	-	-	238 MByte/s	72 MByte/s
51-409 / 0-118 / 1 25-236 Mbit/s	106-556 / 65-405 / 157-349 Mbit/s	77-491 / 56-360 / 167-292 Mbit/s	168-930 / 113-558 / 170-330 Mbit/s	304-1345 / 301-817 / 204-388 Mbit/s	0-408 / 25-379 / 104-204 Mbit/s
⊕⊕ / 104 dBA	⊕ / 96,7 dBA	○ / 90 dBA	⊕⊕ / 114,3 dBA	⊕⊕ / 99,8 dBA	⊕ / 93,2 dBA
101 / 581 Punkte	108 / 742 Punkte	104 / 517 Punkte	121 / 580 Punkte	122 / 581 Punkte	113 / 527 Punkte
2251 / 11358 Punkte	2437 / 11377 Punkte	2717 / 10810 Punkte	2726 / 11208 Punkte	2765 / 10458 Punkte	2566 / 10063 Punkte
12144 / 2813 Punkte	- / 1146 Punkte	11184 / 2447 Punkte	15395 / 3221 Punkte	15036 / 3214 Punkte	12888 / 2783 Punkte
504 Punkte	1800 Punkte	k. A.	1582 Punkte	1748 Punkte	1665 Punkte
⊕	⊕⊕	⊕	⊕	⊕⊕	⊕⊕
○ / ○	⊕ / ⊕	○ / ○	○ / ○	○ / ○	○ / ○
⊕ / ○	○ / ○	○ / ⊕	⊕ / ⊕	⊕ / ○	⊕ / ○
1740 €	800 €	2200 €	1500 €	1800 €	1700 €
2 Jahre	1 Jahr	3 Jahre	2 Jahre	2 Jahre	2 Jahre

# Eingestöpselt

## Technik & Energie: Was sich 2025 für Verbraucher ändert

**USB-C muss sein, Mobilfunknutzer erhalten mehr Rechte, Call-by-Call und SD-Fernsehen werden abgeschaltet und Strom wird je nach Wohnort teurer oder billiger: ein Überblick über die wichtigsten Neuerungen für Verbraucher im Jahr 2025.**

Von Christian Wölbart

**E**in gutes Jahrzehnt lang haben Politik und Hersteller über einheitliche Ladeanschlüsse diskutiert. Jetzt ist das Thema endlich durch: Vom 28. Dezember 2024 an dürfen per Kabel ladbare Mobilgeräte in der EU nur noch in Verkehr gebracht werden, wenn sie eine USB-C-Buchse besitzen. Das gilt für Mobiltelefone, tragbare Navigationssysteme, Digitalkameras, Tablets, E-Reader, Kopfhörer, Spielkonsolen, Tastaturen und Mäuse. Außerdem müssen die Hersteller diese Geräte auch ohne Netzteil anbieten, um Elektroschrott zu vermeiden. Ab 2026 gelten beide Anforderungen auch für Notebooks.

Allzu starke Auswirkungen hat diese EU-Anforderung nun nicht mehr, weil die meisten Hersteller schon seit vielen Jahren USB-C nutzen. Manche – wie Apple – schwenkten aber erst um, als klar wurde, dass die EU Ernst macht. Die EU-Kommission kann den Geltungsbereich der Richtlinie relativ schnell anpassen, sodass ein Standard für drahtloses Laden hoffentlich nicht erst im Jahr 2035 Pflicht wird.

Mehr Verbraucherfreundlichkeit will auch die Bundesnetzagentur erzwingen: Sie arbeitet an einem Minderungsrecht im Mobilfunk. Das heißt, dass Mobilfunknutzer ihre Rechnung kürzen oder den Vertrag kündigen können, wenn ihr mobiler Internetzugang eine Mindestübertragungsgeschwindigkeit unterschreitet. Mit einer von der Behörde bereitgestellten App sollen Verbraucher die Geschwindig-

keit messen können. Wann die Behörde die App und die finalen Regeln veröffentlicht, ist unklar. Auf Anfrage von c't erklärte eine Sprecherin vage, es werde „in 2025“ so weit sein. Der Bundesverband der Verbraucherzentralen rechnet mit einem Start im Frühjahr.

Im Festnetz gibt es das Minderungsrecht schon länger. Was es im Festnetz hingegen nicht mehr gibt, sind Sparwahlen („Call-by-Call“): Zum 31. Dezember 2024 beendet die Deutsche Telekom das sogenannte Offline-Billing, die Voraussetzung für Call-by-Call. Unser Artikel auf Seite 140 erklärt, wie man mit VoIP-Anbietern und einigen Einstellungen in der Fritzbox trotzdem günstig in Mobilfunknetze und ins Ausland telefoniert.

Auch im Fernsehen und im Radio wird 2025 abgeschaltet: Die ARD beendet die Ausstrahlung in der veralteten Standardauflösung (SD) am 7. Januar, das ZDF am 18. November. In Schleswig-Holstein schalten im Frühjahr und im Sommer die ersten Radiosender FM-Sendungen auf UKW ab und senden nur noch via DAB+. In der Schweiz macht die SRG schon Ende 2024 Schluss mit UKW.

### Strom teurer oder billiger

Eine ganze Reihe von Änderungen stehen im Energiemarkt an. Die Stromumlagen steigen von 1,574 Cent pro kWh auf 2,651 ct/kWh. Diesen Betrag zahlen alle Haushalte automatisch mit ihrer Stromrechnung.

Für manche wird Strom trotzdem günstiger: In einigen Regionen, vor allem im Osten und Norden, sinken die Netzentgelte deutlich, weil die Bundesnetzagentur die Kosten für den Netzausbau bundesweit fairer verteilt. Die Behörde rechnet vor, dass ein Durchschnittshaushalt im Netz der Schleswig-Holstein Netz gegenüber dem Vorjahr 150 Euro sparen könne, im Netz der WEMAG Netz in Mecklenburg-Vorpommern 200 Euro (siehe ct.de/ypy6). Das gilt aber nur, wenn die Stromanbieter die niedrigeren Entgelte an ihre Kunden weitergeben. „Verbraucherinnen und Verbraucher

können darauf achten, dass diese Vergünstigungen auch bei ihnen ankommen“, sagt Netzagentur-Chef Klaus Müller.

### Dynamische Tarife

Ab 2025 müssen alle Stromanbieter einen dynamischen Tarif anbieten, dessen Kosten sich nach den aktuellen Stundenpreisen an der Strombörse richten. Richtig sinnvoll sind solche Tarife nur in Verbindung mit einem vernetzten Stromzähler. Das Smart Meter teilt dem Stromanbieter mit, wie viel Strom man wann verbraucht. Ohne ein solches Messsystem bleibt dem Anbieter nichts anderes übrig, als von einer durchschnittlichen Verbrauchskurve auszugehen, dem Standardlastprofil.

Zum 1. Januar tritt voraussichtlich auch ein „Recht auf Smart Meter“ in Kraft: Messstellenbetreiber müssen innerhalb von vier Monaten ein Smart Meter einbauen, wenn Verbraucher das wünschen. Die rot-grüne Minderheitsregierung will dieses Recht jedoch abschwächen und bis Redaktionsschluss war unklar, ob diese Änderung es durch den Bundestag schafft. Aus Sicht der Verbraucherzentralen rechnen sich dynamische Tarife vor allem für Haushalte mit Wallbox, Wärmepumpe oder Batteriespeicher.

Die Bundesregierung plant weitere Änderungen am Energierecht. So sollen Besitzer von ab 2025 neu installierten Solaranlagen keine Einspeisevergütung mehr erhalten, wenn die Preise an der Strombörse negativ sind. Auch bei diesem Punkt ist unsicher, ob der Bundestag zustimmt. Wir berichten Anfang Januar auf heise online, was gilt. Sicher ist, dass die CO<sub>2</sub>-Abgabe 2025 von 45 auf 55 Euro pro Tonne steigt. Heizen mit Öl oder Gas und Autofahren mit Benzin oder Diesel werden also teurer. (cwo@ct.de) **ct**

**Infos zu Netzentgelten: ct.de/ypy6**



Bild: dpa/jens Büttner

**USB-C ist ab 2025 für Smartphones & Co. ein Muss, ab 2026 auch für Notebooks.**



# Bestätigter Kontrollverlust

## Sammeklage zum Facebook-Scraping-Leck eingereicht

**Einem Urteil des Bundesgerichtshofs zufolge steht Millionen Betroffenen eines Datenlecks bei Facebook aus dem Jahr 2019 Schadensersatz zu. Sie können sich bald einer Sammelklage anschließen.**

Von Holger Bleich

Mehr als sechs Millionen deutsche Facebook-Nutzer sind von einem Datenleck betroffen, das bei der sozialen Plattform zu Datenabgriffen geführt hatte. All diese Personen dürfen nun hoffen, finanziell entschädigt zu werden. Der Verbraucherzentrale Bundesverband (vzbv) hat in dieser Sache am 9. Dezember eine Sammelklage gegen die Meta Platforms Ltd. beim Hanseatischen Oberlandesgericht Hamburg eingereicht.

2019 hatten Unbekannte eine Funktion zur Freundesuche bei Facebook ausgenutzt und Profildaten automatisch abgegriffen („Scraping“). Über zufällig generierte Mobilfunknummern kamen sie bei Treffern an die Profildaten, die zur Nummer gehören. Die Datensätze kursieren seit April 2021 im Darknet. Viele Betroffene klagen seitdem über SMS-Spam, Phishing-Anrufe und andere Belästigungen. Insgesamt geht es um Daten von rund 533 Millionen Nutzern aus 106 Ländern.

Bereits im November 2022 hatte die irische Datenschutzbehörde wegen des Falls ein Bußgeld von 265 Millionen Euro gegen Meta verhängt. Seither haben Tausende deutsche Betroffene Meta wegen dieser Verstöße auf immateriellen Schadensersatz verklagt. Die deutschen Instanzen beurteilten die Sachlage sehr unterschiedlich: Einige sprachen minimalen Schadensersatz zu, andere mehr als 1000 Euro. Viele verneinten Ansprüche von Betroffenen komplett.

Deshalb waren im November 2024 viele Augen auf den Bundesgerichtshof (BGH) gerichtet. Dieser hatte sich ein Berufungsurteil des Oberlandesgerichts Köln herausgepickt und die Revision zum sogenannten Leitentscheidungsverfahren erklärt. Diese Möglichkeit hat das oberste deutsche Gericht, seit am 31. Oktober das Leitentscheidungsgesetz in Kraft getreten ist: In Fällen, die grundlegende Rechtsfragen betreffen, soll eine Leitentscheidung des BGH als Richtschnur für niedere Instanzen in ähnlichen Fällen dienen.

### Mindestens 100 Euro

In seinem Urteil (Az. VI ZR 10/24) hat der BGH am 18. November die Hürden für immaterielle Schadensersatzansprüche nach Art. 82 DSGVO sehr niedrig gesetzt. Entgegen der Auffassung von Meta könne „auch der bloße und kurzzeitige Verlust der Kontrolle über eigene personenbezogene Daten infolge eines Verstoßes gegen die DSGVO ein immaterieller Schaden im Sinne der Norm sein“.

Darüber hinaus gab der BGH den Instanzgerichten konkrete Hinweise zur Höhe der finanziellen Entschädigung für den erlittenen „Kontrollverlust“. Im konkreten Fall, bei dem keine Schäden nachgewiesen wurden, schlug er eine „Größenordnung von 100 Euro“ vor.

Nun bewerten die Instanzgerichte Tausende derzeit ausgesetzte Verfahren zum Facebook-Scraping-Leck nach diesen konkreten Leitplanken des BGH neu. Außerdem wurde der vzbv umgehend aktiv. Denn zum Jahresende 2024 drohten sämtliche Ansprüche zu verjähren, die Betroffene bis dahin nicht gerichtlich geltend gemacht haben. Mit seiner umgehend eingereichten Sammelklage hemmt der Verband diese Verjährung für alle Betroffenen, die sich der Klage auch 2025 noch anschließen.

Seine Sammelklage gegen Meta hat der vzbv als sogenannte Musterfeststellungsklage konzipiert. Damit will er konkrete Voraussetzungen für Schadenersatzansprüche und -höhe feststellen lassen, damit teilnehmende Betroffene ihre Ansprüche entweder direkt gegenüber Facebook oder in Folgeverfahren leichter durchsetzen können. Voraussichtlich noch im Januar 2025 eröffnet das Bundesamt für Justiz ein Klagerregister, in das sich Betroffene eintragen und damit kostenfrei der Klage anschließen können. Der vzbv hat einen Newsletter zu dem Fall eingerichtet (ct.de/yp8g) und informiert darin, wenn das Register öffnet.

(hob@ct.de) **ct**

**vzbv-Newsletter: [ct.de/yp8g](https://ct.de/yp8g)**

Oh no — pwned!  
Pwned in 1 data breach (subscribe to search sensitive breaches)

Facebook: In April 2021, a large data set of over 500 million Facebook users was made freely available for download. Encompassing approximately 20% of Facebook's subscribers, the data was allegedly obtained by exploiting a vulnerability Facebook advises they rectified in August 2019. The primary value of the data is the association of phone numbers to identities; whilst each record included phone, only 2.5 million contained an email address. Most records contained names and genders with many also including dates of birth, location, relationship status and employer.

Compromised data: Dates of birth, Email addresses, Employers, Genders, Geographic locations, Names, Phone numbers, Relationship statuses

**Das Webtool haveibeenpwned.com (siehe Kasten) warnt Nutzer, wenn ihre zuvor eingegebene Telefonnummer in den geleckten Facebook-Daten auftaucht.**

### Betroffen vom Facebook-Scraping-Datenleck?

Facebook verweist Nutzer, die herausfinden möchten, ob sie vom Datenleck betroffen sind, auf die Website haveibeenpwned.com. Dort geben Sie Ihre Telefonnummer ein, die 2019 bei Facebook hinterlegt war. Nutzen Sie das internationale Format, also +49-Vorwahl-Nummer.

# Speicher, Speicher, Speicher

## Hetzner vermietet S3-Speicherplatz

**Der deutsche Hosting- und Cloudanbieter Hetzner steigt ins Geschäft mit S3-kompatiblen Speicher ein. Preislich liegt das Angebot im Vergleich mit europäischen und US-Anbietern im unteren Bereich, der Funktionsumfang ist zum Start gering.**

Von Jan Mahn

**S**3-Speicherplatz erfreut sich bei Webentwicklern und Admins großer Beliebtheit. Der Quasi-Standard für sogenannten Object Storage, einst erfunden von Amazons Cloudsparte AWS, fußt auf HTTP und eignet sich unter anderem als Backupziel, aber auch als Datenhalde für (große) Dateien, die in Websites eingebunden werden.

Nach einer bis Anfang Dezember verlängerten Testphase ist der deutsche Host Hetzner mit seinem Cloudservice (cloud.hetzner.de) ins S3-Geschäft eingestiegen und bietet Datenhalden an den europäischen Standorten Nürnberg (Bayern), Falkenstein (Sachsen) und Helsinki (Finnland) an. Damit richtet sich Hetzner auch an eine Zielgruppe, die Daten in Europa lagern möchte, um sie besser vor dem Zugriff US-amerikanischer Behörden zu schützen.

### Preisgefüge

Die Preise setzen sich, wie im Cloudgeschäft üblich, aus mehreren Teilen zusammen. Jeweils am Monatsende wird jede Stunde mit 0,0096 Euro berechnet (alle Angaben inklusive 19 Prozent Mehrwertsteuer), zu der man als Kunde mindestens ein S3-Bucket mit bis zu 1 TByte Speicherplatz in Betrieb hatte. Gedeckelt ist dieser Betrag auf 5,94 Euro im Monat. Wird die Datensammlung größer, rechnet der Betreiber in 100-MByte-Schritten (0,0001 TByte) spitz ab, ein weiteres

TByte kostet 0,0096 Euro pro Stunde. Eingehender Verkehr sowie Verkehr innerhalb des Hetzner-Netzwerks ist kostenlos, ausgehender Verkehr bis 1,5 TByte im Monat ist im Preis enthalten. Mehr Verkehr kostet 1,19 Euro pro TByte.

Mit dieser Preisstruktur liegt Hetzner am unteren Ende der Skala, vor allem im Vergleich zu S3-Erfinder und Cloudschwergewicht Amazon, aber auch zu europäischen Mitbewerbern. In der Tabelle unten haben wir Preise anderer Anbieter exemplarisch für 1 TByte und 10 TByte in einem Monat mit 31 Tagen (744 Stunden) durchgerechnet.

Technisch fußt Hetzners Angebot auf der Open-Source-Software Ceph RADOS Gateway, die Daten werden in einem Cluster aus mehreren Servern abgelegt. Angebaut hat Hetzner eine Integration in seine Verwaltungsoberfläche, die in der ersten Version noch einige Wünsche offenlässt: So kann man lediglich bestimmen,

ob ein Bucket von jedem gelesen werden darf (sinnvoll, wenn die Daten in einer Website eingebunden werden) oder nur mit Zugangstoken.

Solche Token erzeugt man in der Weboberfläche, kann dort aber beispielsweise nicht festlegen, dass sie nur lesen den Zugriff ermöglichen. Für andere Einstellungen wie automatisches Löschen alter Daten (Lifecycle-Policies) verweist die Doku vorerst darauf, dass man eine geeignete XML- oder JSON-Datei erzeugen und diese mit einem S3-Kommandozeilenwerkzeug (wie dem MinIO-Client oder der AWS-CLI) hochladen muss.

Wer den S3-Speicherplatz testen und nicht einzelne Dateien per Kommandozeile hochladen will, kann zum Beispiel die Open-Source-Software restic konfigurieren (siehe restic.net), die verschlüsselte Backups auf S3-Server speichern kann.

(jam@ct.de) **ct**

**S3-Speicher eignet sich unter anderem als Ablage für Außer-Haus-Backups. Hetzner hat Ceph eingesetzt und die Verwaltung in seine Weboberfläche integriert.**

### S3 im Vergleich: Rechenbeispiel für 31 Tage (744 Stunden), inkl. 19% MwSt.

	1 TByte, 1 TByte ausgehender Traffic	10 TByte, 5 TByte ausgehender Traffic
Amazon AWS (Frankfurt)	29,58 €	291,22 €
Contabo (Europa)	11,85 €	118,52 €
Hetzner (Nürnberg)	5,94 €	76,43 €
Ionos (Frankfurt)	8,33 €	188,69 €
OVHcloud (Frankfurt)	24,40 €	173,15 €
Scaleway (Paris)	29,61 €	235,67 €
Wasabi (Frankfurt)	7,88 €	78,78 €

# Bundesregierung: IT-Projekte treiben Ausgaben für Berater

**Beim Bund jagt ein Digitalisierungsvorhaben das Nächste. Die Folge: Die Ausgaben für Beratungsfirmen stiegen zuletzt deutlich an. Kritik daran kommt von der Linken.**

Die Bundesministerien haben 2023 rund 239 Millionen Euro für Beratungsleistungen ausgegeben. IT- und Digitalisierungsprojekte bildeten dabei einen Schwerpunkt. Insgesamt stiegen die Beraterkosten im Vergleich zum Vorjahr um rund 54 Millionen Euro beziehungsweise 29 Prozent. Das geht aus einem aktuellen Bericht des Bundesfinanzministeriums hervor, der c't vorliegt.

Den größten Anteil an den Ausgaben für Beratungsfirmen hatte 2023 das Innenministerium (BMI): Dortselbst waren es 26 Millionen Euro, bei zugehörigen Behörden wie dem Bundeskriminalamt 33,8 Millionen. Die Ausgaben entfielen „im Wesentlichen auf Beratungen mit IT-Bezug“, wie das Ministerium im Bericht erläutert. Man beauftrage externe Berater, wenn eine hohe Spezialisierung erforderlich sei oder die Verwaltung selbst nicht über die nötigen Kenntnisse und Ressourcen verfüge. So gab das BMI im vergangenen Jahr zum Beispiel für „Unterstützung und Beratung zur Einführung der e-Rechnung in der Bundesverwaltung“ knapp 3,6 Millionen Euro aus.

Hohe Beratungskosten mit IT-Bezug gab es aber auch in vielen weiteren Minis-

terien, etwa im Finanzministerium (rund 4,5 Millionen Euro für „Konzeption der Betriebsplattform Bund“), im Digital- und Verkehrsministerium (rund 2,6 Millionen Euro für „Projektmanagement Digitales Planen, Bauen und Betreiben“) und im Gesundheitsministerium (rund 2,7 Millionen Euro für „Strategisch-operative Beratung, Umsetzung, Neugestaltung und Transformation der Gematik in die Digitalagentur“).

Laut einer weiteren Übersicht des Finanzministeriums bezahlten die Bundesministerien im Bereich „IT“ im Jahr 2023 insgesamt rund 100 Millionen Euro für Beratung durch Externe. Im Bereich „Controlling“ waren es nur knapp 14 Millionen Euro, im Bereich „Rechtsberatung“ rund 23 Millionen Euro. Diese Zahlen sind nur eingeschränkt mit der oben genannten Gesamtsumme von 239 Millionen Euro vergleichbar, da dort eine andere Definition für Beratungsleistungen zugrunde liegt.

Die Bundestagsabgeordnete Gesine Lötzsch, Mitglied der parlamentarischen Gruppe Die Linke, kritisierte die Bundesregierung: Die Ministerien hätten ihr internes Personal in den vergangenen Jahren „massiv aufgestockt“ auf nun fast 30.000 Beschäftigte, dennoch seien die Ausgaben für Berater drastisch gestiegen. Der Einkauf von Sachverstand sei nicht nur „unnötig teuer“, sondern fördere auch den Einfluss von Unternehmen auf die Regierungsarbeit. (cwo@ct.de)

Der Einkauf von Sachverstand durch die Bundesregierung sei „unnötig teuer“, kritisiert die Linken-Abgeordnete Gesine Lötzsch.



Bild: Inga Haar



## Embedded Jetson KI Box PC



AiKITT 3025

ab 1.001€

Jetson Orin Nano / NX

4 GB - 16 GB

20 - 100 TOPS

## 4HE KI Server Pro X6



ab 5.476€

KI-Rechner konfigurierbar bis:

144 Kern Intel® Xeon® 6

NVIDIA RTX A6000 ADA 24GB

512GB ECC DDR5 RAM



SelectLine®

Gold Partner

Individuell angepasste ERP-Software für kleine und mittlere Unternehmen

Industrie PCs made in Germany



Designstraße 2

47807 Krefeld

+49 2151 38712 00

N51,29100° E6,56565°





# Bio-Festplatte neu gedacht

## DNA-Datenspeicher mit Epigenetik beschleunigt und verbessert

**DNA als Speichermedium für die Langzeitarchivierung verspricht für die Zukunft die höchste Speicherdichte und überdauert viele Jahrhunderte. Eine neue DNA-Speichertechnik funktioniert im Labor mit parallelisierbaren Schreibprozessen und schneller Lesetechnik.**

Von Arne Grävemeyer

**D**atenspeicherung in DNA-Makromolekülen könnte einmal viele Probleme der Langzeitarchivierung lösen. Desoxyribonukleinsäure (DNA) trägt nicht nur sämtliche Erbinformationen von Pflanze oder Tier. Durch die beliebig variierbare Sequenz der vier beteiligten Basenpaare ließe sich in einem einzigen Gramm DNA eine Datenmenge von 17 Exabyte kodieren (17 Millionen Terabyte), wie Wissenschaftler der University of Washington bereits 2020 ausrechneten [1]. Zudem können DNA-Makromoleküle Jahrhunderte oder sogar Jahrtausende unverändert überdauern, wenn sie trocken und geschützt vor dem Luftsauerstoff lagern. Während dieser Zeit behalten sie ihre innewohnenden Datenbestände ohne Energiebedarf.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen strebt die DNA Data Storage Alliance (DDSA) an, ein gemeinsames, durchgängiges DNA-Speichersystem zu entwickeln und zu standardisieren [2]. Gründungsmitglieder dieser industriellen Initiative von Oktober 2020 sind außer Microsoft und dem Festplattenhersteller Western Digital unter anderem auch Illumina als

Entwickler von Sequenzierungsgeräten sowie Twist Bioscience als Experte für DNA-Synthese. Bis heute allerdings erweist sich die DNA-Synthese, also der schrittweise Aufbau von DNA-Strängen aus den vier natürlichen Nukleinbasen Adenin, Guanin, Cytosin und Thymin als sehr zeitaufwendig; zu zeitaufwendig, um damit ausgerechnet sehr große Datenbestände zu kodieren und dann zu archivieren.

### Datencode nicht in, sondern auf der DNA

Nun haben Forscher an der Arizona State University (ASU) in Tempe in Kooperation mit internationalen Partnern wie der Leiterin des 2. Physikalischen Instituts an der Universität Stuttgart, Laura Na Liu, eine neuartige und schnellere DNA-Speichertechnik entwickelt [3]. Dabei setzen sie universelle, vorgefertigte DNA-Stränge ein, an denen sie epigenetische Modifika-

tionen vornehmen. Epigenetik ist die natürliche Methode zur Regulierung der Genaktivität, indem der DNA chemische Gruppen hinzugefügt oder aus ihr entfernt werden. Die Forscher passen diesen natürlichen Mechanismus an und nutzen ihn, um digitale Informationen anstelle von biologischen Anweisungen zu kodieren. Indem sie Methylgruppen an bestimmten DNA-Basen anlagern, schaffen sie sogenannte Epi-Bits, molekulare Datenpunkte. Eine methylierte Base (Epi-Bit „1“) und eine unveränderte, nicht methylierte Base (Epi-Bit „0“) sind das Äquivalent zu dem in der Computertechnik verwendeten Binärcode.

Konkret arbeiten die Forscher mit 5-Methylcytosin (5mC), einem Derivat der DNA-Nukleinbase Cytosin. Zudem setzen sie nicht nur einen universellen einzelsträngigen DNA-Träger (single-stranded DNA, ssDNA) ein, sondern zu kurzen Sequenzen davon komplementäre ssDNA-Bausteine. Diese kurzen Bausteine bilden quasi eine ganze Bibliothek. Die Forscher zeigten, dass sie beliebige Epi-Bit-Kombinationen mit Sequenzen aus ihrer Bausteinbibliothek setzen und auf die identischen Ladesequenzen der DNA-Träger montieren können. Danach gelang es ihnen durch selektive Methylierung, Basen stabil auf dem DNA-Träger zu modifizieren. Dieses Schreibverfahren funktionierte nicht nur mit vergleichsweise hoher Genauigkeit, sondern zugleich parallel auf bis zu 700 unterschiedlichen DNA-Abschnitten.

Konkret erreichten die Wissenschaftler mit ihrem Verfahren unter Laborbedin-



**Sogenannte Epi-Bits, epigenetisch genutzte Derivate der DNA-Nukleinbasen, lassen sich auf einem DNA-Strang setzen wie Buchstaben auf Papier.**

Bild: Arizona State University / Jason Drees

Das Foto eines Pandas diente den Forschern als Speicherobjekt. Sie verwendeten einen fehlerkorrigierenden Code, um das Foto nach Schreib- und Leseprozess im Labor fehlerfrei zu reproduzieren.

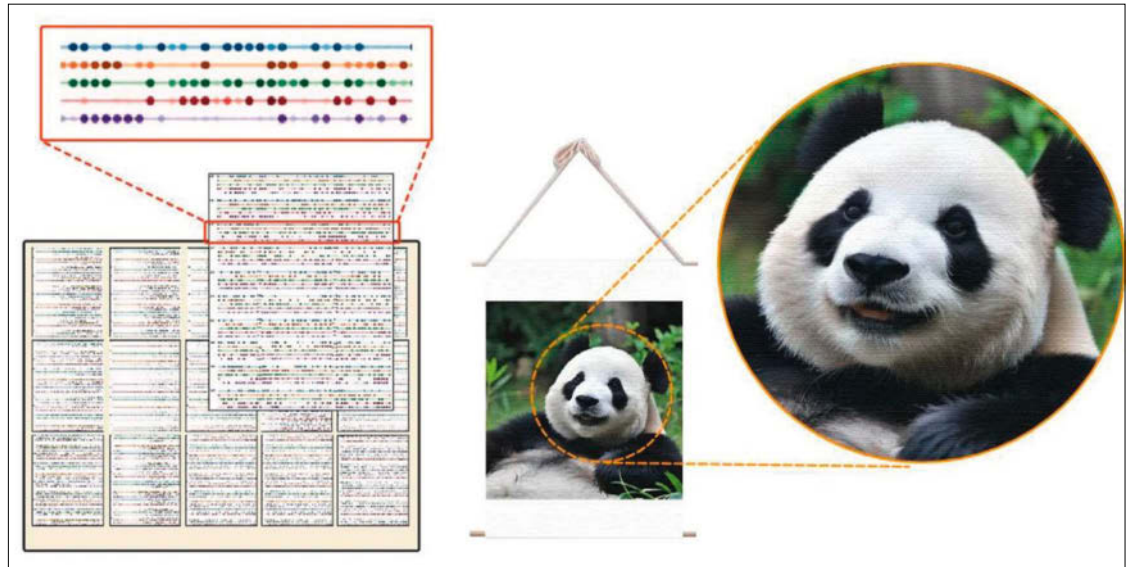


Bild: Arizona State University

gungen eine Schreibgeschwindigkeit von 350 Bit pro chemischer Reaktion und konkret bisher 40 Bit pro Sekunde. So kodierten sie eine Botschaft aus zwei Bildern – ein stilisiertes Bildnis eines Tigers aus der altchinesischen Han-Dynastie und ein Foto eines Pandas – mit insgesamt 270.000 Bit in weniger als zwei Stunden. Diese Zeitspanne ist zwar noch immer zu lang für die Archivierung großer Datenbestände, aber das neue Verfahren hat den großen Vorteil, dass es keinen de-novo-Aufbau von DNA-Strängen, also Basenpaar für Basenpaar von Grund auf erfordert. Die Forscher sind zuversichtlich, durch die parallele Arbeitsweise ihres Verfahrens und eine noch zu entwickelnde industrielle Technik den Schreibprozess weiter beschleunigen zu können. Zudem weisen sie darauf hin, dass ein Datenspeicher der Zukunft zusätzlich zur parallelen Bearbeitung auf molekularer Ebene auch mehrere DNA-Stränge parallel beschreiben könnte.

### Mehr Varianten erhöhen die Datendichte

„In unserer Veröffentlichung beschreiben wir lediglich den Einsatz von 5mC als Epi-Bits. Es ist aber denkbar, auch andere Basenmodifikationen zu nutzen und so ein ganzes Alphabet zu entwickeln, mit dem wir den DNA-Strang beschreiben“, verriet Hao Yan, einer der Autoren, gegenüber c't. Er ist Leiter des Bidesign Center for Molecular Design and Biomimetics an der ASU und derzeit Gastwissenschaftler an der Stuttgarter Universität. Mit dieser Erweiterung ließe sich die Datendichte auf einem beschriebenen DNA-Strang nochmals vervielfachen.

Zudem erzeugt das neue Verfahren wie der bisherige DDSA-Ansatz, bei dem DNA-Stränge Basenpaar für Basenpaar sequenziell aufgebaut werden, einen dauerhaft speicherbaren DNA-Strang. Dieser Strang ist wie die DNA in biologischen Systemen auch leicht kopierbar, was für manche Anwendungen der Informationsverbreitung interessant sein könnte.

### Schnelle Lesetechnik

Wenngleich die neue DNA-Speichertechnik nicht die Basensequenzen im DNA-Strang manipuliert, sondern derzeit nur einzelne Cytosin-Bausteine gemäß dem epigenetischen Vorbild verändert, so kann man ihre Ergebnisse doch mit normalen DNA-Sequenzierern auslesen. Ebenso funktioniert auch die schnelle Lesetechnik durch Nanoporen-Sequenzierer. Bei dieser noch relativ jungen Technik, die erst seit 2015 durch neue Gerätetechnik einen breiteren Anwenderkreis findet, wird der DNA-Doppelstrang in Einzelstränge aufgebrochen, von denen einer durch einen biologischen Kanal, die sogenannte Nanopore geschleust wird.

Die eigentliche Sequenzierung gelingt durch eine elektrische Spannung, die man an die Nanopore anlegt. Beim Tunneln der Nanopore hinterlässt jedes der vier Nukleotide (die jeweils eine Hälfte der ursprünglich im DNA-Strang vollständigen Basenpaare) ein spezifisches Muster im Ionenfluss. Daraus lässt sich die ursprüngliche Basensequenz in Echtzeit ableiten. Auch das epigenetisch methylierte Cytosin ist bei dieser Sequenzierungstechnik speziell erkennbar.

### Schritt in molekulare Computertechnik

Auch wenn DNA-Speicher zunächst für den Einsatz mit bestehenden Computersystemen konzipiert sind, sehen die Forscher noch eine weitere Entwicklungsrichtung. In künftigen Anwendungen sei es denkbar, DNA-Speicher mit molekularen Computersystemen zu kombinieren, so dass Daten im selben Medium gespeichert, verarbeitet und sogar berechnet werden können. Damit würde die DNA von einem reinen Speichermolekül zu einem aktiven Teilnehmer an der Datenverarbeitung. Eine sogenannte Bioinformatik könnte in ferner Zukunft die Datenspeicherung nahtlos mit biologischen Funktionen verbinden.

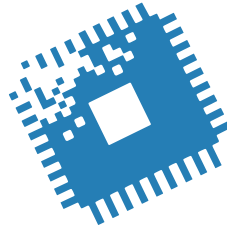
Zunächst einmal ist das Epi-Bit-System aber einfach als ein digitaler Datenspeicher konzipiert. „Man kann es sich wie eine externe Festplatte für die hochdichte, langfristige Datenspeicherung vorstellen“, erklärt Hao gegenüber c't. Für die praktische Anwendung aber muss die Geschwindigkeit noch steigen. Selbst alte USB-Platten erreichen milliardenfach höhere Geschwindigkeiten, moderne SSDs liegen noch einmal eine ganze Größenordnung darüber. (agr@ct.de) **ct**

### Literatur

- [1] Karin Strauss, Luis Ceze et al., Probing the physical limits of reliable DNA data retrieval, Januar 2020
- [2] Arne Grävemeyer, Bio-Festplatte für Äonen, DNA als Wirtsspeicher und Jahrtausendarchiv, c't 14/2022, S. 118
- [3] Hao Yan et al, Parallel molecular data storage by printing epigenetic bits on DNA, Nature, 24. Oktober 2024



# Bit-Rauschen



## Intel schickt Pat Gelsinger in Rente

**Intels Verwaltungsrat verliert die Nerven. Auch andere Chipfirmen feuern ihre Geschäftsführer. TSMC verdient blendend, chinesische Auftragsfertiger legen ebenso zu.**

Von Christof Windeck

Und tschüss! Intel-Chef Pat Gelsinger verabschiedet sich in den Ruhestand. Beziehungsweise wurde er dorthin verabschiedet, und zwar recht plötzlich: Am 2. Dezember teilte Intel mit, Gelsinger habe seine Posten rückwirkend zum 1. Dezember geräumt. Er verlor zudem den Vorsitz des Verwaltungsrats (Board of Directors), wurde also offensichtlich rausgeschmissen, so wie auch mehr als 15.000 andere Intel-Mitarbeiter in den vergangenen Monaten. Anders als diese verdiente Gelsinger in den rund 3,5 Jahren seiner Amtszeit allerdings insgesamt rund 46 Millionen US-Dollar, gerechnet nach heutigem Preis der Intel-Aktie. Denn den Löwenanteil seiner Bezahlung erhielt er in Aktien, deren Wert sich im Laufe seiner Amtszeit halbierte.

Der Gelsinger-Abgang schlug hohe Wellen. Kommissarisch leiten derzeit Finanzchef David Zinsner und Produktchefin Michelle Johnston Holthaus den ehemaligen Chip-Champion. Auguren suchen in der sprachlich ausgefeilten Pressemeldung zu Gelsingers Rauswurf nach Hinweisen zum künftigen Intel-Kurs. Da ist beispielsweise zu lesen, das Board stelle die „Product Group“ ins Zentrum aller Entscheidungen. Damit ist die von Holthaus geleitete Sparte gemeint, die x86-Prozessoren, Chipsätze, Netzwerkchips und so weiter verkauft, also nicht die Chipfertigung beziehungsweise Auftragsfertigung (Foundry). In Bezug auf Letztere heißt es sinngemäß, da sei noch viel zu

tun. Das könnte darauf hindeuten, dass sich Intel aufspalten will, um zu überleben.

Weil in die US-Werke von Intel jedoch hohe Subventionen aus US-Steuergeldern fließen, kann Intel diese Fabs nicht ohne Weiteres verscherbeln. Das schließen die Förderbedingungen aus, deshalb wären Nachverhandlungen nötig.

Das Board sucht jetzt einen neuen Chef, die Spekulationen schießen ins Kraut. Angeblich könnte es etwa der in der Branche hoch angesehene Lip-Bu Tan werden, einst Chef von Cadence, einem führenden Anbieter von Chipdesign-Software. Tan saß bis August im Intel-Verwaltungsrat, den er dann offenbar im Streit über die künftige Ausrichtung verließ. Zwei neue Mitglieder hat das Intel-Board bereits benannt, nämlich Eric Meurice und Steve Sanghi. Meurice leitete bis 2013 die niederländische Firma ASML, den einzigen Hersteller von EUV-Lithographiesystemen.

Steve Sanghi war 30 Jahre lang bis 2021 Chef der Firma Microchip Technology, die unter anderem die ATmega-Mikrocontroller der Arduinos fertigt. Sanghi hat eigentlich schon alle Hände voll zu tun,

weil er Microchip seit Ende November wieder führt: Der vorige Chef Ganesh Moorthy musste zu seinem 65. Geburtstag gehen. Das hatte aber nichts mit dem Alter zu tun, denn Sanghi ist vier Jahre älter. Fast als erste Amtshandlung schloss er eine Microchip-Fab in Tempe, Arizona, weil die Nachfrage lahmte.

Auch bei anderen Halbleiterfirmen sinken zurzeit die Umsätze, falls sie nicht vom KI-Hype profitieren und stattdessen beispielsweise Chips für Autos oder Industriemaschinen produzieren. Das trifft auch die großen europäischen Chipfirmen Infineon, STMicro und NXP sowie Wolf-speed. Letztere wollte ja eigentlich im Saarland eine Fab bauen, doch das Projekt scheiterte und nun flog auch dort der Chef Gregg Lowe raus. Wolf-speed ging aus dem LED-Pionier Cree hervor und ist auf Halbleiter mit großem Bandabstand aus Siliziumkarbid (SiC) spezialisiert. SiC-MOS-FETs senken die Schaltverluste von Stromwandlern etwa für E-Autos und Photovoltaik. In den vergangenen Jahren haben jedoch ziemlich viele Firmen in SiC-Anlagen investiert, aber nun schwächelt unter anderem der E-Auto-Markt.

Weiter steil bergauf geht es hingegen beim taiwanischen Chip-König TSMC. Laut der taiwanischen Beratungsfirma TrendForce stieg der Umsatzanteil von TSMC an der weltweiten Chip-Auftragsfertigung auf fast 65 Prozent. TSMC schneffelt säckeweise Geld mit den modernsten Fertigungsprozessen für die feinsten Strukturen: 69 Prozent des Umsatzes entfallen auf N3, N5 und N7 sowie deren Varianten N4 (von N5) und N6 (von N7). Das erleichtert es TSMC, bei den gröberen Fertigungsverfahren mit günstigen Preisen zu konkurrieren. Das schmerzt die Konkurrenz, beispielsweise die Foundry-Sparte von Samsung Semiconductor.

Zusätzlich sorgen die chinesischen Foundries SMIC, Huahong und Nexchip für Preisdruck bei Fertigungsgenerationen ab 28 Nanometer und größer. Die profitierten zuletzt von guter Nachfrage im Inland sowie davon, dass chinesische Chipfirmen nach Möglichkeit einen heimischen Auftragsfertiger wählen, schon aus Sorge vor US-Sanktionen.


In einen warmen Geldregen geriet der KI- und RISC-V-Chipentwickler Tenstorrent unter Leitung des renommierten Jim Keller: Der Kooperationsvertrag mit LG wurde erweitert und Investoren steckten weitere 693 Millionen US-Dollar in die junge Firma. (ciw@ct.de) 



Bild: Intel

**Rente mit 63: Patrick Paul „Pat“ Gelsinger ist nicht mehr Intel-Chef.**





# GenAI 2025

Die Konferenz zu KI-gestützter Softwareentwicklung

21. Januar 2025 • Online

## Mehr als Boilerplate-Code mit Copilot

Das zeigt die betterCode() GenAI am 21. Januar 2025:

- ✓ **Status quo und Zukunft** der KI-gestützten Entwicklung
- ✓ Die **leistungsfähigsten KI-Tools** im Überblick
- ✓ Schnelles Feedback durch **Code Reviews** mit GenAI
- ✓ **Bessere Testergebnisse** durch Einsatz von KI
- ✓ Altsysteme modernisieren: **LLMs unterstützen Migration**
- ✓ **Security**: Risiken und Chancen von KI

Jetzt  
Tickets  
sichern!

Workshop am 28. Januar

[genai.bettercode.eu](https://genai.bettercode.eu)

# API 2025

Die Konferenz zu Design, Entwicklung  
und Management von APIs

15. Mai • Online

Ob Private oder Public APIs – Software- und Webentwickler:innen müssen schwierige Fragen beantworten: Welche **Architekturparadigmen**, welche **Verfahren**, welche **Protokolle** nutze ich, wann welche besser nicht? Wie gewährleiste ich **Qualität, Kompatibilität** und **Sicherheit**?

Haben Sie API-Know-how? Möchten Sie Ihre Erfahrungen teilen? Dann reichen Sie jetzt einen Vortrag ein. Wir freuen uns darauf!

Call for  
Proposals  
bis 20. Januar

Jetzt Vortrag einreichen!

[api.bettercode.eu](https://api.bettercode.eu)



# Im zweiten Anlauf

## Intels Spielergrafikkarte Arc B580



**Intel zielt mit seiner zweiten Generation Spielergrafikkarten auf die Mittelklasse bis 300 Euro. Erst die B580 und ab Mitte Januar auch die günstigere B570 sollen durch ihr Preis-Leistungsverhältnis überzeugen. Beide haben großzügigere Speicherpolster als GeForce RTX 4060 und Radeon RX 7600.**

Von Carsten Spille

Arc-B580-Grafikkarten mit Intels überarbeiteter Battlemage-Architektur kosten etwas weniger als Nvidias GeForce RTX 4060 und AMDs Radeon RX 7600, sind diesen aber leicht überlegen und haben mit 12 GByte einen 50 Prozent größeren Grafikspeicher. Intel bringt dabei wie schon bei den Vorgängern Alchemist (Arc A-Reihe) von der B580 eine „Limited Edition“ genannte, eigene Version auf den Markt. Eine unverbindliche Euro-Preisempfehlung will Intel nicht geben, ausgehend vom US-Preis von 249 Dollar könnte es inklusive Steuern und abzüglich Wechselkurs auf 269 Euro in

Deutschland hinauslaufen. Hierzulande gibt es B580-Karten auch von Acer, Asrock und Sparkle, international sind auch Gunmir, Maxsun und Onix mit von der Partie, sodass Importangebote zu erwarten sind.

### Neuer, kleiner Chip

Der unter dem Codenamen BMG-G21 entwickelte Grafikprozessor ist das Herz der B580. Intel lässt ihn bei der taiwanischen Chipschmiede TSMC fertigen, ergo nicht in eigenen Fabriken. Der Chip nutzt die bewährte N5-Technik, misst laut Intel 272 mm<sup>2</sup> und enthält 19,6 Milliarden Transistoren. Beide Kenngrößen liegen trotz der enthaltenen Verbesserungen deutlich unter den 406 mm<sup>2</sup> und 21,7 Milliarden Transistoren des De-facto-Vorgängers ACM-G10. Einer der Gründe: Der Vorgänger trug als Arc A770 bis zu 32 Xe-Cores und selbst als abgespeckte Arc A750 noch derer 28. Die B580-GPU hat nur 20 aktive Xe-Cores (18 bei der B570), ist also eine Etage darunter angesiedelt.

Mit Architekturverbesserungen will Intel die Leistung pro Xe-Core um 70 und die Leistung pro Watt um 50 Prozent erhöht haben. Neben anderen Verbesserungen hat Intel die Rechenwerke umgruppiert, sodass sich nun 8 statt wie zuvor 16 Vektor- und Matrix-Einheiten (XMX) die Steuerlogik teilen. Pro Xe2-Core sind es

nun also acht SIMD16 mit 512 Bit Gesamtbreite und acht XMX mit 2048 Bit Gesamtbreite der Rechenwerke. Auch die Raytracing-Einheiten können dank zusätzlicher Pipeline um die Hälfte mehr Strahlen verfolgen als zuvor.

Neben Verbesserungen an der Architektur der Xe-Cores – auch gegenüber den Arc-140V-IGPs im Core Ultra 200V wurden noch Dinge geändert – unterstützen die Battlemage-GPUs nun auch zusätzliche Datenformate in den XMX-Einheiten, die hauptsächlich Matrix-Matrix-Multiplikationen für KI-Anwendungen übernehmen sollen. Bis hinab zu 2-Bit-Integerzahlen (INT2) und dem von Nvidia verbreiteten Tensor-Format TF32 ist alles dabei.

### Erste Ergebnisse

Die ersten Resultate aus unserem Testlabor sehen vielversprechend aus. Die Leistung der Arc B580 liegt im Schnitt bislang gut 20 Prozent oberhalb der RTX 4060 und runde 25 Prozent über einer Radeon RX 7600. In Full-HD-Auflösung ist der Vorsprung nicht ganz so hoch. Dafür ist er in Ultra HD umso größer, aber nur im Rennspiel F1 22 und Shadow of the Tomb Raider (beide ohne Raytracing-Effekte gemessen) genügt das für flüssige Bildraten, mit Raytracing oder in anderen Spielen wie dem Action-Adventure Avatar: Frontiers of Pandora bleibt es rucklig. In WQHD-Auflösung hingegen flutschen die meisten Titel geschmeidig übers Display, einige auch inklusive hübscher Raytracing-Effekte.

Die Karten benötigen wie ihre Vorgänger Power-Management (ASPM) des PCIe-x8-Anschlusses, was man im BIOS und in den Windows-Einstellungen aktivieren muss. Dann können sie auch im Leerlauf mit 6 Watt auskommen. Nimmt man diese Einstellungen nicht vor, bleibt es bei unzeitgemäßen 38 Watt. Weitere Details, Vergleiche und Lastmessungen gibt es in der kommenden c't oder vorab unter [ct.de/yn64](https://ct.de/yn64). (csp@ct.de)

heise+Test: [ct.de/yn64](https://ct.de/yn64)

### Intel Arc B580/B570 im Vergleich

	Arc B570	Arc B580	Arc A 750	Arc A 770 LE
Chip	BMG-G21	BMG-G21	ACM-G10	ACM-G10
Xe-/RT-/XMX-Cores	18/18/144	20/20/160	28/28/448	32/32/512
Shader-Einheiten	2304	2560	3584	4096
Durchsatz (KI-TOPS, INT8)	184	219	235	275
Durchsatz (TFLOPS, FP32)	11,5	13,7	14,7	17,2
Chiptakt	2500 MHz	2670 MHz	2050 MHz	2100 MHz
Grafikspeicher	10 GByte	12 GByte	8 GByte	16 GByte
Speicherschnittstelle	160 Bit	192 Bit	256 Bit	256 Bit
Speichertransferrate	380 GByte/s	456 GByte/s	512 GByte/s	560 GByte/s
Total Board Power	150 W	190 W	225 Watt	225 W
PCI-Express-Anschluss	4.0 x8	4.0 x8	4.0 x16	4.0 x16
Displayengine	3 × DP 2.1 (1 × UHBR13.5), 1 × HDMI 2.1	3 × DP 2.1 (1 × UHBR13.5), 1 × HDMI 2.1	3 × DP 2.0 (UHBR10), 1 × HDMI 2.0	3 × DP 2.0 (UHBR10), 1 × HDMI 2.0
Videoengine	u.a. AV1, HEVC, VP9, XAVC-H	u.a. AV1, HEVC, VP9, XAVC-H	u.a. AV1, HEVC, VP9	u.a. AV1, HEVC, VP9
UVP (plus Steuern)	219 US-\$	249 US-\$	k.A.	k.A.



## 3DMark misst DirectStorage-Durchsatz von SSD zum Grafikspeicher

**DirectStorage verkürzt die Ladezeiten in 3D-Spielen. Mit dem 3DMark kann man die Beschleunigung nun am eigenen PC messen.**

Die Prüforganisation Underwriters Laboratories (UL) hat für die Grafik-Benchmark-Suite 3DMark einen Test veröffentlicht, der die Geschwindigkeit beim Laden von Spieldaten in den Grafikspeicher mit und ohne DirectStorage misst und vergleicht. DirectStorage ist seit einigen Jahren Teil von Windows 11. Kurz zusammengefasst reduziert die Funktion die Ladezeiten von Spieldaten von der SSD zum Grafikspeicher.

Weil Texturen, Spielfiguren und Objekte viel Platz benötigen, liegen diese komprimiert auf der SSD. Auf herkömmlichem Wege müssen diese erst von der CPU ausgepackt werden und laufen dabei durch Prozessor, Hauptspeicher, PCI-Ex-

press-Anbindung und GPU zum VRAM. Bei Spielen mit DirectStorage-Unterstützung kommt das verlustfreie Kompressionsverfahren GDeflate zum Einsatz und die Daten werden erst auf der Grafikkarte entpackt. Dadurch steigt die effektive Transferrate, die Ladezeiten sinken um bis zu 40 Prozent. Das nutzen unter anderem die Spieletitel Diablo IV, EA Sports FC 25 und Euro Truck Simulator 2.

Wir haben den DirectStorage-Benchmark auf der Gaming-Variante unseres Ryzen-9000-PC-Bauvorschlags aus c't 28/2024 ausprobiert. Demnach steigert DirectStorage den Durchsatz von der SSD zum Grafikspeicher von 5,8 auf 15,7 GByte/s. Für den DirectStorage-Benchmark benötigt man die kostenpflichtige Version des 3DMark (34 Euro) sowie die Storage-Erweiterung für 2,99 Euro, die es bei UL, Steam und Epic Games gibt.

([chh@ct.de](mailto:chh@ct.de))

## Faire Maus mit Blauem Engel

Seit rund zwölf Jahren ist die „Faire Maus“ auf dem Markt, jetzt trägt sie als erste das Siegel „Blauer Engel“. Das wurde möglich, weil es nun Kriterien für die neue Gerätekategorie Computer, Tastaturen und Mäuse (DE-UZ 78) gibt.

Die Faire Maus ist ab 35 Euro in fünf unterschiedlichen Farbvarianten erhältlich. Alle haben ein Kabel zum Anschluss an eine USB-A-Buchse. Der bayrische Hersteller Nager IT beschafft möglichst umweltschonende Komponenten. Beispielsweise besteht das Gehäuse zu 80 Prozent aus Polymilchsäure (PLA), die aus Zuckerrohr gewonnen wird. Das Scrollrad ist aus Holz, das Lot kommt von Fairloetet.

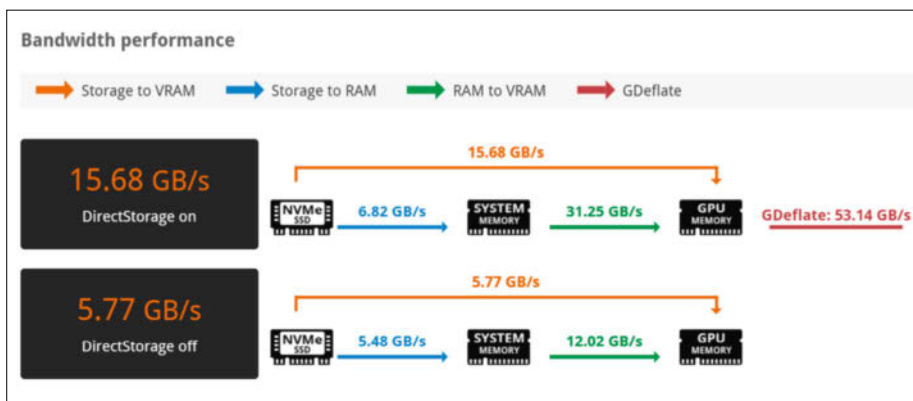
Möglichst viele Arbeitsschritte bei der Fertigung der Fairen Maus werden an Firmen vergeben, die ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu fairen Arbeitsbedingungen beschäftigen. Außerdem ist die Faire Maus so konstruiert, dass sie leicht zu reparieren ist.

([ciw@ct.de](mailto:ciw@ct.de))



Bild: Nager IT

Die „Faire Maus“ besteht aus möglichst umweltschonenden Komponenten, wird möglichst fair produziert und trägt nun das Siegel Blauer Engel.



DirectStorage nutzt das verlustfreie Komprimierungsverfahren GDeflate. Dadurch gelangen die Spieldaten schneller von der SSD in den Grafikspeicher.

Die nächste Dongleserver-Generation  
Netzwerkweit auf USB-Dongles zugreifen

dongleserver<sup>®</sup>  
by SEH

SEH

NEU SEH CarePack

Ihre Vorteile

- Erweitertes Monitoring inkl. Logging (syslog-ng) und Benachrichtigungsfunktion
- USB-Dongle Zugriff mit Passwörtern schützen
- Zukunftssichere USB 3.0 SuperSpeed Ports
- Ideal für serverbasierte und virtualisierte Umgebungen
- Für alle gängigen Betriebssysteme
- Apple Silicon kompatibel
- Kostenlose Updates und weltweiter Support
- **SEH CarePack:** der Wartungsvertrag als praktische Ergänzung zum Dongleserver

SEH Computertechnik GmbH | Hotline: +49(0)521-94226-29 | E-Mail: [info@seh.de](mailto:info@seh.de) | [www.seh.de](http://www.seh.de)



## Polizei hebt zwei Phishing-Banden aus

**In koordinierten Aktionen haben deutsche und europäische Ermittler zwei Tätergruppen den Garaus gemacht, die Menschen mithilfe von Fakeshops und Fake-Anrufen als Bankmitarbeiter betrogen hatten.**

Die Polizei hat im Ennepe-Ruhr-Kreis den mutmaßlichen Koordinator einer Bande festgenommen, die in großem Stil Betrugstaten mit virtuellen Debitkarten beging. Er sitzt vorläufig in Untersuchungshaft. Einen vermutlichen Helfer entließen die Fahnder zunächst wieder. Die zentrale Kriminalinspektion Braunschweig und die Zentralstelle Cybercrime Bayern in Bamberg waren den beiden nach intensiven Ermittlungen auf die Spur gekommen, nachdem die Polizei bereits Ende 2022 drei Mittäter in Bayern festgenommen hatte. Diese verurteilte das Landgericht Bamberg im Februar 2024 zu Bewährungsstrafen.

Die Bande hatte sich bei ihrer Masche zunächst vor allem über Fakeshops persönliche Daten wie Telefonnummern sowie Zugangsdaten für das Onlinebanking verschafft. Später riefen Mitglieder die Betroffenen an, gaben sich als Bank-

angestellte aus und überzeugten diese, ein angeblich notwendiges Sicherheitsupdate einzuspielen. Dabei brachten die Täter einen Teil der Betroffenen dazu, ihnen TANs durchzugeben oder Sicherheitsnachfragen auf dem Handy zu bestätigen. Anstatt ein Sicherheitsupdate einzuspielen, schalteten die Opfer jedoch virtuelle Debitkarten in Apple Pay oder Google Pay auf Handys der Täter frei.

Damit kauften die Täter online teure Elektronikartikel und Gutscheinkarten. Die Gutscheine verkauften sie über einen Onlineshop des mutmaßlichen Haupttäters mit Rabatten weiter. Der bekannte Schaden beläuft sich auf 450.000 Euro von 93 Geschädigten. Deren Anzeigen gaben den Ermittlern das benötigte Material.

Einen ähnlichen Erfolg meldeten die Polizeidirektion Hannover und die Staatsanwaltschaft Verden an der Aller. Unterstützt von Europol, Ermittlern in anderen EU-Ländern sowie der „Shadow Server Foundation“ konnten sie zwei Täter in Deutschland und Österreich verhaften lassen. Datenspuren führten zu einem spezialisierten Online-Marktplatz namens „manson-market“, auf dem sie illegal er-



Bild: Polizeidirektion Hannover

**Der „manson-market“ ist Geschichte, niemand kann dort mehr illegal erbeutete Daten umschlagen.**

beutete Daten umschlugen. Dabei stellte die Polizei 50 Server mit über 200 TByte Daten sicher. Auch in diesem Fall hatten die Betrüger auf Fakeshops und anschließende Anrufe als angebliche Bankmitarbeiter gesetzt. (mon@ct.de)

## EU-Produkthaftung: Übergangsfrist läuft

Seit Anfang Dezember 2024 gilt die neue EU-Produkthaftungsrichtlinie. Sie novelliert ihre 40 Jahre alte Vorgängerin und **erweitert bisherige Schadenersatzansprüche von Verbrauchern**. Dazu umfasst sie neben nichtdigitalen Gütern wie Haushaltsgegenständen oder Elektrogeräten erstmals auch Hard- und Software und gilt bei Personen- und Sachschäden, darunter auch Datenverlusten durch unsichere Produkte. Unter Software fallen lokal installierte Programme ebenso wie solche in der Cloud. Versagt Embedded-Software, beispielsweise der Sprachassistent in der Heimautomatisierung, haften außer dem Hersteller auch Zulieferer von Komponenten. Nicht betroffen von der Richtlinie sind Entwickler von Open-Source-Programmen, sofern sie diese nicht kommerziell anbieten. Mit der Ausnah-

me will der Gesetzgeber ähnlich wie beim Cyber Resilience Act Hindernisse für Innovation und Forschung vermeiden.

Die Mitgliedstaaten der Union müssen die Richtlinie nun binnen zwei Jahren in nationales Recht gießen. Mit dem Regelwerk reagiert der EU-Gesetzgeber auf das starke Wachstum des Onlineshoppings in Europa, aber auch weltweit. Die Richtlinie gilt daher auch für Produkte, die ein Unternehmen außerhalb des Europäischen Wirtschaftsraums hergestellt hat. Dafür muss es künftig einen sogenannten Wirtschaftsbeteiligten in der EU benennen, von dem Verbraucher im Schadensfall Ersatz verlangen können. Außerdem adressieren die Regeln neue Technik wie Künstliche Intelligenz und sollen helfen, die Wiederverwertungsquote zu verbessern. (mon@ct.de)

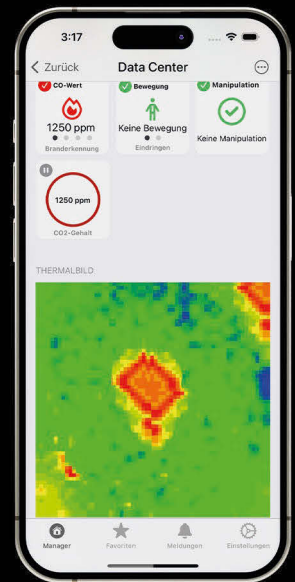
## Aus für Amazons „Fresh“

Amazon hat seinen Lebensmittel-Lieferdienst „Amazon Fresh“ in Deutschland eingestellt. Damit beendete der Konzern nach sieben Jahren seinen Versuch, mit dem Service in Deutschland Fuß zu fassen. Nicht schnell verderbliche Lebensmittel wie Kartoffelchips liefert Amazon über seinen Onlineversand aber weiterhin aus. Man habe beschlossen, das Lebensmittelangebot zu vereinfachen und sich auf das wachsende Geschäft mit haltbaren Lebensmitteln zu konzentrieren, so das Unternehmen.

Stattdessen **setzt Amazon künftig auf Partnerschaften mit anderen Diensten**. So hatte der Konzern kürzlich eine Kooperation mit dem Lebensmittel-Lieferdienst Knuspr verkündet und als Liefergebiete Berlin, München und das Rhein-Main-Gebiet genannt. Knuspr liefert neben Frisch- und Tiefkühlware auch Drogerie- und andere Artikel. (mon@ct.de)

# Akkubrände frühzeitig erkennen

Überwachen Sie Batterie- und Akkulagerung, USV, elektrische Anlagen und andere Brandgefahren.



## Der MultiSensor-TI



- ✓ Überwacht 20 Gefahren
- ✓ 1024 px Thermalsensor
- ✓ 4-Faktor-Brandfrüh-erkennung

Jetzt absichern



kentix.com/multisensor-ti

**KENTIX**  
Innovative Security

## Nextcloud-Talk will Teams ersetzen

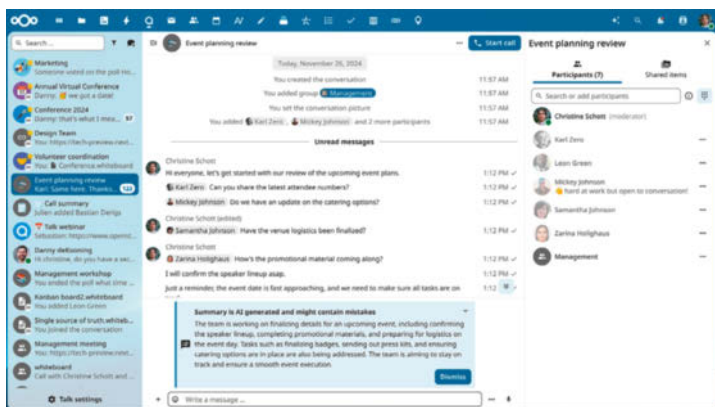
Mit einer frischen Version und eigener Client-Software für Linux, macOS und Windows positioniert Nextcloud seine Chat- und Videokonferenzkomponente Talk als Alternative zu Microsoft Teams.

Die Nextcloud-Komponente Talk hat in Version 20.1 einiges dazugelernt: Der Nextcloud Assistant soll mit KI-Hilfe für verhinderte Mitarbeiter Zusammenfassungen von aufgezeichneten Meetings und von ungelesenen Nachrichten erstellen können. Einladungen zu Sitzungen, die in Talk „Unterhaltungen“ heißen, sind nun per E-Mail möglich. Mit wenigen Klicks lassen sich außerdem Umfragen in Unterhaltungen erstellen.

Archivfunktionen helfen, Erledigtes aus dem Sichtfeld zu schieben, ohne es gleich zu löschen. Mit ergänzten Hilfsfunktionen für Webinare und der schon vor einiger Zeit eingeführten Whiteboard-App führt der Hersteller weitere Argumente für sein Angebot ins Feld.

Beim Talk-Client handelt es sich um eine Electron-Anwendung, also einen verkapselten Browser, der die bisher auf dem Desktop als Web-App zugängliche Talk-Oberfläche anzeigt; unter macOS scheint Chrome durch. Wie Nextcloud selbst ist der Talk-Client Open-Source-Software. Die Serverseite eignet sich fürs Hosting in Eigenverantwortung, es gibt aber auch Mietangebote. (ps@ct.de)

Links zum Projekt: [ct.de/ytb8](https://ct.de/ytb8)



Nextcloud-Talk fasst mit KI-Unterstützung zusammen, was man verpasst hat.

## Linux-Desktop Cinnamon in Version 6.4

Cinnamon, die von und für Linux Mint entwickelte Desktopumgebung, ist in Version 6.4 erschienen. Ein neues Standard-Thema stellt die augenfälligste Änderung dar. Es arbeitet mit einer deutlich dunkleren Farbgebung und stark abgerundeten Ecken. Dazu passend wurden die Pop-ups von Desktop-Applets optisch losgelöst und schweben ein paar Pixel entfernt vom Panel mit ihrem Applet. Einige Pop-ups und die Systembenachrichtigungen haben ein deutlich kompakteres Erscheinungsbild bekommen.

Diverse Systemdialoge, etwa zum Log-out oder zum Schließen hängender Anwendungen, nutzen jetzt die integrierte Bibliothek Clutter, was ebenfalls ihr

Aussehen verändert und an das neue Theme angleicht.

Die Entwickler haben außerdem eine „Nachtlicht“-Funktion eingebaut, die mit weniger blauem Licht die Augen schont. Die neue Lösung soll auch unter Wayland funktionieren und sich besser in den Desktop integrieren als die bisherige externe Lösung Redshift.

Cinnamon 6.4 enthält viele weitere Detailverbesserungen, die einige Blogposts und der kleinteilige Changelog aufzählen (siehe [ct.de/ytb8](https://ct.de/ytb8)). Die zum Jahreswechsel erwartete Version 22.1 von Linux Mint wird den neuen Desktop nutzen.

(syt@ct.de)

Details zu Cinnamon 6.4: [ct.de/ytb8](https://ct.de/ytb8)

# Photonen auf den Fersen

## Super-Slow-Motion enthüllt Ausbreitung von Lichtstrahlen

**Der DC-Superheld The Flash kennt kein Tempolimit. Ohne Mühe überholt er Autos, Explosionen und sogar Licht. Mit neuer Technik gelingt es Forschern nun auch, einen Laserpuls im Flug zu verfolgen.**

Von Sabrina Patsch

**E**r beginnt ganz langsam: ein Fuß vor den anderen. Seine Schritte beschleunigen sich, bis elektrische Blitze unter seinen Füßen den Boden erhellen. Die Straße, Häuser und Autos verschwimmen. Dann gleitet er mit geschmeidigen Zügen wie ein Eisläufer über den Asphalt. Die Lichter um ihn herum verschmieren zu einem goldenen Tunnel, bis er eine Grenze durchbricht. Plötzlich verändert sich die Welt um Flash herum. Seine Züge verschmieren, Lichtstrahlen dehnen sich zu Streifen, einzelne Lichtteilchen ziehen

gemächlich wie winzige Glühwürmchen an ihm vorbei. Dann stolpert er rückwärts in eine andere Welt hinein.

Der DC-Superheld The Flash ist bekannt für seine übermenschliche Geschwindigkeit. Er hängt nicht nur Superman ab, sondern auch die schnellste Substanz des Universums: Licht. Anfang des 20. Jahrhunderts fand Albert Einstein heraus, dass sich Licht mit einer endlichen Geschwindigkeit bewegt. Es rast mit knapp 300.000 Kilometern pro Sekunde durch das Vakuum, das entspricht etwa einer Milliarde Kilometer pro Stunde. Nichts im Universum – oder, genauer gesagt, keine Information, geschweige denn Masse – kann sich schneller bewegen. Dank der mysteriösen Speedforce kann The Flash da jedoch problemlos mithalten: Einzelne Lichtteilchen, sogenannte Photonen, scheinen gemächlich an ihm vorbeizuziehen (Filmsequenz via ct.de/yd64).

### Extreme Slow-Motion

Forschern der University of Toronto ist es nun gelungen, Licht mit Flashs Augen zu sehen und die Ausbreitung eines kurzen

Laserpulses in extremer Slow-Motion nachzuerfolgen. Das Team demonstriert dies anhand einer waagrecht liegenden Cola-Flasche aus Plastik, die mit Wasser und ein wenig Milch gefüllt ist, um das Licht zu streuen. Durch den Boden dringt ein Lichtpunkt in die Flasche ein, durchläuft sie und bringt schließlich den roten Deckel zum Leuchten. Eine Reflexion zeigt sich kurz darauf am Boden der Flasche (Video via ct.de/yd64). Die Kamera dreht sich währenddessen um die Flasche herum. Während die Szene im Video etwa 15 Sekunden dauert, benötigt das Licht für die Strecke in Wahrheit nur etwa 3 Nanosekunden. Würde man den Flug einer Pistolenkugel über eine Strecke von einem halben Meter mit dieser Kamera filmen, würde es etwa drei Monate dauern, sich das Video anzuschauen.

### Eine halbe Billion Bilder pro Sekunde

Das kanadische Team ist nicht das erste, das es geschafft hat, den Flug eines Laserpulses zu filmen. Erstmals gelang die sogenannte Femto-Fotografie 2011 Forschern vom MIT. Einer von ihnen war der spätere Chemie-Nobelpreisträger Mounir M. Bawendi, der 2023 für seine Beiträge zur Entdeckung und Synthese von Quantenpunkten ausgezeichnet wurde. Der Film von Bawendis Team hatte eine zeitliche Auflösung von zwei Pikosekunden, also zwei Billionstel Sekunden. Diese kurze Belichtungszeit erreichten sie mit einem gepulsten Titan-Saphir-Laser, der etwa alle 13 Nanosekunden einen 50 Femtosekunden (50 Billionstel Sekunden) langen Lichtpuls aussendete.

Einfallendes Licht wird von den Objekten in der Szene, in diesem Fall der Cola-Flasche und der Milch im Inneren, reflektiert und anschließend von einer sogenannten Streak-Kamera detektiert. In diese Kamera dringt das Lichtbündel durch einen schmalen Spalt ein und die Photonen lösen dann Elektronen aus einer Photokathode heraus. Ein elektrisches Feld lenkt die Elektronen, sodass die ersten Teilchen an einer anderen Position auf den Detektorschirm

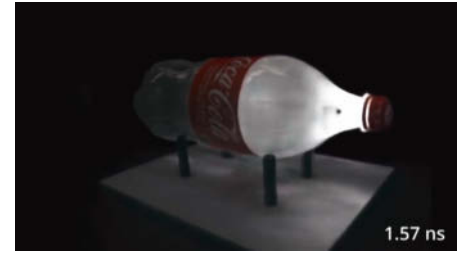


Bild: „The Flash“ (2023). Regie: Andy Muschietti, Warner Bros./DC Films

Im Film „The Flash“ rennt der gleichnamige Superheld, gespielt von Ezra Miller, so schnell, dass er in der Zeit zurückreist.



Bilder: youtube.com/@UoFTCompSci



**Wie in Zeitlupe breitet sich der Laserpuls in der Colaflasche aus.**

treffen als die, die später eingetroffen sind – es entstehen Streifen. Die Kamera übersetzt also eine Zeitdifferenz in eine messbare, räumliche Distanz.

Die Reflexion eines einzelnen Laserpulses ist jedoch sehr schwach und die resultierenden Bilder wären zu dunkel. Deshalb wiederholten die Forscher den Prozess, den sie filmen wollen, mehrere Millionen Mal und nahmen das gleiche Bild mithilfe von Spiegeln aus verschiedenen Blickwinkeln auf. Ein Computeralgorithmus setzte die Einzelaufnahmen zusammen und erzeugte so eine Reihe zweidimensionaler Bilder.

Das finale Video hatte 480 Frames und umgerechnet eine Auflösung von etwa einer halben Billion Bildern pro Sekunde. Weil die einzelnen Laserpulse so kurz sind und schnell aufeinander folgen, dauert der ganze Prozess in Echtzeit nur wenige Minuten. „Stroboskopisch“ heißt diese Methode, bei der wiederholte Lichtblitze eine Bewegung scheinbar einfrieren oder verlangsamen – wie in der Disco.

**Neue Blickwinkel**

Das Team um David Lindell, Assistenzprofessor am Fachbereich Informatik der

University of Toronto, hat diese Methode nun weiterentwickelt. Die Kamera in seinem Video bewegt sich, sie scheint neben dem Lichtbündel herzufliegen. Dieser Schritt, eine Szene aus einer bestimmten Perspektive darzustellen, heißt Novel View Synthesis (Synthese neuartiger Ansichten). Um diese zu berechnen, nahmen die Forscher die gleiche Szene aus verschiedenen Positionen auf. Ein neuronales Netz lernte aus diesen Bildern, wie sich das Licht durch die Szenerie bewegt und von ihr reflektiert, gebrochen oder absorbiert wird. Anschließend setzte die Software die zweidimensionalen Bilder zu einer dreidimensionalen Szene zusammen; die Methode heißt Neural Rendering.

Außerdem bezogen die Forscher physikalische Prinzipien in ihre Simulationen mit ein. So hängt die Zeit, die das reflektierte Licht benötigt, um die Kamera zu erreichen, davon ab, wie weit die Kamera vom Objekt entfernt ist. Dies ist eine Folge der endlichen Geschwindigkeit von Licht entsprechend der speziellen Relativitätstheorie. Die Wissenschaftler rechnen diese Verzögerung heraus, um ein realistischeres Bild davon

zu erhalten, wo sich das Lichtbündel zu jedem Zeitpunkt innerhalb der Szenerie befindet. Neben einer Cola-Flasche durchleuchteten die Forscher auch Szenen mit komplizierten Anordnungen, die das Licht brechen, streuen oder reflektieren. „Indem wir beobachten, wie sich Licht in Echtzeit verhält, können wir ein intuitiveres Verständnis für die Bewegung von Licht gewinnen“, sagt Erstautor Anagh Malik.

**Nützliche Anwendung**

Diese Methode ist nicht nur in der Lage, beeindruckende Videos zu erstellen, sondern sie eignet sich auch für diverse nützliche Anwendungen. Sie kann zum Beispiel dabei helfen, physikalische Prinzipien besser zu verstehen, die Oberflächeneigenschaften von Objekten zu untersuchen, Materialien zu durchleuchten und sogar um die Ecke zu schauen. Solch eine Kamera wäre definitiv eine wertvolle Bereicherung für die Ausrüstung eines jeden Spions oder Superhelden.

(spa@ct.de) **ct**

**Mehr Informationen und Videos:**  
[ct.de/yd64](http://ct.de/yd64)

# Hype oder Hilfe?

## Mit Künstlicher Intelligenz produktiv arbeiten

 [shop.heise.de/ct-ki23](http://shop.heise.de/ct-ki23)



Heft + PDF  
mit 28% Rabatt

## Drohne navigiert nach den Sternen

**Als GPS-Alternative haben australische Forscher eine Drohne so ausgestattet, dass sie sich am Sternenhimmel orientieren kann.**

Das Global Positioning System (GPS) gilt als globaler Standard für die Positionsbestimmung und Navigation. Aber diese Technik ist nicht zu 100 Prozent verlässlich, beispielsweise können Sonneneruptionen die Satellitensignale stören, das US-Militär kann die Ortungsgenauigkeit für Dritte herabsetzen oder Störsender, sogenannte GPS-Jammer, können die Ortung behindern. Das gilt auch für vergleichbare Systeme, etwa das europäische Galileo und das russische Glonass.

Ein Team um Samuel Teague an der University of South Australia in Adelaide hat eine Alternative entwickelt. Der leichte Aufbau enthält eine USB-Kamera Avium 1800 U240 mit einem Weitwinkelobjektiv, die Fotos vom Sternenhimmel aufnehmen kann. Ein Raspi 5 an Bord analysiert die Bilder und ermittelt daraus in Verbindung mit der Uhrzeit und der Ausrichtung der Drohne die Positionsdaten. In ersten Versuchen gelang es, den

Ort auf vier Kilometer genau zu bestimmen, indem die Drohne in gleichbleibender Höhe Kreise zog und den Sternenhimmel fotografierte. Der Algorithmus rechnete dann Verzerrungen aus den Aufnahmen heraus und ermittelte die Position.

Sternennavigation ist unempfindlich gegenüber Jamming-Angriffen. Teague sieht sie daher als eine Alternative zum Beispiel in Kriegsgebieten, in denen GPS-Navigation gestört sein könnte. Drohnen machen durch den Einsatz dieser passiven Technik nicht auf sich aufmerksam.

Ein offensichtlicher Nachteil der Technik ist, dass die Drohne freie Sicht auf den Sternenhimmel braucht. Die Forscher weisen daher darauf hin, dass kurzwelligere Infrarotkameras Aufnahmen des Sternenhimmels auch bei Tageslicht erlauben, wenn auch mit einem deutlich schlechteren Signal-Rausch-Verhältnis. Diese Sensortechnik könnte also die Sternennavigation für Drohnen in Zukunft sogar am Tage oder bei bedecktem Himmel ermöglichen. (agr@ct.de)

**Publikationen der Forscher:** [ct.de/yfcp](https://ct.de/yfcp)



Bild: University of South Australia

**Der Aufbau für die Sternennavigation besteht aus einem Raspi 5, einer USB-Kamera und einem Weitwinkelobjektiv. Zusammen mit einer 3D-gedruckten Halterung hat diese Nutzlast weniger als 190 Gramm.**

## E-Tattoo zeichnet Hirnströme auf

Mit einem EEG (Elektroenzephalogramm) messen Neurologen die Hirnströme. Forscher der University of Texas in Austin haben nun ein sogenanntes E-Tattoo entwickelt, das ein Roboterarm im 3D-Druck individuell herstellt. Bestehend aus einem



Bild: University of Texas

**Ein Roboter sprüht das E-Tattoo direkt auf die Kopfhaut.**

Mix verschiedener Polymere, zum Teil elektrisch leitfähig, **sprüht der Roboter Elektroden direkt auf die Kopfhaut** und auch die Leitungen, die zu Anschlüssen im Nacken führen.

„Wir hoffen, dass unsere Technik hilft, Langzeit-EEGs zu erleichtern“, sagt Projektleiterin Nanshu Lu. Über medizinische Messungen hinaus könnten die E-Tattos auch als Hirn-Computer-Schnittstelle dienen. Menschen mit Bewegungseinschränkungen könnten damit beispielsweise über ihre Gedanken einen Rollstuhl steuern. In weiteren Versuchen wollen Lu und ihr Team die Robustheit und Haftung von Elektroden und Leitungen verbessern, sodass Patienten sie auch beim Schlafen nicht beschädigen. Zudem arbeiten sie an einer Erweiterung, mit der der Roboter E-Tattos auch durch lange Haare hindurch auf die Kopfhaut auftragen kann. (agr@ct.de)

## Sprach-KI erkennt Suizidgefahr

Das große Sprachmodell (Large Language Model, LLM) Llama-2 kann lebensmüde Patienten identifizieren, wie Forscher der TU Dresden und des Uniklinikums Carl Gustav Carus in Dresden gezeigt haben. Das **LLM analysierte freie Texte aus den Aufnahmedokumenten** und Gesprächsprotokollen von 100 Patienten. Im Prompt gaben die Forscher zudem bis zu drei typische Beispiele für die Vorgeschichte suizidgefährdeter Menschen. In der Konfiguration mit den meisten Beispielen deckte sich die Einschätzung des LLM zu 87,5 Prozent mit der von betreuenden Psychotherapeuten. Aus Datenschutzgründen entpersonalisierten die Forscher die elektronischen Gesundheitsakten und nutzten Llama.cpp auf einem lokalen Server. (agr@ct.de)

(agr@ct.de)



NEU!

# Du hast das Zeug zum Lokalhelden!

Sei dabei und zeige dein Unternehmen auf **gewusst-wo.de**.

Dort erreichst du zusätzliche Kundengruppen. Deine lokale Heldenschaft wächst.

Mehr Heldeninfos auf [gewusst-wo.de/werben](https://gewusst-wo.de/werben) oder ruf uns an unter 0511 5352 999.



Schau mal hier.  
Überall.  
Ganz nah.



**gewusstwo**  
Das Beste. Ganz nah.



# Schiefe Töne

## Denon, Marantz und B&W mit ungewisser Zukunft

**Nicht nur für die Consumer-Audio-Sparte von Masimo, zu der Marken wie Bowers & Wilkins und Polk Audio gehören, sieht es nach wiederholt roten Zahlen recht düster aus. Für die ganze Heimkinobranche ist die Lage aktuell wenig erfreulich.**

Von Nico Jurrán

Rund fünf Jahre ist es her, dass das durch seine Marken Denon und Marantz bekannte Unternehmen Sound United überlegte, den Consumer-Audio-Bereich der damals in Insolvenz geratenen Onkyo Corporation zu übernehmen. Nun steckt Sound United, mittlerweile eine Sparte des Konzerns Masimo, selbst in der Bredouille.

So wies der Finanzbericht zum dritten Quartal 2024 für den Zweig einen Nettoverlust von 12,9 Millionen US-Dollar für die abgelaufenen drei Monate und von 31,3 Millionen US-Dollar seit Jahresbeginn 2024 aus. In den ersten neun Monaten 2023 lag der Nettoverlust noch bei 21,2 Millionen. Die Ergebnisse stehen im starken Kontrast zu den durchweg positiven Zahlen in Masimos Kernbereich Medizintechnik.

Als Optionen für die Zukunft von Sound United nennt Masimo nun unter anderem die Ausgliederung des Consumer-Geschäfts in eine neue Aktiengesellschaft und dessen vollständigen Verkauf. Aus Meldungen an die US-Börsenaufsichtsbehörde SEC ergibt sich zudem, dass es im Sommer Verhandlungen mit einer nicht genannten Partei gab, die im Rahmen eines Joint Ventures für 850 bis 950 Millionen US-Dollar in bar und schuldenfrei einen Anteil am Consumer-Geschäft erwerben wollte. Zudem sollen separat

unaufgeforderte Anfragen potenzieller, ebenfalls nicht namentlich genannter Käufer für das Consumer-Audio-Geschäft eingegangen sein.

### Schreiben an die Händler

Für Irritationen sorgte die Aussage des Vorstands, die Sparte im Zweifel „nicht fortzuführen“. In einem Schreiben an Vertragshändler erklärte Vice President EU Commercial Operations Jason Dear daraufhin, dies spiegele „lediglich eine buchhalterische Anpassung im Zusammenhang mit der Einbeziehung des Consumer-Geschäfts in den Gesamtabschluss von Masimo wider“, habe aber „keinen Einfluss auf das Tagesgeschäft des Consumer-Audio-Geschäfts, unsere Produkte oder unser Serviceniveau.“

Außen vor ließ Dear, dass der Konzern seine Büros in Frankreich, Finnland, der Schweiz und auch Deutschland geschlossen hat beziehungsweise schließt. Darüber äußerten Händler gegenüber c't ebenso ihren Unmut wie über den Umstand, dass mit Roland Krüger der aktuelle Manager der Produktlinie Electronics rund um Denon, Marantz und Classé Audio zum 31. Dezember Masimo verlässt. Krüger war das Gesicht der Marken auf Messen und anderen Veranstaltungen sowie Gesprächspartner und Präsentator in Webinaren und zahlreichen Social-Media-Videos von Händlern und Influencern.

**Für die AV-Receiver seiner Marke Denon ruft Masimo Listenpreise von bis zu 7000 Euro auf.**

### Wie geht es weiter?

Ganz allgemein stellt sich die Frage, wie sich künftig mit AV-Receiver noch Geld verdienen lässt. Nach den goldenen Jahren, in denen visuelle Weiterentwicklungen wie 4K/UHD, HDR10 und Dolby Vision sowie 3D-Soundformate wie Dolby Atmos, DTS:X und Auro-3D die Verkäufe antrieben, mangelt es im Heimkinosegment mittlerweile an echten Kaufanreizen.

So lassen sich die jüngsten Neuheiten wie DTS:X bei Disney+ (siehe c't 16/2024, S. 100) auch mit älteren AV-Receiver nutzen oder richten sich (wie 4K mit variablen Bildwiederholraten) an eine so spitze Zielgruppe, dass ein merkbarer Einfluss auf die Verkaufszahlen kaum zu erwarten ist. Die Receiver sind zudem in der Regel so robust, dass sie erst nach Jahrzehnten wegen Verschleiß ausgetauscht werden müssen.

Dolby konzentriert sich mit „Flex-Connect“ aktuell lieber auf eine neue Technik, die es ermöglicht, einen oder mehrere Lautsprecher überall im Wohnraum zu platzieren und richtet sich damit eher an Durchschnittskonsumenten als an Heimcineasten, für die die korrekte Aufstellung der Boxen der heilige Gral ist.

AV-Receiver-Hersteller bieten zwar üblicherweise auch vernetzte Lautsprecher und Soundbars an, treffen dabei aber auf viel Konkurrenz. Gerade bei Soundbars greifen viele Kunden eher zu Geräten von TV-Herstellern, da diese im Design und in der Bedienung auf die Fernseher der jeweiligen Marke abgestimmt sind. Insofern richten sich die Augen nun auch auf Yamaha sowie auf die Premium Audio Company, die im September 2021 mittels ihres Joint Ventures mit Sharp die Marken Onkyo und Integra erworben und eine Lizenz- und Vertriebsvereinbarung mit der Pioneer Corporation geschlossen hatte.

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



## Auszeichnungen für deutschsprachige Spiele

**Bei der Vergabe des diesjährigen Deutschen Entwicklerpreises konnte das Survival-Rollenspiel Enshrouded gleich mehrere Preise einheimen.**

Beim Deutschen Entwicklerpreis 2024 kürte eine Jury aus 160 Branchenfachleuten das Survival-Rollenspiel Enshrouded zum besten deutschen Spiel des Jahres. Dessen Entwickler, das Frankfurter Studio Keen Games, sicherte sich außerdem die Titel „Studio des Jahres“, „Bestes Gamedesign“ und „Beste technische Leistung“. Einen Preis weniger gab es für Osmotic Games und das Spiel „Closer the Distance“. Das hat demnach das „Beste Audiodesign“ und die „Beste Story“, zudem erhielt es den „Innovationspreis“.

Der Deutsche Entwicklerpreis wird seit 2004 vergeben und vom Land NRW sowie der Stadt Köln gefördert. Anders als der Deutsche Computerspielpreis ist er undotiert und richtet sich an Studios aus dem deutschsprachigen Raum, also aus Deutschland, Österreich und der Schweiz. Bei der Wahl der Preisträger stehen nicht der kommerzielle Erfolg im Vordergrund, sondern neue Spielideen, technische

Innovationen und spielerische Qualität in Videospielen. Die Jury besteht aus Personen aus der deutschsprachigen Games-Branche aus den Bereichen Programmierung, Grafik, Game Design, Sound Design, Journalismus und Marketing/PR.

In der offenen Spielwelt von **Enshrouded** kämpft man allein oder in einer Gruppe mit Schwert, Pfeil und Bogen gegen Untote, errichtet Behausungen und meistert Herausforderungen (Video siehe [ct.de/yca2](https://ct.de/yca2)). In **Closer the Distance** dreht sich alles um die Trauerbewältigung nach einem tödlichen Autounfall: Ein junges Mädchen stirbt und seine Liebsten müssen mit ihrer Trauer zurechtkommen. Aufgabe im Spiel ist es, zu helfen und Mut zu machen.

Weitere Auszeichnungen gab es für **Dungeons of Hinterberg** als „Bestes Indie Game“, **CubeQuest – A QB Game** als „Bestes Casual Game“ und **Vampire Therapist** als „Bestes Game Beyond Entertainment“. Die „Beste Grafik“ gibt es den Fachleuten zufolge in diesem Jahr bei **Harold Halibut**. (Martin Holland/lmd@ct.de)

**Spielevideos:** [ct.de/yca2](https://ct.de/yca2)

**Die Spielatmosphäre der Fantasy-Welt mit ihrem tödlichen Nebel, dem Miasma, hat viele überzeugt. Jetzt kürte die Jury Enshrouded zum besten Deutschen Spiel.**



### Kurz & knapp

Neu bei c't zockt: In unserem Indie-Gaming-Kanal auf YouTube haben wir **IfSunSets** angespielt (Video siehe [ct.de/yca2](https://ct.de/yca2)). Im Survi-



val-Rollenspiel von Polymorph sammeln wir tagsüber Ressourcen, bauen eine sichere Basis und müssen nachts bedrohliche Monster abwehren.

Valves **Steam-Link-App** gibt es jetzt auch für **Raspberry Pi OS Bookworm**. Laut Ankündigung kann Steam Link Spiele von einem Gaming-PC nun auf einen Raspberry Pi 5 mit H.264 bei 1080p und bis zu 144 fps streamen. Mit HEVC-Codec sind 4K mit bis zu 60 fps drin und bei 1080p bis zu 240 fps.

NACH  
UNS  
DIE  
SYN-  
FLOOD



## Algorithmen zum Anschauen

[mszula.github.io/visual-sorting](https://mszula.github.io/visual-sorting)

Quick Sort, Bubble Sort, Merge Sort, jedes Sortierverfahren hat seine speziellen Vor- und Nachteile. Die jeweiligen Besonderheiten von 19 Sortieralgorithmen visualisiert der polnische Programmierer Mateusz Szuła auf seiner Website **Visual Sorting**. Während man beim Sortiervorgang zusieht, erschließt sich der individuelle Charme jedes Verfahrens unmittelbar.



Die zu sortierenden Werte stellt die Site als verschieden lange Säulen dar, die nach und nach ihren Platz wechseln. Der Besucher kann unterschiedliche, auch nicht zufällige Ausgangssituationen auswählen, was zusätzlich das Verständnis für die demonstrierten Algorithmen fördert. Die Zahl der Säulen sowie die Geschwindigkeit der Animation lassen sich per Schieberegler einstellen. Nach einem Klick auf Start beginnt die ebenso lehrreiche wie unterhaltsame Visualisierung des Sortiervorgangs.

(dwi@ct.de)

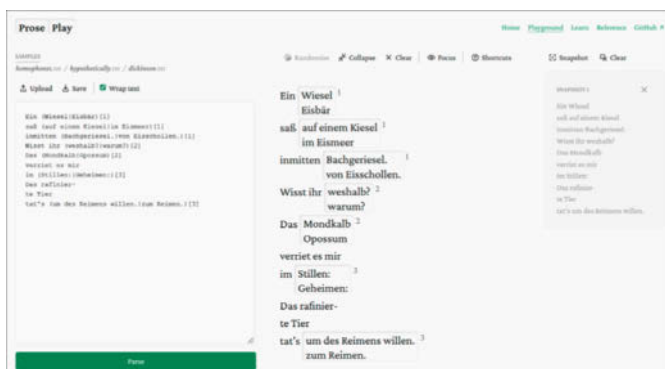
## Mit Gedichten spielen

[proseplay.net](https://proseplay.net)

[github.com/proseplay/proseplay](https://github.com/proseplay/proseplay)

Katherine Yang, die Frau hinter der englischsprachigen Website **Prose Play**, beschreibt ihre Site als „poetisches Werkzeug“. Im Playground verfasst man in einer einfachen Auszeichnungssprache Texte mit alternativen Abschnitten; drei Beispiele vermitteln eine erste Idee davon, wie das geht. In einem mit „Learn“ gekennzeichneten Bereich finden sich ausführliche Erklärungen.

Für den Screenshot zur Site erweiterten wir Christian Morgensterns Gedicht „Das ästhetische Wiesel“ um zusätzlichen



Text. Das Gedicht, dessen Anfang im Original „Ein Wiesel/saß auf einem Kiesel“ lautet, begann danach so:

Ein (Wiesel|Eisbär)

saß (auf einem Kiesel|im Eismeer)

Sobald der eigene Text vollständig ins Editorfenster getippt ist, klickt man auf die Parse-Schaltfläche. Das fertige Gedicht erscheint daraufhin im Ausgabefenster, wahlweise sind dabei alle Varianten oder nur je eine Textalternative sichtbar. In der Einzelansicht wird nach jedem Klick auf die Random-Schaltfläche für jede variable Textstelle eine der Alternativen gesetzt, immer wieder neu.

Den Code zu ihrer Website hat Yang **auf Github** veröffentlicht. Morgenstern hätte an Prose Play sicher seinen Spaß gehabt.

(dwi@ct.de)

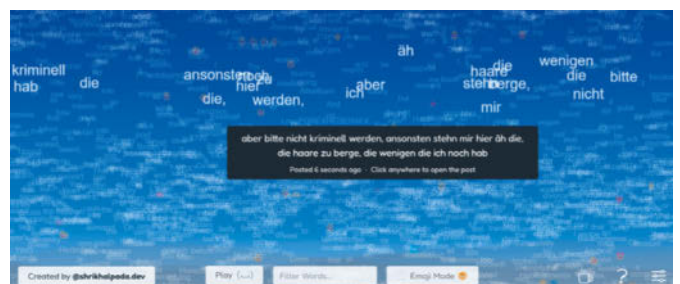
## Endloser Nachrichtenstrom

[simone.computer/bluerain](https://simone.computer/bluerain)

[fallingposts.com](https://fallingposts.com)

[firesky.tv](https://firesky.tv)

Die Plattform Bluesky, eine von mehreren Twitter/X-Alternativen, hat derzeit viel Zulauf (siehe c't 28/2024, S. 38). Der Nachrichtendienst hat sich Offenheit auf die Fahnen geschrieben und stellt alle seine Daten über das öffentliche AT-Protokoll zur Verfügung. Aus der „Firehose“ sprühen alle auf Bluesky veröffentlichten Posts.



Diese Datenquelle inspiriert offenbar viele Webprogrammierer. **Bluerain** heißt die Site des Informatikers Simone, Nickname syx, aus Italien. Zeichen und Emojis regnen auf seiner Site im Matrix-Style von oben herab. Besucher können das muntere Treiben allerdings nur anschauen. **Falling Posts** nennt der Musiker und Programmierer Shri Khalpada sein Projekt, das ebenfalls den Traffic auf Bluesky visualisiert. Auf dieser Website kann man die Ansicht des Nachrichtenstroms per Pausetaste stoppen, einzelne Posts anschauen und anklicken, um zu Bluesky zu wechseln. Die Website **Firesky** präsentiert Posts als waagerechte Texte untereinander. Nachrichten lassen sich auf dieser Site nach Stichwörtern filtern. Mit einem Klick auf einen der Treffer gelangt man zum Original-Post.

(dwi@ct.de)

Diese Seite mit klickbaren Links: [ct.de/y5vz](https://ct.de/y5vz)



# Softwareentwicklung revolutionieren mit KI

GitHub Copilot, OpenAI & Co. – KI-Werkzeuge für produktives Coding

Als Einführung in die Welt des AI-gestützten Codings liefert unser Experte Rainer Stropek einen umfassenden Überblick zu den Marktführern GitHub Copilot und OpenAI sowie aktuellen Herausforderern, etwa Cursor AI und Anthropic.

5 Tage  
geballtes  
Wissen



> Jetzt Tickets sichern unter [heise-academy.de](https://heise-academy.de)





# Zugeknüpft

## E.ON bekommt Fehler im Kundenkonto nicht in den Griff

**Versicherung, Energie, Telekommunikation: Ohne Zugriff auf ein Vertragskonto geht heutzutage bei den wichtigsten Versorgungsunternehmen so gut wie nix. Umso ärgerlicher, wenn ein Datenbankfehler zur Blockade führt und der Kundenservice unfähig ist, das Problem zu lösen.**

Von Tim Gerber

**R**egelmäßiger Lieferantenwechsel bei Energie gehört heute zum Alltag, weil die Unternehmen Bestandskunden systematisch benachteiligen. So wechselte auch Karsten B. seit Jahren regelmäßig zwischen verschiedenen Anbietern, darunter auch ab und an zu E.ON. Der Energieriese ist in seiner westfälischen Heimatstadt auch Grundversorger für Strom und Gas.

Am 4. November schloss Karsten B. online einen Vertrag für die Belieferung mit beiden Energiearten am Beginn des

neuen Jahres und erhielt bereits am kommenden Tag die Nachricht per E-Mail: „In Ihrer Postbox im Serviceportal Mein E.ON finden Sie ab sofort alle Unterlagen zu Ihrem Energieauftrag“.

### **Unerreichbar**

Dumm nur, dass diese Postbox für den Kunden nicht erreichbar war. „Zugriff auf die Seite nicht möglich“, hieß es nichts-sagend. Darunter ein Link zu einer E-Mail, an die man sich wenden sollte, wenn man genauere Informationen benötigte.

Und genau die benötigte Karsten B. in der Tat. Das Problem kannte er schon aus dem Jahr 2022 und da der Versorger es nicht lösen konnte oder wollte, hatte der Kunde ihm bereits damals den Rücken gekehrt.

Nun hatte er gehofft, mit einem neuen Vertrag nicht wieder dasselbe Problem zu bekommen. Doch da hatte er die Rechnung ohne E.ON gemacht. Alle seine Versuche, einen neuen Zugang für den neuen Vertrag anzulegen, scheiterten mit derselben Fehlermeldung. Da das Problem auch von der Telefonhotline nicht gelöst werden konnte, wandte sich Karsten B. am 11. November per E-Mail an den Support, hängte einen Screenshot an und bat erneut darum, den Fehler bis zum 15. November zu beheben, da er andernfalls nicht Kunde sein könne und wolle.

Am folgenden Tag kündigte E.ON per E-Mail an, dass es wegen zahlreicher Anfragen zu einer Verzögerung in der Bearbeitung kommen könne. Eine Antwort auf seine Anfrage solle er voraussichtlich bis zum 18. November erhalten. Der Kunde möge bis dahin darauf verzichten, sich nochmals zu melden. Er könne sicher sein, dass ihm durch die längere Bearbeitungszeit keinerlei Nachteile entstünden. Wenn er nicht warten möchte, könne er ja das Serviceportal „Mein E.ON“ nutzen, hieß es. Aber genau das konnte der Kunde eben nicht.

Aber auch zum versprochenen Termin kam keine Rückmeldung von E.ON. Deshalb schrieb Karsten B. am 18. November eine weitere E-Mail mit der Anforderung, sein Kundenkonto nunmehr bis zum 25. November freizuschalten. Wieder fügte er den Screenshot bei und wies darauf hin, dass der Fehler unabhängig vom verwendeten Browser oder der App auf dem Smartphone erscheine. Am besten wäre es wohl, wenn E.ON seinen bisherigen Kunden-Account vollständig löschen würde, damit er sich einen neuen anlegen könne, schlug der Kunde pragmatisch vor.

Aber auch darauf reagierte das Unternehmen nicht. Am 2. Dezember wandte sich der langjährige Leser an c't und schilderte uns den Vorgang. Wir fragten am 4. Dezember bei der Pressestelle des Energiekonzerns und baten um Auskunft, woran der Zugriff des Kunden scheitert, warum er keine Antworten bekommt und was in solchen Fällen zu tun ist, damit

**Da der Fehler des Kundenkontos im internen System von E.ON nicht nachvollziehbar ist, bekommt der Kunde auch keinen Support und Abhilfe ist kaum in Sicht.**

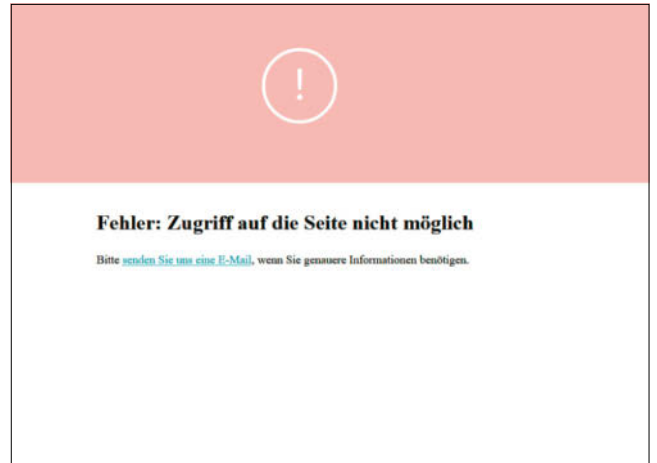


Bild: Karsten B.

Kunden ihren Zugang wieder freischalten lassen können.

### Etwas länger

Eine Unternehmenssprecherin vermeldete darauf am 6. Dezember, dass man den Kunden inzwischen telefonisch „beim Zugang zu seinem Kundenkonto in ‚Mein E.ON‘ Schritt für Schritt begleitet“ habe und er nun wieder ohne Probleme darauf zugreifen könne. Generell würden die Mitarbeiter im Kundenservice gerne weiterhelfen. Dass dies im Falle von Karsten B. länger gedauert habe, bitte man zu entschuldigen.

Karsten B. bestätigte, dass sich die Leiterin des Kundendienstes telefonisch bei ihm gemeldet habe. Innerhalb einer

halben Stunde hätten sie gemeinsam das Problem lösen können, sodass er nun Zugriff auf seinen Vertragsaccount habe. Ursache sei eine falsche Zusammenführung seiner Verträge bei E.ON gewesen. Den Kundendienstmitarbeitern sei jedoch immer ein korrekter Login seinerseits angezeigt worden. Aus diesem Grund seien wohl keine weitergehenden Nachforschungen erfolgt.

Der Fall von Karsten B. zeigt jedoch, dass der Energiekonzern offenbar sowohl technische als auch organisatorische Probleme beim Kundensupport hat. Ein effizientes Einschreiten technisch versierter Mitarbeiter wird durch die Organisation konsequent verhindert, egal wie oft sich ein Kunde beschwert. Regelmäßig tauchen deshalb in dieser Rubrik solche gespensterhaften Fälle genau dieses Unternehmens auf. (tig@ct.de) **ct**

**VORSICHT KUNDE!**

## 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](mailto:vorsichtkunde@ct.de).



# Eine Extrapor- tion Sicherheit

Die c't-Security-Checklisten 2025



<b>Eine Extraportion Sicherheit</b> .....	<b>Seite 56</b>	<b>Browser</b> .....	<b>Seite 65</b>
<b>Mobiles Arbeiten</b> .....	<b>Seite 58</b>	<b>Online-Betrug</b> .....	<b>Seite 66</b>
<b>Windows</b> .....	<b>Seite 59</b>	<b>Social Media</b> .....	<b>Seite 67</b>
<b>Smartphone</b> .....	<b>Seite 60</b>	<b>Online-Banking</b> .....	<b>Seite 68</b>
<b>WLAN-Router</b> .....	<b>Seite 61</b>	<b>Backups</b> .....	<b>Seite 69</b>
<b>E-Mail</b> .....	<b>Seite 62</b>	<b>Server &amp; Hosting</b> .....	<b>Seite 70</b>
<b>KI-Sprachmodelle</b> .....	<b>Seite 63</b>	<b>Passwörter &amp; Konten</b> .....	<b>Seite 71</b>
<b>Messenger</b> .....	<b>Seite 64</b>		

## IT-Sicherheit muss nicht kompliziert sein: Mit unseren sorgfältig ausgesuchten Tipps & Tricks sichern Sie Smartphone, Router, Computer und vieles mehr ab. Die Sicherheitsmaßnahmen nehmen nur wenige Minuten in Anspruch und sind einfach durchzuführen.

Von Wilhelm Drehling

**D**as Verbrechen schläft nicht, vor allem im Internet. Die Angriffe von Online-Betrügern laufen heutzutage nicht selten vollautomatisiert ab. Bots interessiert es nicht, ob sie ein gigantisches Unternehmen angreifen oder Privatpersonen, die versäumt haben, ihre Zugänge mit einem zweiten Faktor abzusichern. „Es wird mich schon nicht treffen“ ist hierbei eine ganz schlechte Ausrede. Mit unseren Checklisten brauchen Sie die nicht, denn unsere Tipps setzen Sie im Handumdrehen um und sind auf der sicheren Seite. Verlieren Sie also keine Zeit und fangen Sie am besten gleich an.

### Neu: Schutz vor Online-Betrug

Da die Anzahl der Geräte, Apps und Konten immer größer wird, gibt es einen Haufen von Einfallstoren, die böswillige Dritte ausnutzen können. Deshalb haben wir wie schon die letzten Jahre unsere Security-Checklisten aktualisiert und auf die aktuelle Bedrohungslage angepasst. Darum finden Sie auf Seite 66 eine völlig neue Checkliste, die sich mit dem Schutz vor Online-Betrug auseinandersetzt.

Betrüger denken sich stetig neue Maschinen aus und üben nicht selten viel Druck aus, um Ihnen Geld abzuknöpfen. Dabei ist kein Kanal geschützt: SMS (siehe Bild), Mail, Social Media oder Messenger-Apps wie WhatsApp & Co. Bleiben Sie daher bei unbekanntem Kontakten immer skeptisch und kontaktieren Sie über sichere Drittkanäle Verwandte, wenn sich jemand als sie ausgibt. Mehr Tipps dazu lesen Sie in den Checklisten Social Media (S. 67), Messenger (S. 64), Browser (S. 65) und E-Mail (S. 62).

### Frisch aktualisiert

Die restlichen Checklisten dürften Sie als erfahrener c't-Leser vermutlich kennen, trotzdem empfehlen wir Ihnen die Lektüre, um auch wirklich alle Einfallstore zu schließen, denn auch dort gibt es Neuerungen. Damit Sie sich gut zurechtfinden, haben wir die Checklisten chronologisch aufgebaut, angefangen mit Tipps & Tricks



**Seien Sie auf der Hut bei Nachrichten, die zum Kontakt mit anderen Nummern auffordern. Betrüger versuchen nicht selten, Ihre Skepsis über die emotionale Schiene auszutricksen. Kontaktieren Sie daher zur Sicherheit über Zweitkanäle Familie und Verwandte, um die Herkunft der SMS zu bestätigen.**

rund um den digitalen Arbeitsplatz (S. 58), gefolgt von Windows (S. 59), Smartphone (S. 60) und WLAN-Router (S. 61).

Als Nächstes erwartet Sie eine Liste zum Umgang mit KI-Sprachmodellen wie ChatGPT (S. 63), die ebenfalls kürzlich erst dazugekommen ist. Bei all dem Hype darf man nicht vergessen, was für hungrige Datenmonster Chatmodelle sind: Viele verschlingen sämtliche Eingaben und trainieren sich damit weiter. Bleiben Sie also achtsam, welche privaten Daten Sie einer KI anvertrauen.

Ganz besonders haben es Betrüger auf Ihre Zugänge zu Banking-Konten (S. 68) abgesehen. Häufig läuft das über raffinierte Phishing-Versuche via Mail (S. 62) ab. Hierbei versuchen Angreifer das Opfer auf eine täuschend echt aussehende Webseite der Bank zu locken und beim Login-Versuch die Anmeldedaten abzugreifen. Benutzen Sie immer den zweiten Faktor und checken Sie genau, was Sie gerade freigeben. Prüfen Sie auch am besten Ihre Online-Accounts bei Google, Microsoft & Co. (S. 71), ob Sie hier einen zweiten Faktor einrichten können. Noch resistenter gegen Phishing oder Leaks sind Sie etwa mit Passkeys [1].

Sollten Sie zudem einen eigenen Server betreiben, ist die Checkliste auf Seite 70 einen Besuch wert. Stellen Sie sicher, dass der Server immer auf dem aktuellen Stand ist und verwenden Sie fürs Einloggen das sichere SSH-Verfahren mit dem Public-Key-Verfahren. Schützenswerte Daten sollten Sie zusätzlich in Form eines Backups aufbewahren (S. 69) – das gilt auch für private Urlaubsbilder oder wichtige Unterlagen wie eine Steuererklärung.

### Weitergeben als Gratis-PDF

Damit sich unsere Tipps möglichst weit herumsprechen, haben wir alle Checklisten in voller Länge in einem kostenfreien PDF-Booklet zusammengefasst. Dieses können Sie über [ct.de/check2025](https://ct.de/check2025) herunterladen und dann nach Belieben an Freunde, Familie und Bekannte verteilen. Und nun ran ans Werk! ([wid@ct.de](mailto:wid@ct.de)) **ct**

### Literatur

- [1] Ronald Eikenberg, Zukunft ohne Passwort, Bestandsaufnahme: Passwort-Nachfolger Passkeys, c't 13/2023, S. 12

**PDF-Booklet kostenfrei herunterladen:**  
[ct.de/check2025](https://ct.de/check2025)

# Home und Office

## Security-Checkliste für die Heimarbeit

Die Arbeit hat sich vom Platz im Büro entkoppelt. Viele arbeiten zu Hause oder im Zug – und manche gleich dort, wo andere Urlaub machen. Auch Angreifer gefällt das, denn die externen Arbeitsplätze sind eine potenzielle Schwachstelle im Unternehmensnetz.

Von Andrea Trinkwalder

### Arbeitsplatz abschirmen

Sichern Sie Ihren Homeoffice-Rechner und alle mobilen Arbeitsgeräte nach dem Stand der Technik. Dazu zählen regelmäßige Betriebssystemupdates und ein Virenschanner (siehe Artikel „Security-Checkliste Windows“ auf S. 59). Denn ein eingefangener Virus kann die gesamte Firma lahmlegen. Greifen Sie aus dem Homeoffice und unterwegs über eine verschlüsselte VPN-Verbindung auf das Firmennetz zu. Nutzen Sie statt öffentlichen WLAN-Hotspots eine mobile Datenverbindung.

Schützen Sie Ihre Geräte und Daten auch vor direkten, physischen Zugriffen. Ein Dieb, der Ihr Notebook geklaut hat, darf nicht auch noch Ihre Daten erbeuten. Bei mobilen Rechnern sollte der Massenspeicher daher verschlüsselt sein, zum Beispiel mit BitLocker oder VeraCrypt. Das gilt auch für alle externen Datenträger. Defekte Speichermedien entsorgen Sie nicht selbst, sondern über die Firma. Denn die muss sicherstellen, dass sensible Informationen verlässlich gelöscht werden.

Aktivieren Sie Ortungs- und Fernlöschfunktionen. Suchen Sie sich unterwegs zum Arbeiten einen Platz, der vor neugierigen Blicken schützt. Richten Sie eine passwortgeschützte Bildschirmsperre ein und nutzen Sie diese konsequent, auch wenn Sie den Rechner „nur ganz kurz“ aus den Augen lassen (unter Windows mit Windows+L). Am besten ist ein passwortgeschützter Bildschirmschoner, der sich nach kurzer Inaktivität automatisch einschaltet.

### Daten trennen

Wenn Sie Ihren privaten Rechner für die Arbeit im Homeoffice nutzen, dann rich-

ten Sie hierfür ein eigenes Nutzerkonto ein. So bleibt Privates privat. Umgekehrt gilt: Firmendaten haben im Privatkonto nichts verloren. Greifen Sie auch auf Ihre privat genutzten Cloudkonten wie Dropbox, OneDrive oder Google Drive nicht vom Arbeitskonto aus zu.

Um auf dem Smartphone berufliche von privaten Kontakten zu separieren, arbeiten Sie ebenfalls mit zusätzlichen Nutzerkonten, sofern das auf Ihrem Betriebssystem möglich ist.

### Verlust vermeiden

Speichern Sie wichtige, beruflich genutzte Dokumente und Daten nicht lokal auf Ihrem Rechner, Notebook oder Tablet, sondern möglichst auf dem Firmenserver. Das ist nicht nur sicherer, sondern vor allem beim hybriden Arbeiten deutlich komfortabler. Denn dort werden automatisch Backups angelegt und Sie haben gleich alles parat, wenn Sie vom Home- ins Firmen-Office wechseln.

Falls Daten doch mal lokal gespeichert werden müssen, richten Sie zumindest automatisches Synchronisieren per Backupsoftware ein. Verzichten Sie möglichst darauf, Dokumente auf USB-Sticks und externen Platten hin- und herzutragen.

### Konferenzen kontrollieren

Virenschutz hin, Firewall her: Die größte Schwachstelle in der Firmen-IT ist immer noch der Mensch. Im Homeoffice stehen Ihnen Gesprächspartner selten gegenüber. Videochat-Teilnehmer ohne Kamera können Kollegen sein, aber auch Angreifer,



Bild: KI, Collage ct


die mitlauschen wollen. Fordern Sie die Kollegen zunächst auf, die Kamera zu aktivieren und starten Sie das Meeting neu, wenn die Geisterbilder nicht verschwinden.

Übrigens: Die beliebten Screenshots von Videokonferenzen können wertvolle Informationen für Angreifer enthalten, um sich entweder direkt ins nächste Meeting einzuklinken oder Phishing-Attacken vorzubereiten. Wenn Sie beispielsweise unbedingt Fotos vom letzten Meeting veröffentlichen müssen, machen Sie vorher sensible Daten wie URLs, Meeting-IDs sowie die Gesichter der Teilnehmer unkenntlich.

### Anrufe hinterfragen

Nicht alles läuft auf Anhieb perfekt. Bleiben Sie auch aus der Ferne in Kontakt mit den Admins Ihrer Firma und erstellen Sie beizeiten eine Liste mit wichtigen Ansprechpartnern für den Notfall.

Anrufen und Mails sollten Sie grundsätzlich skeptisch gegenüberstehen, denn Caller-IDs und Absendernamen können gefälscht sein. Meldet sich etwa vermeintlich Ihr Lieblings-Admin, ein Geschäftspartner oder der Chef telefonisch bei Ihnen, sollten Sie keine sensiblen Daten preisgeben und sich schon gar nicht auf eine Fernwartung einlassen.

Selbst den vertrauten Stimmen und Gesichtern müssen Sie zunehmend mit Skepsis begegnen, denn sie lassen sich immer besser synthetisch nachahmen. Rufen Sie die Person, die angeblich angerufen hat, beim leisesten Zweifel lieber unter der bekannten – nicht der angezeigten – Rufnummer zurück und klären Sie den Sachverhalt direkt. (atr@ct.de) 



# Fenster abschließen

## Security-Checkliste Windows

**Auf Windows haben es Hacker besonders häufig abgesehen, schlicht, weil es so verbreitet ist. Die gute Nachricht ist, dass Sie sich mit Bordmitteln vor den meisten Angriffen schützen können.**

Von Ronald Eikenberg

### Updates installieren

Microsoft liefert regelmäßig Updates, die Sicherheitslücken in Windows schließen. Stellen Sie sicher, dass alle verfügbaren Updates installiert sind und die Update-Installation nicht pausiert wurde. Rufen Sie hierzu „Nach Updates suchen“ über das Suchfeld auf. Klicken Sie anschließend auf den Knopf „Nach Updates suchen“. Falls es neue Aktualisierungen gibt, starten Sie die Installation abschließend mit „Jetzt installieren“.

Erscheint oben im Fenster der Hinweis „Updates wurden bis [Datum] ausgesetzt“, klicken Sie auf „Updates fortsetzen“, damit Windows nach frischen Aktualisierungen sucht. Sorgen Sie dafür, dass Windows auch andere Microsoft-Programme wie Office auf dem aktuellen Stand hält, indem Sie unter „Erweiterte Optionen“ den Schiebeschalter „Updates für andere Microsoft-Produkte erhalten“ aktivieren.

Alte Windows-Versionen versorgt Microsoft nicht mehr mit Sicherheits-Patches, wodurch das Angriffsrisiko steigt. Nutzen Sie daher Windows 10 oder 11 mit dem derzeit aktuellen Funktions-Upgrade. Beachten Sie, dass Windows 10 nur noch bis zum 14. Oktober 2025 von Microsoft mit Sicherheitsupdates versorgt wird. Halten Sie auch Anwendungen wie Browser, Mail-Client, PDF-Viewer und Videoplayer aktuell.

### Daten-GAU vorbeugen

Ihre Daten sind auf der Systemplatte oder -SSD allein auf Dauer nicht gut aufgehoben, da diese jederzeit ausfallen kann. Zudem besteht die Gefahr, dass die Daten

von einem Krypto-Trojaner verschlüsselt werden. Sorgen Sie vor und legen Sie Backups aller wichtigen Daten an. Im einfachsten Fall reicht es, die Daten auf einen USB-Datenträger zu kopieren (siehe Artikel „Security-Checkliste Backups“, S. 69).

### Virenschutz überprüfen

Ein Virenschutzprogramm kann Sie zwar nicht vor allen Gefahren schützen, doch vor vielen. Bei aktuellen Windows-Versionen ist der Windows Defender vorinstalliert, der einen ausreichenden Schutz bietet. Etwaige Testversionen anderer Virenschutzprodukte sollten Sie entfernen. Stellen Sie sicher, dass der Defender aktiv und mit aktuellen Signaturen versorgt ist. Um die Signaturen zu checken, rufen Sie den „Viren- und Bedrohungsschutz“ über das Suchfeld auf. Anschließend klicken Sie unter „Updates für Viren- und Bedrohungsschutz“ auf „Schutzupdates“ und im nächsten Dialog auf „Nach Updates suchen“.

Noch mehr Schutz bietet die Windows-11-Funktion „Smart App Control“ [1]. Ist sie aktiv, führt Windows nur noch Programme aus, die Microsoft für unbedenklich hält. Auch diese Funktion erreichen Sie über das Suchfeld.

### Zugriffsschutz aktivieren

Ihr Rechner muss nicht nur vor Angriffen aus dem Internet geschützt werden, sondern auch vor physischen Zugriffen, also vor Personen, die sich dem Rechner nähern. Im besten Fall verschlüsseln Sie die Systemplatte oder -SSD mit BitLocker oder VeraCrypt [2]. So sind Ihre Daten – oder die Ihres Arbeitgebers – auch dann



Bild: Ki. Collage ct

noch geschützt, wenn jemand an der Windows-Anmeldung vorbei direkt auf den Datenträger zugreift.

Schützen Sie Ihr Windows-Konto mit einem mindestens zehn Zeichen langen Passwort. Sie müssen es nur selten eingeben, wenn Sie als Anmeldemethode zusätzlich eine mindestens vierstellige, besser längere PIN setzen. Eine solche PIN ist ausreichend sicher, weil Windows nur sehr wenige Fehleingaben zulässt, ehe es die Eingabe verzögert.

Sperrten Sie Ihren Rechner, wenn Sie ihn außer Augen lassen. Das klappt ganz fix mit der Tastenkombination Windows+L. Ein Notebook klappen Sie einfach zu.

### Datenschutz verbessern

Sorgen Sie dafür, dass nicht mehr Daten fließen als nötig: Suchen Sie im Startmenü nach „Einstellungen für Diagnose und Feedback“ und stellen Sie alles aus, was möglich ist. Windows drängt Ihnen bei der Einrichtung das Microsoft-Konto auf, das eng mit der Cloud vernetzt ist. Nutzen Sie besser ein lokales Konto. Trennen Sie hierzu die Internetverbindung während der Windows-Installation. Öffnen Sie die Eingabeaufforderung mit Shift + F10 und geben Sie `oobe\bypassnro` ein. Danach startet die Installation neu und Sie können nach der Länder- und Tastatureinstellung „Ich habe kein Internet“ wählen und ein lokales Konto erstellen. (rei@ct.de) **ct**

### Literatur

- [1] Ronald Eikenberg, Schloss ohne Schlüssel, Die neue Windows-Schutzfunktion Smart App Control, c't 24/2022, S. 28
- [2] Jan Schüßler, Dicht und frei, Windows-Partition mit VeraCrypt verschlüsseln, c't 17/2020, S. 162

# Mobil und sicher

## Security-Checkliste Smartphone

**Android-Smartphones und iPhones beherbergen allerlei wichtige Daten, die nur Sie etwas angehen. Mit ein paar Handgriffen schützen Sie Ihre mobilen Begleiter vor Malware und neugierigen Mitmenschen. Die meisten Tipps gelten auch für Tablets und weitere Mobilgeräte.**

Von Ronald Eikenberg

### Betriebssystem-Updates

Ganz gleich, ob Sie Android oder iOS nutzen: Achten Sie darauf, dass ein möglichst aktuelles Betriebssystem auf dem Gerät installiert ist. Betriebssystemupdates schließen meist Sicherheitslücken. Wer nicht auf dem Laufenden ist, macht es Hackern leichter als nötig. Apple versorgt seine iPhones vorbildlich mit Updates: iOS 18 erschien sogar noch für die 2018er-iPhones XR und XS. Bei Android ist die Lage durchwachsen: Insbesondere bei preiswerten Smartphones versiegt der Update-Fluss oft nach kurzer Zeit, Google-Pixel-Geräte werden indes mit am längsten versorgt.

Ob es ein Update gibt, können Sie in den Einstellungen überprüfen. Suchen Sie dort einfach nach „Update“ oder „Softwareaktualisierung“. Dort können Sie auch die Installation anstoßen. Android-Nutzer erfahren in den Einstellungen auch das von der Android-Version unabhängige Sicherheitspatch-Level, das besagt, von welchem Datum die installierten Sicherheitspatches sind. Falls Sie ein Smartphone einsetzen, um das sich der Hersteller nicht mehr kümmert, sollten Sie mittelfristig über eine Neuanschaffung nachdenken.

### Zugriffsschutz aktivieren

Stellen Sie sicher, dass der Sperrbildschirm eingerichtet ist und ein Passcode zum Entsperren des Smartphones festgelegt ist. Andernfalls kann jeder, dem das Gerät in die Hände fällt, auf Ihre persönlichen Daten zugreifen oder eine Trojaner-App installieren. Der Passcode sollte mindestens sechs Zeichen lang und schwer zu

erraten sein: 1234, 0815 oder Ihr Geburtsdatum sind also tabu.

Die meisten Smartphones lassen sich zusätzlich auch komfortabel per Gesichtsscanner oder Fingerabdruck entsperren. Der Passcode muss dann nur noch selten eingegeben werden. Sie finden die entsprechenden Einstellungen auf dem iPhone unter „Face ID & Code“ (oder „Touch ID & Code“). Bei Android lauten die Stichwörter „Sicherheit“ und „Displaysperre“ sowie „Biometrie & Passwort“.

### Externe Quellen meiden

Installieren Sie Apps am besten nur aus den offiziellen Stores von Apple, Google und den Geräteherstellern. Die Apps werden zumindest bei Apple und Google einem Sicherheitscheck unterzogen. Android-Nutzer, die eine App als APK-Installationspaket installieren möchten, sollten dieses nur direkt vom Entwickler der App beziehen. Stellen Sie unter Android sicher, dass der Cloud-Virenschutz Play Protect aktiv ist. Sie finden ihn im Menü des Play Store. iOS-Nutzer benötigen keinen Virensch scanner.

### App-Berechtigungen


Überprüfen Sie vor dem Installieren und Nutzen einer App genau, welche Rechte sie einfordert und ob es einen nachvollziehbaren Grund für den Zugriff auf wichtige Ressourcen wie Kamera, Mikrofon und Standort gibt. Erteilen Sie den Zugriff nur Apps, denen Sie vertrauen, und nur, wenn Sie die betroffene Funktion der App auch nutzen wollen. iOS-Nutzer können

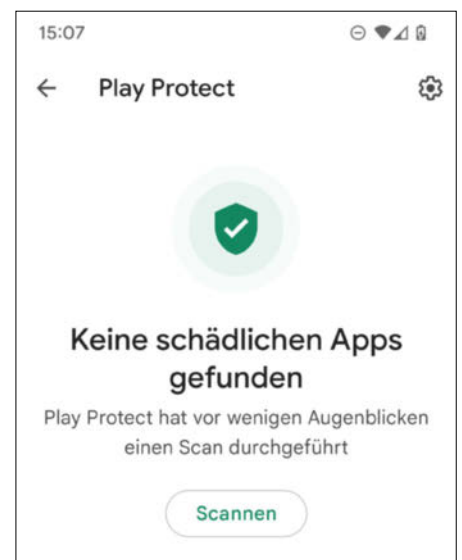


Bild: KI, Collage c't

unter „Einstellungen/Datenschutz“ bereits erteilte Rechte verwalten, Android-Nutzer schauen in den Einstellungen etwa unter „Datenschutz/Berechtigungsverwaltung“. Gehen Sie die Liste aufmerksam durch und entziehen Sie alle Berechtigungen, die Sie nicht für nötig halten.

### Risiko Jailbreak

Durch „Rooting“ (Android) und „Jailbreaking“ (iOS) kann man sich höhere Rechte auf dem Smartphone verschaffen und das System tiefgreifend ändern. Das hebt jedoch auch essenzielle Schutzfunktionen aus, sodass zahlreiche Anwendungen wie Banking-Apps den Start verweigern. (rei@ct.de) 



**Virenschutz frei Haus: Der unter Android meist vorinstallierte Play Store bringt einen einfachen Virenschutz mit.**





# Löchrige Umschläge

## Security-Checkliste E-Mail

**E-Mails sind sicherheitstechnische Katastrophen, aber extrem weit verbreitet. Kein Wunder, dass Kriminelle dieses alte Medium sehr gerne nutzen. Komplette E-Mail-Abstinenz ist für kaum jemanden eine Option, also sollte man die Gefahren kennen.**

Von Sylvester Tremmel

### **Gesunde Skepsis**

Viele Phishing-Mails sind schludrig gemacht und zielen auf besonders leichtgläubige Opfer, aber eben nicht alle. Auch die Mail vom langjährigen Kunden, die mit passender Anrede fehlerfrei formuliert ist und Bezug auf Nachrichten von letzter Woche nimmt, kann gefälscht sein. Angreifer können auch gute Fälschungen weitgehend automatisch erstellen und verschicken. Man muss also keineswegs einer gezielten Attacke ausgesetzt sein und „uns kleine Fische wird es schon nicht treffen“ ist eine ganz schlechte Annahme.

Misstrauen Sie E-Mails daher grundsätzlich. Nicht nur, aber besonders dann, wenn Anhänge oder Geld im Spiel sind, die Mail scheinbar vom Chef oder der Bank kommt oder wenn sie aus anderen Gründen angeblich ganz dringend und wichtig ist. Statt auf Links in einer Mail zu klicken, rufen Sie Websites besser über Ihre eigenen Bookmarks auf. Schlagen Sie auch Telefonnummern nach, statt den Angaben in einer Mail blind zu vertrauen. Ignorieren Sie niemals Sicherheitswarnungen beim Öffnen von Anhängen, ganz egal was die Mail behauptet, und fragen Sie über einen anderen Kanal beim Absender nach, wenn ein Anhang unerwartet oder untypisch ist.

### **Mailclient absichern**

Ihren Mailclient können Sie so einstellen, dass er zumindest ein paar Risiken eliminiert: Das Nachladen externer Inhalte sollten Sie verbieten, was viele Mailprogramme zum Glück standardmäßig tun. Newsletter und so manch andere Mail sehen dadurch weniger schön aus, aber externe Inhalte werden gerne für (Werbe-)

Tracking genutzt und sind auch immer wieder an Sicherheitslücken beteiligt.

Am besten schalten Sie die HTML-Ansicht aus und lassen sich nur die Textansicht anzeigen. Eine Option dafür bieten viele Programme, wenn auch mitunter gut versteckt. Im verbreiteten Client Thunderbird klicken Sie beispielsweise in der Toolbar oberhalb einer Mail auf „Mehr/Nachrichteninhalt/Reintext“. Nur wenn diese Ansicht absolut unleserlich (oder leer) ist und Sie die Mail nicht unbesehen löschen wollen, sollten Sie – mit einer Extraportion Skepsis – auf die HTML-Darstellung ausweichen. Viele Mailclients erlauben, HTML-Inhalte temporär und mit einem Klick in der Mailansicht zu aktivieren. Der Komfortverlust ist dann gering; in Thunderbird rüstet das Add-on „Allow HTML Temp“ (siehe [ct.de/yvzx](http://ct.de/yvzx)) diese Option nach.

### **Verschlüsselung**

Die Verschlüsselung von E-Mails ist ein Trauerspiel, das sich nur sehr langsam bessert. Sofern Sie keinen Mailclient im Browser nutzen, sollten Sie zunächst in den Programmeinstellungen sicherstellen, dass zum Versand und Empfang TLS oder STARTTLS genutzt werden. So wandern Ihre Mails und Passwörter zumindest nicht im Klartext durch das Hotel-WLAN.

Manche Mailprovider erlauben, Mails nur zu versenden, wenn so eine Transportverschlüsselung auch zum Mailserver des Empfängers aufgebaut werden kann. Dann können immerhin nur noch die beteiligten Mailserver mitlesen. Sofern Ihr Anbieter diese empfehlenswerte Option anbietet, finden Sie sie in dessen KontoEinstellungen.

Alle Lauscher aussperren können Sie nur mit Ende-zu-Ende-Verschlüsselung.



Bild: KI, Collage ct

Die ist leider in der Handhabung eher kompliziert und die einschlägigen Standards S/MIME und OpenPGP kämpfen mit diversen Problemen und einer geringen Verbreitung. Wenn Sie sich mit Ihren Korrespondenten auf ein Verfahren einigen können, sollten Sie es aber nutzen: Besser als nichts sind beide Verfahren allemal. Zum Einstieg bietet sich der erwähnte Mailclient Thunderbird an, der eine relativ einsteigerfreundliche OpenPGP-Unterstützung integriert hat (siehe [ct.de/yvzx](http://ct.de/yvzx)).

Als Notlösung bieten manche Provider an, Mails automatisch per OpenPGP oder S/MIME zu verschlüsseln, wenn sie bei ihnen eingehen. Die Nachrichten sind dann immerhin vor fremden Augen sicher, sobald sie Ihr Konto erreicht haben. Um selbiges abzusichern, sollten Sie Zwei-Faktor-Authentifizierung (2FA) nutzen, was die meisten Mailprovider mittlerweile anbieten.

### **Bedachtes Mailen**

Hinterfragen Sie auch beim Versand, wie und wofür Sie E-Mails nutzen. Idealerweise können Sie stattdessen zu einem Messenger greifen (siehe Security-Checkliste Messenger), praktisch alle sind sicherer als E-Mails. Falls es eine Mail sein soll, verschicken Sie besser reine Textmails. Das erspart den Empfängern die Risiken von HTML-Mails und das ist den Verzicht auf Formatierungen wert. Verdächtige Arten von Anhängen wie ausführbare Dateien oder Office-Dokumente mit Makros sollten Sie gar nicht per Mail versenden. Ausführliche Tipps haben wir unter [ct.de/sicher-mailen](http://ct.de/sicher-mailen) aufgeschrieben. (syt@ct.de) **ct**

**Thunderbird-Add-on und -OpenPGP-Doku: [ct.de/yvzx](http://ct.de/yvzx)**

# Reden ist Gold

## Security-Checkliste KI-Sprachmodelle

**Große Sprachmodelle sind allerorten, fassen Texte zusammen, erstellen Präsentationen, beantworten Fragen und vieles mehr. Aber Sie sollten den Systemen weder zu sehr trauen noch ihnen zu viel anvertrauen.**



Bild: KI, Collage ct

Von Sylvester Tremmel

**L**arge Language Models (LLM), also große Sprachmodelle wie zum Beispiel GPT 4, sind der Auslöser für den aktuellen KI-Hype. Oftmals wird an einer Anwendung aber nicht „LLM“ dranstecken, wenn ein Sprachmodell drinsteckt, sondern allgemein „KI“. Wann immer eine Anwendung Texte schreibt, umschreibt oder mit Ihnen chattet, können Sie davon ausgehen, dass Sie es mit einem LLM zu tun haben.

### **Datenschutz beachten**

Wer Sprach-KIs entwickeln will, braucht möglichst viele Trainingsdaten. Um mit der Konkurrenz mithalten zu können, gestatten sich viele Hersteller in den Nutzungsbedingungen, die von Ihnen eingegebenen Texte für das weitere Training zu verwenden. Prüfen Sie die Nutzungsbedingungen also genau und vertrauen Sie einem LLM im Zweifelsfall lieber keine privaten Informationen oder Geschäftsgeheimnisse an.

Das gilt im Prinzip sogar dann, wenn Sie dem Hersteller vertrauen: Denn einmal ins Training eingeflossen, kann es passieren, dass andere Nutzer der Sprach-KI Ihre Daten wieder entlocken. Das ist ein grundsätzliches Problem von LLMs: Mitunter generieren sie keinen neuen Text auf Basis ihrer immensen Trainingsdatensammlung, sondern geben einzelne Informationen oder sogar längere Abschnitte der Trainingsdaten wieder. Die Hersteller wissen um das Problem, haben es aber nicht im Griff. Beispielsweise wies Google seine Mitarbeiter an, keinen Code oder vertrauliche Informationen mit dem eigenen KI-Chatbot zu teilen.

### **Ergebnisse hinterfragen**

Vorsicht müssen Sie auch bei Informationen walten lassen, die aus dem System wieder herauskommen: Im Grunde versuchen KI-Sprachmodelle, Texte sprachlich möglichst plausibel zu vervollständigen, nicht faktisch möglichst korrekt. Sogenannte Halluzinationen, also falsche, mitunter aber sehr plausible Behauptungen, produzieren auch LLMs der aktuellen Generationen. Ob solche Fehler sich je komplett ausschließen lassen, ist ungewiss, obwohl die Hersteller fleißig daran arbeiten.

Wenn Sie sich solche Fehler nicht als eigene anrechnen lassen wollen, müssen Sie die KI-Antworten gründlich durch eigene Recherche überprüfen. Denn mitunter bringt man zwar Sprachmodelle durch kritische Rück- und Nachfragen dazu, das Behauptete zu korrigieren, doch das passiert beileibe nicht immer. Häufig stützen die Systeme auf Nachfrage stattdessen ihre Lüge mit sinnlosen Referenzen auf ebenso halluzinierte Quellen. Hauptsache, der Text bleibt plausibel.

### **Systemen misstrauen**

Neben solchen Unzulänglichkeiten sind KIs auch gezielten Angriffen ausgesetzt. Man forscht beispielsweise daran, ob sich die Systeme „vergiften“ lassen, indem man manipulierte Trainingsdaten einschleust, die sie in bestimmten Situationen zu unerwünschtem Verhalten verleiten.

Nicht nur erforscht, sondern immer wieder auch in der Praxis demonstriert werden Prompt Injections [1]. Dabei nut-

zen Angreifer aus, dass Sprach-KIs häufig externe Daten einlesen sollen, beispielsweise, um ein Paper zusammenzufassen oder eine Website zu übersetzen. Geschickte Phrasen in diesen Daten können einem Angreifer Kontrolle über die KI verschaffen, sodass sie fortan seine Anweisungen ausführt oder von ihm gewünschte Informationen ausgibt. Gerade in Kombination mit anderen Systemen erwachsen daraus enorme Risiken: Der hilfsbereite Firmen-Chatbot mutiert zum Verräter, der die letzten E-Mails des Chefs abrufen und an den Angreifer ausleitet. Die Prompt Injection kann weiß-auf-weiß oder anderweitig versteckt in den Daten lauern und den Bot anweisen, neben dem Angriff auch seine ursprüngliche Aufgabe zu erledigen. Dann bekommen Sie die Attacke eventuell nicht einmal mit.

Sofern Sie LLMs nicht komplett meiden, können Sie sich nur bedingt vor solchen unterwanderten KIs schützen. Ein wirksames Gegenmittel ist noch nicht gefunden. Es hilft, die Systeme grundsätzlich als kompromittiert zu betrachten, ähnlich einer E-Mail mit Anhang: Erlauben Sie keine vollautomatischen Zugriffe auf andere Systeme, nicken Sie keine Aktionen blind ab und klicken Sie nicht reflexhaft auf jeden Link, den Ihnen die KI präsentiert. Inhaltlich prüfen sollten Sie die Ausgaben ohnehin, schon aufgrund der erwähnten Halluzinationen.

(syt@ct.de) **ct**

### Literatur

- [1] Sylvester Tremmel, Fremdgesteuert. Wie Prompt Injections KI-Suchmaschinen korrumpieren können, c't 10/2023, S. 26

# Verlässliche Boten

## Security-Checkliste Messenger

**WhatsApp, Signal, Threema, Matrix, Telegram oder auch der Facebook-Messenger: Die Liste populärer Messenger-Apps ist lang. „Sicher“ sind sie angeblich alle, aber in Wahrheit gibt es erhebliche Unterschiede, auf die man ein Auge haben sollte.**

Von Sylvester Tremmel

### Verschlüsselung an!

Grundsätzlich sollten Sie Daten nur Ende-zu-Ende-verschlüsselt austauschen (end-to-end encryption, E2EE), sodass niemand mitlesen kann, nicht einmal der Server, der die Nachrichten vermittelt. Auch wenn es seitens der EU immer wieder Bestrebungen gibt, hier Löcher zu bohren: Noch ist eine lückenlose Ende-zu-Ende-Verschlüsselung legal und bei Messengern erfreulich weit verbreitet. Die meisten Apps nutzen sie standardmäßig oder bieten sie zumindest als Option an. Viele Messenger bauen auf das von Signal eingeführte Double-Ratchet-Verfahren, das einige Vorzüge hat [1]. Aber auch Apps mit anderen Verfahren bieten in aller Regel ausreichend Schutz.

Viel wichtiger als die technische Umsetzung ist, dass E2EE tatsächlich zum Einsatz kommt. Einige Apps, allen voran Telegram, nutzen E2EE nämlich nur, wenn Sie als Nutzer eine spezielle Art von Chat eröffnen (oft „geheime Unterhaltung“ oder ähnlich genannt) oder sie beherrschen E2EE in manchen Arten von Chats nicht, etwa in Gruppenchats. Beispielsweise verschlüsselt der Facebook-Messenger zwar mehr und mehr Arten von Chats Ende-zu-Ende, aber noch nicht alle. Achten Sie also gut darauf, ob und unter welchen Umständen Ihr Messenger ordentlich verschlüsselt!

Eine Ausnahme von der Regel stellen übrigens „Kanäle“ dar, wie es sie seit Langem bei Telegram und auch bei WhatsApp gibt. Diese sind in aller Regel nicht Ende-zu-Ende-verschlüsselt, weil das technisch schwierig und von zweifelhaftem Nutzen ist: Bei Tausenden oder sogar Hunderttausenden Chatteilnehmern sind Geheimnisse ohnehin kaum zu wahren.

### Wer hört mit?

Viele Messenger bieten Web- oder Desktop-Clients zusätzlich zur App. Gerade am Arbeitsplatz ist das praktisch, dann muss man nicht ständig zum Handy greifen, wenn ein Kollege etwas schreibt. Bei den meisten Messengern lassen sich – einmal auf dem Rechner eingerichtet – dann sämtliche Konversationen bis auf Weiteres am Computer mitlesen. Die Messenger-Apps auf dem Smartphone zeigen daher (meist in den Einstellungen), welche Geräte verknüpft sind. Prüfen Sie diese Liste regelmäßig und löschen Sie, was Sie nicht mehr brauchen.

### Backups richtig einstellen

Backups können essenziell sein, aber sie sind auch eine mögliche Schwachstelle. Überlegen Sie sich, von welchen Messengern und Chats Sie Backups brauchen und wofür. Manche Apps wie zum Beispiel Signal und WhatsApp legen automatisch oder auf Wunsch verschlüsselte Backups auf dem Smartphone an. Das ist gut, hilft aber nicht, falls das Smartphone selbst kaputtgeht; Sie müssen solche Backups regelmäßig auf ein anderes Gerät laden. Bei Backups in die Cloud, die manche Messenger anbieten, sollten Sie skeptisch sein: Prüfen Sie, ob die Daten dort so verschlüsselt sind, dass nur Sie Zugriff haben.

Viele Apps erlauben auch, Nachrichten nach einer einstellbaren Zeit automatisch zu löschen. „Selbsterstörende“, „selbstlöschende“ oder „verschwindende“ Nachrichten nennen die Messenger das. Vorsicht: Das Feature kann nicht zuverlässig verhindern, dass der Gesprächspart-




Bild: Ki, Collage ct

ner die Nachricht dauerhaft speichert. Aber es eignet sich gut, um Chatverläufe kurz und Backups klein zu halten.

### Account sichern

Viele Messenger binden Benutzerkonten an eine Handynummer. Das ist nicht unproblematisch, auch wenn es dafür gute Gründe gibt, die wir in [2] erklärt haben. Anders handhabt das beispielsweise der Messenger Threema, der auch ohne Telefonnummer auskommt. Bei Apps, die eine Nummer verlangen, wird sie meist per SMS bestätigt, was sich manipulieren lässt. Schlimmstenfalls können Dritte dadurch Konten übernehmen. Viele Messenger erlauben daher, den Registrierungsprozess mit einer zusätzlichen PIN abzusichern. Das Feature sollten Sie nutzen, bewahren Sie aber die PIN gut auf. Sonst werden Sie selber Probleme bekommen, wenn Sie eines Tages Ihr Handy austauschen.

Achten Sie außerdem darauf, Ihre Accounts bei einem Nummernwechsel umzuziehen und nicht unter der alten Nummer weiterzubetreiben. Die kann nämlich wieder vergeben werden. Falls der neue Besitzer denselben Messenger nutzen will, scheitert er entweder, weil Sie noch ein Konto mit der Nummer halten, oder er hat Erfolg – und sperrt Sie unbeabsichtigt aus Ihrem Account aus. (syt@ct.de) 

### Literatur

- [1] Sylvester Tremmel, Für immer unlesbar, Wie moderne Kommunikationsverschlüsselung funktioniert, c't 3/2021, S. 60
- [2] Sylvester Tremmel, Zeigt her Eure Kontakte, Warum Messenger nach Ihrer Telefonnummer fragen, c't 6/2021, S. 118



# Sicher surfen

## Security-Checkliste Browser

Weil jeder Browser nutzt, sind sie ein beliebtes Ziel für Angreifer. Sie sollten Ihren Browser daher aktuell halten und maximal sicher einstellen.

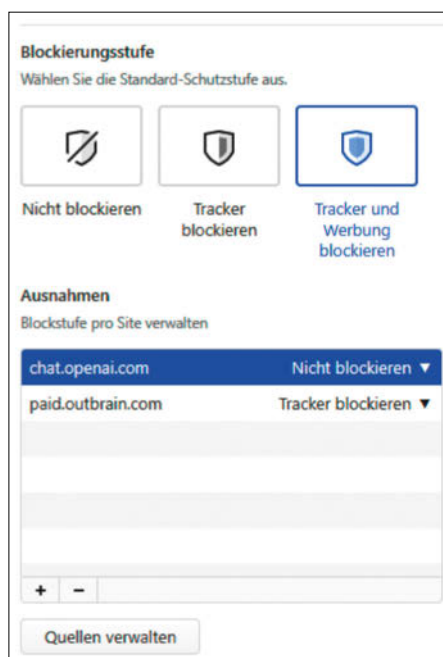
Von Jo Bager



Bild: KI, Collage c't

### Aktuell halten

Um sicher zu surfen, sollte Ihr Browser immer auf dem neuesten Stand sein. Die Hersteller geben laufend Updates heraus, die Sicherheitslücken schließen. Alle gängigen Browser lassen sich so einstellen, dass sie sich automatisch aktualisieren. Es kann aber vorkommen, dass die Update-Versorgung klemmt oder Sie den Browser zur Installation neu starten müssen. Überprüfen Sie gelegentlich über das Menü, ob ein Neustart notwendig ist. Die betreffende Option findet sich häufig im Hilfe-Menü, unter „Über <Browsername>“ oder „Nach Updates suchen“.



**Datenschutz inklusive: Viele Browser wie hier Vivaldi enthalten einen Tracking-Blocker, den Sie aktivieren und so streng wie möglich schalten sollten.**

### Add-ons aufräumen

Browser-Erweiterungen, auch Add-ons oder Extensions genannt, haben Zugriff auf alles, was innerhalb des Browsers geschieht, zum Beispiel auf das Online-Banking oder den Webmailer. Prüfen Sie vor der Installation also genau, worauf Sie sich einlassen. Installieren Sie nur Erweiterungen aus den offiziellen Verzeichnissen der Hersteller und achten Sie auf Downloadzahlen und Nutzerbewertungen. Verzichten Sie im Zweifel lieber zugunsten der Sicherheit. Prüfen Sie gelegentlich die installierten Erweiterungen und misten Sie gründlich aus. Bei Chrome und Edge finden Sie die Erweiterungen im Hauptmenü, bei Firefox klicken Sie auf „Add-ons und Themes“. Deaktivieren Sie Add-ons, die Sie nur selten nutzen, und schalten Sie sie bei Bedarf vorübergehend ein.

### Schnüffler aussperren

Blockieren Sie Tracker, die Ihr Surfverhalten überwachen und Ihre Interessen ausspionieren. Einige Browser wie Firefox, Vivaldi und Brave können das bereits von Haus aus, Sie müssen den Tracking-Blocker in den Einstellungen nur scharf schalten. Probieren Sie zunächst die strengste Einstellung. Falls es anschließend Probleme bei Ihren Lieblingswebsites gibt, können Sie den milderen Standardmodus wählen. Benutzen Sie Chrome, sollten Sie über einen Wechsel zu einem Browser mit Tracking-Blocker nachdenken. Ansonsten können Sie sich mit Add-ons wie Privacy Badger oder uBlock Origin Lite behelfen (siehe [ct.de/y7ev](https://ct.de/y7ev)). Letzteres beseitigt zudem aufdringliche und mitunter ver-seuchte Werbung.

### Berechtigungen prüfen

Websites können Berechtigungen einfordern, um etwa auf Kamera, Mikrophon und Standort zuzugreifen: Ein Videochat-Dienst benötigt den Zugriff auf Kamera und Mikrophon, Google Maps kann Ihren aktuellen Standort nur mit Zustimmung ermitteln. Erlauben Sie das nur, wenn es einen triftigen Grund gibt und Sie dem Dienst vertrauen. Kontrollieren Sie die bereits erteilten Berechtigungen und sieben Sie gründlich aus. In den Chrome-Einstellungen finden Sie die Berechtigungen unter „Datenschutz und Sicherheit/Website-Einstellungen“, in den Firefox-Einstellungen unter „Datenschutz & Sicherheit/Berechtigungen“ und bei Edge unter „Cookies und Websiteberechtigungen“.

### Auf Adressen achten

Geben Sie persönliche Daten, Passwörter und Finanzdaten nur auf Websites ein, die Daten verschlüsselt übertragen. Die Webadresse beginnt dann mit <https://> und der Browser zeigt ein geschlossenes Vorhängeschloss neben der Adresse an. Untersuchen Sie Adressen genau auf Unge-reimtheiten: Ein falscher Buchstabe oder ein seltsames Zeichen reichen aus, um Sie nicht zu Ihrer Bank, sondern auf eine perfekt kopierte Phishing-Seite zu lenken. Steuern Sie kritische Websites nicht über Links an, die Sie per Mail erhalten haben, sondern nutzen Sie Lesezeichen oder tippen Sie die Adresse von Hand ein.

([jo@ct.de](mailto:jo@ct.de)) **ct**

**Tracking-Blocker für Chrome und andere: [ct.de/y7ev](https://ct.de/y7ev)**

# Abzockerschutz

## Security-Checkliste gegen Online-Betrug

**Online-Betrüger sind sehr erfinderisch: Sie nehmen per Anruf, SMS, WhatsApp, Mail und vielem mehr Kontakt mit ihren zukünftigen Opfern auf und versuchen sie trickreich über den Tisch zu ziehen. Mit diesen Tipps sind Sie den Ganoven einen Schritt voraus.**

Von Ronald Eikenberg

### Cool bleiben

Der erste Tipp ist zugleich der wichtigste: Bleiben Sie gelassen. Betrüger versuchen, Sie unter Druck zu setzen, um Sie zu unüberlegten und leichtsinnigen Handlungen zu bewegen. Ganz gleich, ob die Kontaktaufnahme telefonisch oder schriftlich erfolgt: Legen Sie eine gesunde Portion Skepsis an den Tag und geben Sie niemals persönliche Daten, Passwörter oder Transaktionscodes heraus.

Anrufer können mit gefälschten Anruferkennungen arbeiten. Wenn Sie Zweifel an der Identität des Anrufers haben, fragen Sie nach Name, Firma und Rückrufnummer und beenden Sie das Gespräch. Anschließend können Sie die Daten in Ruhe überprüfen und entweder zurückrufen oder, wenn es sich um einen Betrugsversuch handelt, Anzeige erstatten. Auch bei SMS, WhatsApp, Facebook, Instagram, Mail und so weiter müssen Sie vorsichtig sein.

Mitunter verwenden Online-Ganoven auch Identitäten Ihrer Freunde, Verwandten oder Kollegen, um Sie zu kontaktieren. Falls Sie etwas Auffälliges beobachten, etwa unerwartete Forderungen nach Geld, sollten Sie die Ihnen bekannte Person auf einem anderen Kanal kontaktieren und fragen, ob sie tatsächlich dahinter steckt; am besten persönlich oder über eine Ihnen bekannte Telefonnummer.

### Notfallkontakte

Ein wirksames Mittel gegen Online-Betrügereien sind Notfallkontakte: Das sind Personen aus dem Familien- oder Freundeskreis, die man ansprechen kann, wenn einem etwas komisch vorkommt, idealer-

weise, bevor man auf eine Fake-SMS oder Phishing-Mail hereinfällt. Im besten Fall hat man entweder so einen Kontakt griffbereit oder ist selbst ein Notfallkontakt für sein Umfeld.

Scheuen Sie nicht, sich Hilfe zu suchen, wenn Sie sich einmal nicht sicher sind, ob Sie es mit einem Betrüger zu tun haben. Das gilt insbesondere dann, wenn das Kind schon in den Brunnen gefallen ist und die Täter bereits zugeschlagen haben. In diesem Fall ist schnelles Handeln gefragt, um abgezocktes Geld zurückholen zu können, Passwörter zu ändern und so weiter. Sollte Ihr Bankkonto gehackt worden sein, können Sie es über die bundeseinheitliche Notrufnummer **116 116** oder über Ihre Bank sperren lassen.

### Anrufe, Mails, Links filtern

Verwenden Sie nach Möglichkeit Filterfunktionen, die Ihnen verdächtige SMS, Anrufe, Mails, Websites und vieles mehr vom Leib halten. Denn, was schon im Vorfeld aussortiert wird, kann Sie auch nicht



**Der kostenlose Fake-Shop Detector warnt Sie vor betrügerischen Online-Läden, bevor Sie dort einkaufen.**




Bild: KI, Collage ct

auf dem falschen Fuß erwischen. Viele Smartphones können die lästigen Anrufe und SMS der Cyber-Ganoven erkennen und blockieren. Schauen Sie in den Einstellungen Ihrer Telefon- und SMS-App nach einer passenden Option.

Android-Nutzer können die Schutzleistung durch die Google-Apps „Telefon“ und „Messages“ aus dem Play-Store verbessern, für iOS gibt es Filter-Apps im App Store. Mails filtert in aller Regel Ihr Mailanbieter für Sie, vor gefährlichen Websites warnt Sie Ihr Browser (Safe Browsing). Schauen Sie auch hier in die Einstellungen, um den Schutz zu überprüfen und zu verbessern.

### Shopping-Fallen meiden

Im Netz wimmelt es nur so von Fake-Shops, aber auch auf den großen Verkaufsplattformen sind viele Betrüger unterwegs. Bevor Sie in einem neuen Online-Laden einkaufen, sollten Sie stets im Netz recherchieren, ob er vertrauenswürdig ist. Finden Sie nichts über den Shop oder hauptsächlich negative Berichte, halten Sie Abstand. Bei der Einschätzung ist der Fakeshop-Finder der deutschen Verbraucherzentralen (siehe [ct.de/y7k1](http://ct.de/y7k1)) eine große Hilfe, die Browser-Erweiterung Fake-Shop Dector (siehe [ct.de/y7k1](http://ct.de/y7k1)) warnt Sie auch aktiv.

Auf den großen Shoppingportalen sollten Sie stets die Bewertungen des Verkäufers kontrollieren und sich immer an die offiziellen Bezahllwege halten, etwa PayPal mit Käuferschutz. Nutzen Sie nicht „Geld an Freunde senden“, weil Sie damit auf dem Schaden sitzen bleiben, falls Sie über den Tisch gezogen werden. (rei@ct.de) 

**Schutz vor Fake-Shops: [ct.de/y7k1](http://ct.de/y7k1)**

# Soziale Sicherheit

## Security-Checkliste Social Media

**Social-Media-Konten stellen de facto die digitale Identität vieler Nutzer dar. Die Plattformen bieten deshalb Schutzfunktionen, die Sie anwenden sollten. Und: Schalten Sie gerade bei auffällig attraktiven sozialen Kontakten nicht den gesunden Menschenverstand aus.**

Von Holger Bleich

### Zwei Faktoren nutzen

Werden Ihre Konten bei Facebook, Instagram oder LinkedIn gekapert, kann das nicht nur für Sie, sondern auch für Freunde und Kollegen katastrophale Folgen haben. Der Schutz solcher Accounts ist deshalb besonders wichtig. Verwenden Sie unbedingt für jeden Account ein eigenes, komplexes Passwort. Außerdem sollten Sie, wo immer möglich, private und dienstliche Nutzung voneinander trennen, also nicht über dieselben Konten laufen lassen.

Nutzen Sie zudem alle weiteren Möglichkeiten zur Absicherung, welche die Plattformen bieten. Was in einigen anderen Checklisten bereits erwähnt ist (siehe Artikel „Security-Checkliste Passwörter“), gilt in besonderem Maße für soziale Plattformen: Sie sollten, wo immer möglich, zusätzliche Zugangsbarrieren außer dem Passwort aufbauen, also auf eine Zwei-Faktor-Authentifizierung (2FA) setzen.

Auf der Facebook-Website gelangen Sie über einen Klick auf Ihr Profilbild oben rechts in die „Einstellungen“ zum Meta-Account. Dort führt der Menüpunkt „Privacy Center“ über „Häufig genutzte Privatsphäre-Einstellungen“ zur „zweistufigen Authentifizierung“. Veranlassen Sie, dass bei jedem Zugriffsversuch von einem unbekanntem Gerät oder Browser der zweite Faktor abgefragt wird, also etwa eine via SMS verschickte PIN oder der Anmeldecode einer zuvor mit dem Konto verbundenen Authentifizierungs-App. Ähnliche Einstellungen bieten inzwischen alle großen sozialen Netzwerke, also etwa Instagram, Twitter, Google (YouTube) und LinkedIn. Auch auf der Kurzvideo-Plattform TikTok lässt sich

2FA einrichten, allerdings nur in der mobilen App, dort in den Einstellungen unter „Sicherheit“.

Damit die Abfrage nicht jedes Mal nervt, merken sich die Plattformen Geräte-IDs oder setzen Cookies und die Geräte bleiben angemeldet – egal ob PC oder Smartphone. Dies kann zum Sicherheitsproblem werden, wenn sich mehrere Menschen einen Rechner oder ein Tablet teilen und ist definitiv gefährlich, wenn der Kontenzugriff von öffentlichen Terminals erfolgt.

Sie sollten von Zeit zu Zeit prüfen, welche Geräte derzeit autorisierten Zugriff aufs Konto haben und deshalb von der 2FA ausgenommen sind. Bei Meta etwa finden Sie diese Liste für Facebook und Instagram über die „Kontenübersicht“ im Privacy Center unter „Hier bist Du aktuell angemeldet“. Dort lässt sich der Zugriff selektiv unterbinden.

### Gezielt teilen

Digitale Inhalte sind schnell kopiert und weiterverteilt. Das kann Ihnen auch mit Onlinefreunden passieren, die Sie gut kennen. Es muss nicht einmal böser Wille dahinterstehen. Daher ist eine gute Richtschnur, digital nur Inhalte zu veröffentlichen, die Sie auch Fremden auf der Straße zeigen würden.

Bei Facebook, aber auch bei anderen Anbietern wie LinkedIn kann man festlegen, mit wem man Inhalte teilen möchte. Behalten Sie Ihre Zielgruppeneinstellung im Blick, um nicht versehentlich einen größeren Adressatenkreis anzusprechen als gewünscht. So sollten Sie beispielsweise nicht öffentlich posten, dass Sie zwei Wochen im Urlaub sind, denn das



Bild: Ki. Collage ct

legt nahe, dass Ihr Haus leersteht. Die Voreinstellung sollte eher defensiv sein. Sie lässt sich etwa bei Facebook in den Privatsphäreinstellungen unter „Deine Aktivität“ ändern.

### Anfragen checken

Freundschaft und Vertrauen sind auch auf Facebook, Instagram, LinkedIn oder TikTok begehrte Statussymbole. Befreundete Kontakte sehen je nach Profileinstellungen viel mehr Privates. Oft stecken daher hinter Freundschaftsanfragen Versuche, persönliche Daten abzugreifen, die Person zu stalken oder gar Geld zu ergaunern.

Prüfen Sie jede Anfrage sorgfältig. Ist das Mitglied frisch dabei und hat viele neue Kontakte, kann das auf einen Betrug hindeuten, selbst wenn das Profil vermeintlich von einer Person stammt, die Sie persönlich kennen. Fake-Accounts haben oft Profilfotos von attraktiven Menschen.

### Private Nachrichten

Lassen Sie Vorsicht walten, wenn jemand Sie anschreibt, es sehr dringend wirkt, und wenn er um Geld oder andere Gefallen bittet: Vielleicht wurde der Facebook-Account gehackt und übernommen, und nun versuchen Fremde, Ihr Vertrauen zu missbrauchen. Überweisen Sie keinesfalls Geld und rücken Sie nicht unbedacht und ohne weitere Prüfung Ihre persönliche oder dienstliche Handynummer heraus, bevor Sie sich von der Identität überzeugen konnten – zum Beispiel mit einer Frage, die *garantiert* nur die befreundete Person beantworten kann. (hob@ct.de) **ct**



# Geldwerter Schutz

## Security-Checkliste Finanz-IT

**Bankkonten und Kreditkarten versprechen fette Beute. Logisch, dass Cyberkriminelle scharf auf deren Daten und Passwörter sind. Absolute Sicherheit gibt es nicht, aber Sie können es den Tätern ziemlich schwer machen.**

Von Markus Montz

### **Transaktionen checken**

Viele Aktionen erfordern eine Zwei-Faktor-Authentifizierung (2FA), zum Beispiel durch eine PIN beim Login, gefolgt von einer TAN oder Push-Bestätigung bei einer Transaktion. Ähnliches gilt, wenn Sie ein neues Gerät für die 2FA freischalten. Checken Sie daher stets den Zweck dieser Bestätigung und brechen Sie **immer** ab, wenn er nicht zu passen scheint. Bei Online-Überweisungen und Kartenzahlungen prüfen Sie außerdem, ob Empfänger, IBAN und Betrag korrekt sind – sie müssen auf sämtlichen beteiligten Geräten (PC, Smartphone, TAN-Generator) übereinstimmen.

### **Banking virenfrei**

Für Banking und Bezahlen auf dem PC oder Smartphone muss das System frei von Schadsoftware sein. Sorgen Sie auf einem Windows-PC dafür, dass ein Virenschanner mit aktuellen Updates läuft. Der bei Windows 10 und 11 mitgelieferte Defender bietet hinreichenden Schutz, siehe Artikel „Security-Checkliste Windows“. Laden Sie Anwendungen nur von seriösen Websites herunter. Installieren Sie auf dem Smartphone allgemein nur Apps aus vertrauenswürdigen Quellen. Im Zweifel ist das Google Play für Android und der App Store für iOS.

### **Phishing erkennen**

Bei vielen Betrugsversuchen verschicken Betrüger manipulativ gestaltete Mails oder Textnachrichten. Diese stammen vorgeblich von Ihrer Bank oder einer offiziellen Stelle wie der Polizei. Manche davon ent-

halten schädliche Anhänge oder Links. Darüber schleusen die Täter Schadcode ein oder greifen Zugangsdaten ab (Phishing). Die meisten solchen Mails sollen Sie aber dazu bewegen, in Eingabemasken auf Fake-Webseiten Ihre Onlinebanking-Zugangsdaten oder Kreditkartendaten preiszugeben.

Schöpfen Sie Verdacht, wenn eine persönliche Anrede fehlt, Rechtschreibfehler enthalten sind oder jemand Angst oder Zeitdruck erzeugt. Klicken Sie in Mails, die eine Bank als Absender enthalten, prinzipiell nicht auf Links. Mails oder Textnachrichten, denen zufolge Sie Ihr Konto mit PIN und TAN oder App-Freigabe „bestätigen“ sollen, sind immer Betrugsversuche. Öffnen Sie Anhänge niemals, denn eine Bank schickt Ihnen wichtige Dokumente postalisch zu oder stellt sie in Ihrem Onlinebanking-Postfach bereit.

Geben Sie Ihre Zugangsdaten im Browser nur auf der Webseite der Bank ein, nachdem Sie die Adresse selbst eingetippt oder per Lesezeichen angesteuert haben. Sicher sind auch die App der Bank oder eine seriöse Onlinebanking-Anwendung. Das gilt ebenso für zugelassene Drittdienste, die zum Beispiel im Auftrag Ihres Geschäftspartners über das Konto Ihre Identität verifizieren. Solche Dienste verzeichnet die Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht (BaFin) auf ihrer Homepage (siehe [ct.de/yemu](http://ct.de/yemu)).

Mitunter rufen Betrüger auch mit gefälschten Absender-Rufnummern an und geben sich als Bankberater oder Polizist aus. Eine Masche besteht darin, Sie vor einer angeblich drohenden Gefahr zu warnen, um Sie zu unüberlegten Handlungen zu manipulieren. Beenden Sie das Gespräch und rufen Sie die Bank über die Telefonnummer in Ihren Unterlagen zurück.



Bild: KI, Collage ct


### **Belege überprüfen**

Kontrollieren Sie jede Kreditkartenabrechnung und reklamieren Sie unbefugte Abbuchungen umgehend bei Ihrer Bank. Prüfen Sie auch Ihre Kontoauszüge regelmäßig. Noch besser ist es, alle paar Tage im Onlinebanking am PC oder in der Smartphone-App die Umsätze auf Ihrem Kreditkarten- und Girokonto zu verfolgen. Je nach Bank können Sie sich außerdem per Mail, SMS oder Push-Nachricht über neue Transaktionen oder Ereignisse wie das Unterschreiten eines bestimmten Kontostands benachrichtigen lassen.

### **Handy nicht rooten**

Rooten oder jailbreaken Sie Ihr Smartphone oder Tablet nicht, mit dem Sie Onlinebanking betreiben. Andernfalls legen Sie wichtige Schutzfunktionen lahm. Das ist besonders dann gefährlich, wenn Sie beim Smartphone-Banking den zweiten Faktor über eine Sicherheits-App auf dem gleichen Gerät beziehen. Viele Sicherheits-Apps von Banken, teilweise aber auch deren Banking-Apps, starten unter modifizierten Betriebssystemen deshalb gar nicht erst.

Generell ist es empfehlenswert, ein ungerootetes Smartphone mit einem Betriebssystem zu verwenden, das noch Sicherheitsupdates bekommt. Mindestens aber müssen Sie den Vorgaben Ihrer Bank folgen: Solange Sie ein Betriebssystem nutzen, das die App Ihrer Bank offiziell noch unterstützt, kommen Sie Ihren Sorgfaltspflichten an dieser Stelle nach.

([mon@ct.de](mailto:mon@ct.de)) 

**BaFin-Datenbank:** [ct.de/yemu](http://ct.de/yemu)

# Sicher sichern

## Security-Checkliste Backups

Die Frage ist nicht, ob Sie Daten verlieren, sondern nur, wann. Backups sind daher unverzichtbar. Hier ein paar Tipps, worauf Sie dabei achten sollten.

Von Axel Vahldiek



Bild: Ki. Collage ct



### Jetzt!

Damit Sie im Ernstfall keine Daten verlieren, brauchen Sie ein Backup. Wie Sie das erstellen, ist an sich erst mal egal, denn jedes Backup ist besser als kein Backup. Wichtig ist, dass Sie es wirklich machen. Der richtige Termin ist immer der gleiche: jetzt! Sichern Sie zuerst die wichtigsten Daten. Starten Sie mit Unikaten wie Steuerunterlagen, Diplomarbeit und anderen Arbeitsergebnissen. Denken Sie an Originale von Fotos, Videos und Korrespondenz. Orientieren Sie sich für die anderen Daten daran, wie aufwendig die Wiederbeschaffung oder erneute Bearbeitung sein wird.



### Schutz vor „Hoppla!“

Schutz vor Datenverlusten durch Fehlbedienungen und Hardwareausfälle bietet so ziemlich jede Kopie, die getrennt vom Original abgelegt ist. Für kleine Datenmengen mögen schon USB-Sticks als Speichermedium reichen. Für Laien oft einfacher ist aber das Ausdrucken auf Papier. Diese Art von Backup ist sogar langlebig: Eine 60 Jahre alte Fotografie mag vergilbt aussehen, das Motiv ist aber immer noch erkennbar. Zum Vergleich: Versuchen Sie doch mal, eine nur halb so alte CD zu lesen.



### Feuerfest

Wenn in Ihrer Wohnung Feuer ausbricht, verbrennen neben dem PC liegende USB-Datenträger gleich mit. Also muss das Sicherungsmedium woanders hin. Keller

und Dachboden mögen naheliegend sein, reichen aber nicht, denn das Löschwasser fließt in den Keller und die Flammen kommen überall hin. Kurzum: Das Backup muss raus aus dem Haus. Lagern Sie beispielsweise eines Ihrer Backupmedien bei Verwandten. Leicht merken lässt sich das als 3-2-1-Regel: 3 Kopien auf 2 Datenträgern, davon 1 außer Haus. Heutzutage wird die gern zur 3-2-1-0-Regel erweitert, wobei die zweite 1 für eine trojanersichere Offline-Kopie steht und die 0 für null Fehler beim Testen. Dazu mehr in den beiden nachfolgenden Abschnitten.



### Trojanersicher

Verschlüsselungstrojaner greifen heutzutage so ziemlich alles an, was sie erreichen können. Fehlende Zugriffsrechte versuchen sie sich zu verschaffen. Daher ist ein Backup nur dann zuverlässig, wenn Sie es technisch getrennt vom Original aufbewahren. Es darf vom Quellrechner aus auf keinem (!) Weg erreichbar sein. Ein USB-Laufwerk, das nach dem Sichern abgestöpselt wird, ist technisch getrennt – doch Obacht: Wenn Sie es für die nächste Sicherung wieder anstöpseln, ist es eben nicht mehr getrennt. Dagegen hilft nur, mehrere Sicherungsmedien im Wechsel zu verwenden.



### Diebstahlsicher

Wenn ein Dieb Zugriff auf das Backupmedium erlangt, kann er die Daten darauf lesen. Lagern Sie es also am besten in einem feuerfesten Tresor. Alternativ hilft das Verschlüsseln des Backups; dann be-

kommt der Dieb mangels Schlüssel nur Datenmüll zu sehen. Wichtig: Probieren Sie aus, ob Sie das Backup im Ernstfall entschlüsseln können.



### Testen

Erst wenn Sie Ihr Backup testweise wiederhergestellt haben, gilt es als zuverlässig. Verwenden Sie zum Wiederherstellen unbedingt einen anderen PC – wenn der alte verbrannt oder geklaut ist, stehen Sie vor genau der gleichen Situation.



### Wiederholen

Backups veralten, weil die seitdem hinzugekommenen Daten naturgemäß nicht enthalten sind. Sichern Sie Ihre Daten also regelmäßig. Noch besser ist es, wenn Sie den Vorgang so weit automatisieren, dass er ohne aktive Mithilfe abläuft. Achten Sie dann aber unbedingt darauf, dass Fehlschläge erkannt werden und Sie davon erfahren. Dazu kann es sinnvoll sein, die Logs automatisch auf dem Schirm erscheinen zu lassen, etwa beim morgendlichen Start des Arbeitsplatz-PCs oder per regelmäßig versandter Mail.



### Ruhiger schlafen

Ihr Backup erfüllt alle Anforderungen? Herzlichen Glückwunsch! Falls nicht: Eine Auswahl von weiterführenden c't-Artikeln mit vielen Tipps finden Sie über den nachfolgenden Link. (axv@ct.de) **ct**

**Auswahl von c't-Artikeln:** [ct.de/ybas](https://www.ct.de/ybas)

# Schotten dicht

## Security-Checkliste Server & Hosting

**Sobald ein Server aus dem Internet erreichbar ist, wird er zum potenziellen Angriffsziel. Sichern Sie Ihren Heim- oder Mietserver oder das Webhosting-Paket also besser sofort ab.**

Von Jan Mahn



Bild: KI, Collage c't

### ✓ Mit Besuch rechnen

Ein aus dem Internet erreichbarer Server ist nicht „geheim“, nur weil Sie keine Domain für die Seite eingerichtet haben. In wenigen Stunden kann ein Angreifer sämtliche IPv4-Adressen des Internets durchprobieren und wird Ihre versteckt geglaubte Seite finden. Auch wenn Sie Ihren Server nur per IPv6 zugänglich machen, wo die Wahrscheinlichkeit, zufällig entdeckt zu werden, wirklich winzig ist, gehört ein Kennwort vor Ihre Dienste. Welches Protokoll Sie auch verwenden: Transportverschlüsselung mindestens mit TLS 1.2 ist Pflicht. TLS 1.0 und 1.1 sind unsicher und gehören abgeschaltet. Sobald Sie ein Zertifikat für eine Domain bestellen, ist diese öffentlich bekannt, weil die Zertifizierungsstellen Certificate Transparency herstellen [1]. Durchsuchbar ist die Liste aller ausgestellten Zertifikate zum Beispiel über die Website [crt.sh](https://crt.sh).

### ✓ Sich selbst angreifen

Wer einen Dienst im Internet veröffentlicht, sollte öfter mal die Perspektive wechseln. Schauen Sie sich die veröffentlichten Dienste nicht nur aus Nutzer-, sondern hin und wieder aus Angreifersicht an. Scannen Sie Ihr Netzwerk auf offene Ports oder nutzen Sie dafür am besten ein externes Monitoringwerkzeug. Viele Datenlecks, über die wir berichtet haben, hätten verhindert werden können, wenn die Betreiber Authentifizierung (Anmeldung) und Autorisierung (Berechtigungsprüfung) in Ruhe geprüft hätten. Beliebteste Fehler: Windows-Dateifreigaben (SMB) ohne Anmeldung, Webserver mit aktivem Directory Listing und Webanwendungen

mit URLs, die hochzählbare Zahlen enthalten und Zugriff auf fremde Daten gestatten.

### ✓ SSH, aber sicher

SSH ist ein vergleichsweise sicherer Weg auf Ihren Server, unter Linux-Admins schon lange der Standard und auch für Windows verfügbar. Um die Sicherheit zu erhöhen, sollten Sie sich per Public-Key-Verfahren anmelden und den Zugang per Kennwort abschalten. Häufig wird empfohlen, den SSH-Server auf einem anderen Port als 22 lauschen zu lassen. Das ist aber nur ein schwacher Schutz und fällt in die Kategorie „Security by Obscurity“. Wenn Sie mitbekommen wollen, von welchen IP-Adressen potenzielle Angriffe kommen, können Sie ein Werkzeug wie `fail2ban` einrichten.

### ✓ Zweiten Faktor nutzen

Die Homepage ist für Unternehmen das Schaufenster zum Kunden. Wenn Sie die bei einem Hoster betreiben, ist ein zweiter Faktor für den Admin-Zugang heute Pflicht. Ein einziges Kennwort als Schutz für die gesamten Web-Angebote eines Unternehmens ist nicht mehr zeitgemäß! Wer an die Verwaltungsoberfläche kommt, kann eine Menge Schaden anrichten und Sie sogar für längere Zeit aussperren; hat er Ihre Kontaktdaten geändert, müssen Sie im ungünstigen Fall erst beweisen, dass Sie der rechtmäßige Eigentümer sind. Unterstützt der Anbieter keinen zweiten Faktor, fragen Sie nach, ob die Funktion in Planung ist, oder suchen Sie sich einen neuen Hoster mit einem zeitgemäßen Angebot.

### ✓ Aktuell halten

Halten Sie die Systeme aktuell. Auf dem neuesten Stand sein sollte unbedingt das Betriebssystem des Servers, ebenso der Webserver und die Interpreter der verwendeten Skriptsprachen wie PHP, Node.js und Python. Am besten automatisieren Sie die Updates, damit sie regelmäßig ausgeführt werden.

Logfiles sollten Sie nicht erst studieren, wenn es ein Problem gibt. Werfen Sie regelmäßig einen Blick auf die Protokolle. Auch die Logs des SSH-Servers oder unter Windows für Remote Desktop sollten Sie regelmäßig auf Auffälligkeiten checken. In großen Umgebungen sollten Sie das Monitoring all Ihrer Systeme auf einer Plattform zentralisieren, visualisieren und Alarmer einrichten. Nur dann fallen Angriffe zeitnah auf.

### ✓ Nicht alles öffentlich!

Die Portweiterleitung ist eine Funktion, die jeder Haushaltsrouter unterstützt. Weil sie so einfach einzurichten ist, sind sich viele nicht bewusst, welche Verantwortung der Klick mitbringt: Wer ein Gerät zum Beispiel auf Port 80 ins Internet hängt, ist ab dem Moment Serverbetreiber! Die Software muss fürs Veröffentlichen im Internet ausgelegt und mit sicheren Zugangsdaten verriegelt sein. Vorsicht ist geboten, wenn Heizungsmonteur oder Elektriker die Heizung oder den PV-Wechselrichter mal „schnell im Router freigeben“ wollen. Die sichere Alternative zur Portweiterleitung ist ein VPN-Tunnel.

([jam@ct.de](mailto:jam@ct.de)) **ct**

**Werkzeuge:** [ct.de/yee2](https://ct.de/yee2)



# Passwort: sicher

## Security-Checkliste Passwörter

Passwörter sind nicht nur ein notwendiges Übel, sondern der Schlüssel zu Ihrer digitalen Identität. Mit den folgenden Tipps haben Sie so wenig Passwortstress wie möglich, ohne an der Sicherheit zu sparen.

Von Ronald Eikenberg



Bild: KI, Collage c't

### ✓ Nicht recyceln

Nutzen Sie für jeden Dienst ein anderes Kennwort. Sollten Sie Passwörter recycelt haben, gehen Sie am besten alle wichtigen Zugänge durch und legen Sie individuelle Passwörter fest – insbesondere für Dienste, bei denen es um persönliche Daten oder um Geld geht.

### ✓ Besser lang

Um Passwörter ranken sich zahlreiche Mythen, viele davon sind inzwischen widerlegt. So gilt es als überholt, Passwörter regelmäßig zu ändern. Ändern müssen Sie ein Passwort nur, wenn es in die falschen Hände gelangt, etwa nach einem Datenleck.

Ein gutes Passwort muss alltagstauglich sein und sich auch am Smartphone eintippen lassen. Besser als möglichst viele Sonderzeichen ist es, möglichst lange Passwörter einzusetzen: Die Länge ist der größte Hebel, um die Sicherheit zu erhöhen. Insbesondere bei Verschlüsselung (Dateien, Festplatten, PGP und Co.) sollten Sie so viele Zeichen nutzen, wie Sie handhaben können. Ein Weg zum Ziel ist das Aneinanderreihen von Wörtern zu „Passphrasen“, absichtliche Schreibfehler sorgen für mehr Sicherheit.

### ✓ Passwortmanager

Nehmen Sie einen Passwortmanager wie KeePassXC oder Bitwarden, um Ihre Zugangsdaten zu verwalten. Die nützlichen Helfer speichern Passwörter sicher verschlüsselt auf Rechner, Smartphone und Tablet. Sie müssen sich dann nur noch das

Masterpasswort merken, mit dem Sie den Passwortmanager entsperren. Einen Vergleichstest von 15 Passwortmanagern finden Sie in [1].

### ✓ Darknet-Leaks checken

Cyber-Ganoven erbeuten immer wieder und im großen Stil Datenbanken mit Zugangsdaten. Überprüfen Sie von Zeit zu Zeit in öffentlichen Verzeichnissen, ob und für welche Ihrer Zugänge Passwörter bereits im Darknet kursieren. Das können Sie zum Beispiel mit dem „HPI Identity Leak Checker“ und „Have i been pwned?“ herausfinden (siehe ct.de/y37x). Google-Nutzer können sich über den „Dark Web Report“ auch benachrichtigen lassen, wenn damit beobachtete Daten im Darknet auftauchen.

Gibt es einen Treffer, ist das betroffene Passwort kompromittiert; ändern Sie

es. Rechnen Sie außerdem mit einem Anstieg an Phishingmails an die zugehörige Mailadresse, die sich möglicherweise sogar auf den gehackten Dienst beziehen.

### ✓ Zwei Faktoren nutzen

Viele Onlinedienste bieten eine optionale Zwei-Faktor-Authentifizierung (2FA), die effektiv vor Hackern schützt: Ist sie aktiv, fragt der Dienst beim Einloggen nicht nur nach dem Passwort, sondern auch nach einem zweiten Faktor, etwa in Form eines Zahlencodes. Schalten Sie, wann immer möglich, eine 2FA-Methode ein [2], meiden Sie dabei aber das unsichere SMS-Verfahren. Nutzen Sie besser „Time-based One-time Password“ (TOTP), bei dem Sie die Codes selbst mit einer App wie Google Authenticator oder Authenticator Pro generieren.

Am sichersten ist FIDO2, das einige Webdienste bereits als Anmeldemethode anbieten. Die Eingabe eines Passworts oder 2FA-Codes ist damit nicht mehr nötig, Sie verwenden stattdessen einen sogenannten Passkey [3], der zum Beispiel auf Ihrem Smartphone gespeichert ist. Nutzen Sie diese Möglichkeit, wenn sie angeboten wird. Das klappt unter anderem bereits bei Google, Amazon und PayPal. (rei@ct.de) **ct**



**Sicher ohne Passwort: Bei manchen Diensten kann man bereits Passkeys zur Authentifizierung nutzen.**

### Literatur

- [1] Jan Schüßler, Marvin Strathmann, Ich kaufe ein \*\*\*\*, 25 Passwortmanager für PC und Smartphone, c't 5/2021, S. 16
- [2] Kathrin Stoll, Abgedichtet, Angriffe auf den zweiten Faktor – So schützen Sie sich, c't 11/2023, S. 26
- [3] Ronald Eikenberg, Zukunft ohne Passwort, Bestandsaufnahme: Passwort-Nachfolger Passkeys, c't 13/2023, S. 12

**Darknet-Leaks checken: ct.de/y37x**



# Kraftprotz

## Android-Smartphone Oppo Find X8 Pro im Test

**Oppo schickt mit dem Find X8 Pro sein Comeback-Smartphone nach Deutschland. Das hat jede Menge Leistung, viel Ausdauer und eine gute Kamera, schwächelte aber bei einem wichtigen Aspekt.**

Von Steffen Herget

**A**ngekommen, weg, wieder da, wieder weg, wieder da – das war in groben Zügen die Geschichte von Oppo auf dem deutschen Markt in den vergangenen Jahren. Gleich zwei Patentprozesse zwangen den Hersteller in Deutschland zum Verkaufsstopp, im Rest Europas blieben die Geräte erhältlich. Nun geht es auch hierzulande für Oppo weiter, und den Start markiert das Find X8 Pro. Das auf dem Papier verlockend ausgestattete Android-

Smartphone kostet 1199 Euro und soll die ersten Kunden im Januar erreichen.

Oppo packt die Technik in ein Gehäuse aus Glas und Aluminium, dessen matte Oberflächen sowohl am Rahmen als auch der Rückseite Fingerabdrücke effektiv fernhalten. Das 215 Gramm schwere Smartphone liegt gut in der Hand, die Balance zwischen kantig und abgerundet ist gelungen. Von hinten betrachtet dominiert das riesige Kameramodul die Optik. Es misst 5,5 Zentimeter und steht 3,5 Millimeter aus der Rückseite hervor. Platz für den LED-Blitz war darin trotzdem nicht mehr, er residiert in der linken oberen Ecke des Find X8 Pro.

Oppos Verwandtschaft zu OnePlus wird am Schiebeschalter an der linken Seite des Smartphones deutlich, den man von vielen OnePlus-Modellen kennt. Er erlaubt die Wahl zwischen Klingeln, Vibration und Stumm-Modus. An der rechten Seite hat Oppo einen Kameraauslöser untergebracht. Weil die Taste flach mit dem Rahmen abschließt, ist er mit dem Finger nicht zu erfühlen.

Herzstück des Find X8 Pro ist Mediateks neuer Prozessor Dimensity 9400. Der Achtkerner verzichtet wie sein Vorgänger auf leistungsschwache, aber stromsparende Efficiency Cores und überlässt den stärkeren Kernen die ganze Arbeit. Ein Cortex-X925 mit einer Taktrate bis zu 3,62 GHz wird flankiert von drei Cortex-X4 mit 3,3 GHz und vier Cortex-A720 mit bis zu 2,4 GHz. Mediatek ist der bislang einzige Hersteller, der die neuen Rechenkerne nach ARMv9.2-Architektur nutzt.

### Jede Menge Power

Der Mediatek-Chip hängt seinen eigenen Vorgänger, den Dimensity 9300+ im Xiaomi 14T Pro, ebenso deutlich ab wie den Qualcomm Snapdragon 8 Gen 3 – selbst in der höher getakteten Samsung-Variante. Der Google Tensor G3 im Pixel 9 Pro hechelt hoffnungslos hinterher, und selbst dem Apple A18 zeigt der 9400 oft die Hacken. Die detaillierten Ergebnisse ausgewählter Tests finden Sie im Benchmark-Diagramm.

Die Akkulaufzeiten sind trotz der rohen Kraft des Prozessors ausgezeichnet. Das liegt nicht zuletzt daran, dass Oppo dem Find X8 Pro einen mächtig starken Akku verpasst hat: Satte 5910 mAh stecken in der Lithium-Polymer-Zelle, mehr ist bei Smartphones kaum zu finden. Geladen wird wahlweise über USB-C-Kabel mit bis zu 80 Watt oder drahtlos mit maximal 50 Watt, dann aber nur mit einem proprietären Induktionsladegerät. Das kostet 59 Euro, ist derzeit aber nur schwer zu bekommen. Fast 23 Stunden Laufzeit im Spiele-Test sind in unserer Datenbank rekordverdächtig, und auch in den Szenarien mit Videoplayback und -streaming überzeugt das Oppo. Im Alltag reicht es in der Regel aus, jeden zweiten Tag das Ladegerät aus der Schublade zu holen.

### Empfangsprobleme

Ganz und gar nicht rund lief unser Testgerät hingegen, wenn es um den Mobilfunkempfang im Netz der Telekom ging. Legt man eine SIM ein, bleibt das Smartphone kaum länger als eine Minute im 5G-Netz und fällt zurück auf 2G oder verliert gleich ganz den Empfang. Dann taucht irgendwann das 5G-Symbol wieder auf, nur um direkt wieder zu verschwinden. Dieses Verhalten zeigten auch mindestens zwei weitere Testgeräte anderer Medienvertreter. Das Problem trat ausschließlich im Telekom-Netz auf, mit SIM-Karten in den Mobilfunknetzen von Vodafone und

## High-End-Smartphones: Benchmarks und Akkulaufzeiten

Modell	Geekbench 6 Single-Core [Punkte]	Geekbench 6 Multi-Core [Punkte]	GFXBench Manhattan 3.0 off-screen [fps]	GFXBench Manhattan 3.1 off-screen [fps]	3DMark Wild Life Extreme [Punkte]	3DMark Solar Bay [Punkte]	Akkulaufzeit YouTube-Stream <sup>1</sup> WLAN [h]	Akkulaufzeit Video 4k/120 fps <sup>1</sup> [h]	Akkulaufzeit 3D-Spiel <sup>1</sup> [h]
	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶
Apple iPhone 16 Pro	3399	8486	275	188	4224	8463	22,6	12,6	9,5
Google Pixel 9 Pro	1740	3862	232	153	2525	–	21,7	9,4	9,8
Oppo Find X8 Pro	2160	7412	466	328	6362	11624	26,7	13,6	22,7
Samsung Galaxy S24 Ultra	2248	7070	327	218	5272	8343	27,5	13	16,9
Xiaomi 14T Pro	2143	6986	391	273	4105	6421	22,8	12,2	11

<sup>1</sup> gemessen bei 200 cd/m<sup>2</sup> und maximaler Auflösung

O2 war der Empfang stabil. Einzige Abhilfe war, 5G zu deaktivieren, denn im LTE-Netz verhielt sich das Smartphone normal. Wir haben den Fehler an den Hersteller gemeldet, nach zwei Wochen und kurz vor Redaktionsschluss hatte Oppo mit einem Update die Lösung parat. Passieren sollte so ein Fehler trotzdem nicht.

Bei der Kamera arbeitet Oppo – eine weitere Parallele zur Schwestermarke OnePlus – mit Hasselblad zusammen. Gleich vier 50-Megapixel-Kameras sind im Find X8 Pro untergebracht: Hauptkamera, Ultraweitwinkel und zwei Teleobjektive mit dreifacher und sechsfacher Vergrößerung. Bis auf das Ultraweitwinkel sind alle Objektive optisch stabilisiert. Selfies speichert das Find X8 Pro mit einer Auflösung von 32 Megapixel und einer umschaltbaren Brennweite von 25 oder 21 Millimeter.

Während die Selfies mit der Frontkamera bei wenig Licht ab und an verwackeln, liefern die vier Kameras auf der Rückseite sehr ordentliche Aufnahmen ab. Schärfe und Detailreichtum passen, vor allem das lange Tele produziert – optischer Stabilisierung sei Dank – sehr brauchbare Aufnahmen von weiter entfernten Motiven. Bei allen vier Objektiven die volle Sensorauflösung zu haben ist hilfreich, um die Fotos zu beschneiden oder anderweitig zu bearbeiten. Die Farben sind naturgetreu, bei Aufnahmen mit weniger Licht hier und da ein wenig kühl. Bei solchen Bedingungen tendieren allerdings viele Smartphones zu einem Gelbstich und einer zu warmen Darstellung; das Find X8 Pro schlägt die andere Richtung ein. Bei Nachtaufnahmen reicht das Oppo nicht ganz an die besten Smartphonekameras heran, seine Bilder werden ohne Stativ gelegentlich unscharf, zudem knabbert die Software in der Dunkelheit beim Entrauschen allzu gierig an den Details.

Der Kameraauslöser an der Seite des Find X8 Pro hat keine Zwischenstufe zum

Fokussieren, der minimale Tastenhub erfordert sehr viel Fingerspitzengefühl. Die Taste sitzt zu weit in der Mitte des Smartphones, im Querformat ist sie nur unbequem zu verwenden. Im Hochformat immerhin liegt sie direkt unter dem rechten Daumen.

Das OLED-Display des Find X8 Pro ist als LTPO-Panel ausgeführt; die maximale Bildwiederholrate liegt bei 120 Hertz. Im Normalbetrieb haben wir eine maximale Helligkeit von 1128 cd/m<sup>2</sup> gemessen, das reicht für alle Lebenslagen. In den Systemeinstellungen finden sich drei Farbmodi: natürlich, pro und lebhaft. Schon im natürlichen Modus sind die Farben intensiv. Lebhaft überzeichnet vor allem Rottöne stark. Die Farbtemperatur ist frei einstellbar, zusätzlich lässt sich die Option „Naturtonanzeige“ aktivieren. Dann passt das Smartphone die Darstellung anhand der Lichtbedingungen der Umgebung automatisch an.

Oppos Android-Version heißt ColorOS und läuft, anders als etwa Samsungs OneUI, schon auf Android 15. Das Update traf im Verlauf unseres Tests auf dem Find X8 Pro ein. Der Hersteller verspricht, über einen Zeitraum von sechs Jahren neue Android-Versionen und Sicherheitspatches zu liefern.

ColorOS erweitert die bekannten Android-Gesten um einige, etwa für Screenshots oder eine geteilte Ansicht mit zwei Apps parallel. Mit einem Fingerstrich erreicht man jederzeit die sogenannte Shelf-Anzeige, auf der man mit Widgets einen Überblick über die wichtigsten Nachrichten und Aufgaben des Tages bekommt. Oppo lässt bei vielen Designentscheidungen den Anwendern die Wahl, etwa ob alle Apps auf den Homescreens oder im App-Drawer landen sollen. Schnelleinstellungen und Benachrichtigungen lassen sich auf Wunsch trennen: Benachrichtigungen zieht man von oben links ins Display, die Einstell-Optionen von oben rechts.

### Fazit

Das Oppo Find X8 Pro hat jede Menge Leistung und wird auch in einigen Jahren noch schnell genug für alles sein, was sich einem Smartphone so in den Weg stellt. Die vier hochauflösenden Kameras bietet viel kreativen Spielraum und der Akku ist kaum kleinzukriegen. (sht@ct.de) **ct**

### Oppo Find X8 Pro

Android-Smartphone	
Hersteller, URL	Oppo, oppo.com
Betriebssystem / Patch-Level	Android 15 / November 2024
Funktionsupdates / Sicherheitspatches laut Hersteller bis min.	Android 20 / Oktober 2030
Ausstattung	
Prozessor / Kerne × Takt	Mediatek Dimensity 9400 / 1 × 3,6 GHz, 3 × 3,3 GHz, 4 × 2,4 GHz
Grafik / KI-Einheit	ARM Immortalis-G925 MC12 / Mediatek NPU 890
Arbeitsspeicher / Flash-Speicher (frei) / Wechselspeicher (Format)	16 GByte / 512 GByte (457 GByte) / –
SIM-Slots / eSIMs / LTE / 5G (mmWave) / SAR-Wert	2 × nanoSIM / 1 × eSIM / ✓ / ✓ (–) / k.A.
WLAN / Bluetooth / UWB / Standortdienste	WiFi 7 / 5.4 / – / GPS, Glonass, Beidou, Galileo
NFC / Fingerabdruck (Position)	✓ / ✓ (Display)
USB-Anschluss / Kopfhöreranschluss	USB-C 3.2 Gen 1, OTG, DP / –
Akku / wechselbar / Schnellladetechnik / drahtlos ladbar	5910 mAh / – / 80 W / ✓ (50 W)
Maße (H × B × T) / Gewicht / Schutzart	16,23 cm × 7,67 cm × 0,82 ... 1,23 cm / 215 g / IP68
Display	
Diagonale / Technik / Auflösung / Punktdichte	6,8 Zoll / OLED / 2780 × 1264 Pixel / 450 dpi
Helligkeitsregelbereich / Ausleuchtung / max. Bildrate	1,8 ... 1128 cd/m <sup>2</sup> / 96 % / 1–120 Hz
Kameras	
Hauptkamera: Auflösung / Blende / OIS	50 MP / f/1,6 / ✓
Ultraweitwinkel: Auflösung / Blende / OIS	50 MP / f/2 / –
Tele: Auflösung / Blende / OIS / Vergrößerung	50 MP / f/2,6 / ✓ / 3-fach
zweites Tele: Auflösung / Blende / OIS / Vergrößerung	50 MP / f/4,3 / ✓ / 6-fach
Frontkamera: Auflösung / Blende / OIS	32 MP / f/2,2 / –
Preis	
unverbindlicher Verkaufspreis (UVP)	1199 €
✓ vorhanden – nicht vorhanden	



# Business Class Light

## Business-Smartphone Motorola ThinkPhone 25 im Test



**Mit dem zweiten ThinkPhone ändert die Lenovo-Tochter Motorola die Marschrichtung: Mittelklasse statt High-End, Pragmatismus statt Extravaganz. Der Schritt lohnt sich zumindest dann, wenn es nicht auf jeden Euro ankommt.**

Von Steffen Herget

Motorola gehört zu Lenovo, und deren ThinkPad-Notebooks genießen in der Geschäftswelt einen ausgezeichneten Ruf. Zum zweiten Mal kommt nun aus der Think-Linie ein Smartphone, doch mit dem ThinkPhone 25 wechselt Motorola die Leistungsklasse: Statt im High-End ist es im kostenbewussten, vernünftigen Mid-Range-Bereich einsortiert.

Das explizit als Businessgerät positionierte Smartphone gibt es nicht nur für Geschäftskunden, es ist bei Motorola im Online-Shop frei verfügbar und kostet knapp 500 Euro. Im Karton liegen neben dem Smartphone auch das passende Netzteil samt Kabel, eine Schutzhülle und ein USB-C-In-Ear-Kopfhörer.

Das ThinkPhone ist ein leichtes Smartphone, seine 172 Gramm merkt man deutlich weniger in der Hosentasche als viele andere aktuelle Modelle. Mit einer Bildschirmdiagonale von knapp 6,4 Zoll (etwa 16,3 Zentimeter) ist es nach heutigen Maßstäben zudem eher kompakt, es ist im Vergleich mit dem Vorgänger kürzer und schmaler geworden. Die matte Rückseite aus Aramidfaser sieht edel aus, lässt Fingerabdrücke und Schmierereien aber eher

an sich ran als hartes Glas. Gorilla Glass 7 schützt das Display gegen Kratzer und Sprünge, zusätzlich bringt Motorola eine Schutzfolie auf. Das ThinkPhone 25 ist nach IP68 gegen Wasser und Staub geschützt und hat Sturztests nach der US-Militärzertifizierung MIL-STD-810H über sich ergehen lassen.

Das OLED-Display macht was her – nicht durch die Größe, aber durch die Darstellung. Das 120-Hertz-Panel zeigt strahlende Farben und tiefe Kontraste, die Bildschärfe ist ausgezeichnet. Im Regelbetrieb schafft es eine Helligkeit von knapp über 1200 cd/m<sup>2</sup>, das reicht auch im Hellen locker aus. Die Bildwiederholrate lässt sich fest auf 60 oder 120 Hertz einstellen oder – die Voreinstellung – adaptiv vom Smartphone regulieren, je nach Bildschirminhalt.

### Ausreichend Leistung, lange Ausdauer

Die Performance des MediaTek Dimensity 7300, der auf 8 GByte Arbeitsspeicher zugreift, ist vollkommen ausreichend, ohne Bäume auszureißen. Ein klassischer Mittelklasseprozessor eben, der in Benchmarks keine Rekorde aufstellt, aber das Smartphone flott durch Browser, Apps, Menüs und Homescreens schiebt. Auch ein Spielchen zwischendurch verkraftet er, doch High-End-Games sind ebenso wenig sein Ding wie unser hochauflösendes Testvideo in 4K mit 120 fps, das nur mit leichtem Ruckeln läuft. Immerhin: Der Prozessor hält auch bei längerer Belastung die Leistung konstant, wärmebedingte Drosselung ist kein Thema.

Auf dem Papier ist der Akku des ThinkPhone 25 nicht besonders beeindruckend, 4310 mAh sind eher unter dem Durchschnitt aktueller Smartphones. Be-

eindruckend ist jedoch, welche Laufzeiten Motorola aus dem Akku herausquetscht. Über 22 Stunden Streaming im WLAN, mehr als 17 Stunden durch Asphalt 8 rasen oder 14 Stunden 4K-Video playback, das sind hervorragende Werte. Mit einem ausreichend starken Ladegerät – das ThinkPhone zieht bis zu 68 Watt – ist der Akku in einer Dreiviertelstunde voll geladen. Drahtlos mit maximal 15 Watt dauert es naturgemäß deutlich länger, auf diese Weise muss man etwa drei Stunden einkalkulieren.

Motorolas Android zeigt sich an der Oberfläche aufgeräumt und verzichtet, anders als etwa das von Samsung oder Xiaomi, weitestgehend auf eigene Apps als Pendant zu ohnehin verpflichtend installierten Google-Anwendungen. Hinzu kommen die von Motorola bekannten Schüttel- und Drehgesten zum Steuern von Kamera und Taschenlampe sowie einige weitere Softwarefeatures. Mit Moto Unplugged kann man das Smartphone zeitweise auf einige wenige Funktionen begrenzen, um sich etwa bei der Arbeit weniger ablenken zu lassen. Moto Gametime mit erweiterten Optionen für Handyspiele wiederum hätte man sich bei einem Businessgerät dieser Leistungsklasse sparen können.

Motorola verspricht, die Android-Version und die Sicherheitspatches bis 2029 aktuell zu halten. Fünf Jahre Updates gehen in Ordnung, gerade auf der Business-Schiene hätte es aber auch noch ein bisschen mehr sein dürfen.

Mit Motorola Smart Connect arbeitet das ThinkPhone gut mit Windows-Laptops, Miracast-Fernsehern und Chromecast-Displays zusammen; die Kommunikation läuft drahtlos oder per USB-C-Kabel. So lassen sich Daten austauschen,

Maus und Tastatur über Gerätegrenzen hinweg bewegen und Apps im Fenstermodus ausführen. Zu den Business-Features des ThinkPhone zählt ThinkShield. Unter diesem Namen fasst Motorola erweiterten Support und verbesserte Datensicherheit auf den Geräten zusammen. Hierfür werden die Hardware-Sicherheitsfunktionen Secure Boot und ein Firmware-Schutz kombiniert, um das Gerät gegen Malware, Phishing und Netzwerkangriffe zu schützen. Neben den beiden ThinkPhone-Modellen unterstützen auch das Edge 50 Ultra, das Edge 50 Neo und das Motorola G75 5G ThinkShield.

Von der Dreifachkamera des ThinkPhone sind keine Wunderdinge zu erwarten. Die Hauptkamera macht ordentliche Fotos bei guten Lichtbedingungen, die natürliche Farben zeigen und bis in die Randbereiche scharf sind. Bei Dämmerlicht und noch dunkleren Bedingungen steigen die Probleme in Form von Bildrauschen und verschluckten Details. Nachtaufnahmen im entsprechenden Modus fangen die Lichtstimmung passend ein, Details und Konturen erscheinen aber eher wie gemalt, viele Feinheiten gehen beim genauen Hinsehen verloren. Das

Dreifach-Tele und das Ultraweitwinkel-Objektiv fallen hinsichtlich der Schärfe ab, die Farbdarstellung über die drei Kameras bleibt aber konsistent.

**Fazit**

Das ThinkPhone 25 ist ein pragmatisches Smartphone. Es sieht schick aus, ist schnell genug für den Alltag, hält lange ohne Aufladen durch und hat eine aufgeräumte Software, die fünf Jahre lang Updates erhalten soll. Extravaganz findet man hier nicht, aber das ist in den meisten Büros ja nicht anders – und dort soll das ThinkPhone schließlich seinen Platz einnehmen.

Einer der stärksten Rivalen des ThinkPhone kommt ebenfalls von Motorola, allerdings nicht aus der Business Class: das Edge 50 Neo. Das ist nämlich technisch identisch, wenn man vom anderen Schutzglas über dem Display absieht, aber günstiger. Schon für etwas weniger Geld als das ThinkPhone bekommt man es mit doppeltem Speicher, seit dem Black Friday kostet das Neo mit 512 GByte sogar nur noch etwa 300 Euro – und ThinkShield sowie Smart Connect unterstützt das Edge 50 Neo ebenfalls. (sht@ct.de) **ct**

**Motorola ThinkPhone 25**

Android-Smartphone	
Hersteller, URL	Motorola, motorola.com
Betriebssystem / Patch-Level	Android 14 / November 2024
Funktionsupdates / Sicherheitspatches laut Hersteller bis min.	Android 19 / Oktober 2029
Ausstattung	
Prozessor / Kerne × Takt	MediaTek Dimensity 7300 / 4 × 2,5 GHz, 4 × 2 GHz
Grafik / KI-Einheit	ARM Mali-G615 MC2 / MediaTek NPU655
Arbeitsspeicher / Flash-Speicher (frei) / Wechselspeicher (Format)	8 GByte / 256 GByte (219 GByte) / –
SIM-Slots / eSIMs / LTE / 5G (mmWave) / SAR-Wert	1 × nanoSIM / 1 × eSIM / ✓ / ✓ (–) / 0,86 W/kg
WLAN / Bluetooth / UWB / Standortdienste	Wi-Fi 6E / 5.4 / – / GPS, Glonass, Beidou, Galileo
NFC / Fingerabdruck (Position)	✓ / ✓ (Display)
USB-Anschluss / Kopfhöreranschluss	USB-C 2.0, OTG, DP / –
Akku / wechselbar / Schnellladetechnik / drahtlos ladbar	4310 mAh / – / 68 W / ✓ (15 W)
Maße (H × B × T) / Gewicht / Schutzart	15,4 × 7,12 × 0,81 ... 1,17 cm / 171 g / IP68, MIL-STD-810H
Display	
Diagonale / Technik / Auflösung / Punktdichte	6,4 Zoll / OLED / 2670 × 1220 Pixel / 458 dpi
Helligkeitsregelbereich / Ausleuchtung / Bildrate	2,62 ... 1201 cd/m <sup>2</sup> / 92 % / 1-120 Hz
Kameras	
Hauptkamera: Auflösung / Blende / OIS	50 MP / f/1,8 / ✓
Ultraweitwinkel: Auflösung / Blende / OIS	13 MP / f/2,2 / –
Tele: Auflösung / Blende / OIS / Vergrößerung	10 MP / f/2 / ✓ / 3-fach
Frontkamera: Auflösung / Blende / OIS	32 MP / f/2,4 / –
Benchmarks, Lauf- und Ladezeiten	
Ladezeit 50 % / 100 %	18 min / 43 min
Laufzeiten <sup>1</sup> lokales Video 4K / 3D-Spiel / Stream	14,2 h / 17,8 h / 22,6 h
Geekbench V5 Single, Multi / V6 Single, Multi	788, 2844 / 1044, 3014
3DMark Wild Life Extreme / Steel Nomad Light	859 / 350
GFXBench Car Chase / Manhattan 3.0 / Manhattan 3.1 (je On-, Offscreen)	24 fps, 33 fps / 65 fps, 80 fps / 42 fps, 56 fps
UVP	499 €
<sup>1</sup> gemessen bei 200 cd/m <sup>2</sup>	✓ vorhanden – nicht vorhanden



18.02.2025 \ \ München

Die Proxtalks ist das ideale Event für alle, die sich für Proxmox begeistern. Treffen Sie die Experten und erfahren Sie aus erster Hand, wie Sie neue Funktionen & Integrationen optimal nutzen können. Genießen Sie spannende Vorträge und Diskussionsrunden mit der Proxmox-Community.

**proxtalks**



Jetzt Ticket sichern:

[thomas-krenn.com/talk](https://thomas-krenn.com/talk)

**THOMAS KRENN**<sup>®</sup>

IT's people business





# Durchgedreht

## Nuki Smart Lock Ultra mit schnellem Motor im Test

**Das Motorschloss soll im „Insane“-Modus eine Tür so flott wie von Hand ver- und entriegeln. Das Ergebnis ist bequem, aber der Montageaufwand ungewöhnlich hoch.**

Von Berti Kolbow-Lehradt

**N**uki packt das Eckige ins Runde: In der seit Dezember für 350 Euro erhältlichen fünften Smart-Lock-Generation integriert der Hersteller Motor, Getriebe und Akku in einen zylinderförmigen Knauf. Der kastenartige Unterbau vorheriger Produkte ist passé. Dadurch ist das Ultra-Modell

mit einem Durchmesser von 57 Millimetern und einer Tiefe von 58 Millimetern etwa zwei Drittel kleiner als das Nuki Pro 4 (Test in c't 10/2024).

Die Edelstahloptik des getesteten Vorserienexemplars wirkt hochwertig. Hingegen hatte ein passend zur Türfarbe wechselbarer Plastikring in Schwarz oder Weiß zu viel Spiel und wackelte irritierend.

Bisherige Nuki-Modelle stülpt man über den Kopf des von innen in die Tür gesteckten Schlüssels und fixiert sie mit Madenschrauben am Schließzylinder oder mit Klebepads am Beschlag. Für einen gesteckten Schlüssel ist im Ultra-Gehäuse kein Platz. Es passt nur auf die Kupplung eines mitgelieferten Europrofil-Schließzylinders von Nuki, den man anstelle des vorhandenen einbaut. Der Ersatz passt an

innen bis zu 67,5 mm sowie außen bis zu 55 mm dicke Türblätter, was den Großteil gängiger Türmaße abdeckt. Von außen ist der Zylinder mit drei beiliegenden Schlüsseln schließbar. Gemäß der höchsten Sicherheitsklasse der niederländischen Zertifizierungsgesellschaft SKG widersteht er fünfminütigen Einbruchsversuchen.

Durch die Montage führt ein Dialog der Nuki-App. Er ist niederschwellig, aber hier und da ungenau. Daher erforderte das Kürzen und Zusammensetzen des Universalzylinders mehrere Versuche. Das Bluetooth-Pairing zum Motorschloss brauchte auch mehrere Anläufe. Im Betrieb funkte dann alles stabil.

Für einen Fernzugriff aktiviert man optional WLAN oder das weniger energiehungrige Matter-over-Thread. Mit Thread-Border-Routern und der Home-App von Apple harmonisierte das Motorschloss einwandfrei. Solche Zusatzdienste erfordern meist Cloud-Konten, bei der Nuki-App erfreulicherweise nicht. So ist ein lokaler und anonymer Betrieb möglich.

Das Ultra-Modell bedient man wie Nukis vorherige Motorschlösser. Wenn nicht klassisch per Schlüssel, dann öffnet und schließt man es per App, von innen alternativ durch einen Dreh am oder Druck auf dem Knauf. Mit Nuki-Keypads versteht sich der Neuzugang. Das Öffnen per Smartphone-Auflegen (NFC) verspricht der Hersteller zum Start des Aliro-Standards in 2025.

Die Hände frei behält man per Auto-Unlock: Das Entriegeln beim bloßen Annähern mit dem verknüpften Smartphone klappte zuverlässig. Schließrechte für Auto-Unlock und App-Zugriff an andere zu übertragen gelang einwandfrei. Im Test noch nicht verfügbar war eine angekündigte Datenmigration von Bestandsschlössern auf das Ultra.

### Von zart bis geisteskrank

Eine Neuheit ist die Auswahl dreier Schließgeschwindigkeiten. Die schnellste namens „Insane“ soll den Zylinder zweimal in 1,5 Sekunden drehen, eine halbe Sekunde flotter als beim mittleren Tempo des Standardmodus. Handgestoppt dauerte beides je etwa eine halbe Sekunde länger. Das ist etwa so schnell, als ob man selber zum Schlüsselbund greifen würde. Im Vergleich zum Vorgänger Nuki Pro 4 ist der Unterschied tatsächlich „insane“, es brauchte im Test ganze sieben Sekunden.

Für die dritte Ultra-Option „Gentle“ nennt Nuki keine Zielvorgabe. Wir stopp-





Das Nuki Smart Lock Ultra (Mitte) ist zwei Drittel kleiner als das Nuki Pro 4 (links). Das Tedee Go (rechts) ist minimal länger, bietet Platz, um einen herkömmlichen Schlüssel zu drehen, braucht aber für den Fernzugriff eine separate Bridge.

ten rund fünf Sekunden. Das ist für einen bequemen Auto-Unlock zu lahm. Womöglich ist die Tür noch verschlossen, wenn man sich ihr geschwind nähert. Wiederum von Vorteil ist das gleichzeitig niedrige Betriebsgeräusch. Beim nächtlichen Einsatz lässt es Schlafenden am ehesten die Bettruhe.

Das hohe Spitzentempo und die Geschwindigkeitsauswahl realisiert Nuki durch einen bürstenlosen Motor. Er ist effizienter, leistet mehr und lässt sich präziser ansteuern als Antriebe mit Gleitkontakten, die Reibung erzeugen. Welches Tempo man wählt, beeinflusst die bis zu sechsmonatige Akkulaufzeit laut Nuki kaum. Die Wahl der Funkverbindung und die Schwergängigkeit der Tür sei bedeutsamer. Für ein Urteil zur Laufzeit war der Testzeitraum zu kurz.

Nuki baut den Akku erstmals fest ein und kann ihn nur selbst tauschen. Neue Energie tankt das Schloss per Magnetanschluss. Ein Zwei-Meter-Ladekabel mit USB-C am anderen Ende liegt im Karton, ein Netzteil nicht. Nuki beziffert die Ladedauer auf zwei Stunden. Das Schloss kann dabei montiert bleiben.

### Fazit

Wer Nukis bisherige Kolosse zu wuchtig fand, kann die Haustür nun mit einer eleganteren Alternative der Marke aufschlauen. Ungeduldige freut zudem das höhere Schließtempo. Dafür muss man einen markeneigenen Schließzylinder und die für Nuki ungewohnt aufwendige Montage akzeptieren. Die Installationsanleitung der App braucht noch Feinschliff. Andere Software-Features machen das wett. Dazu gehören ein zuverlässiger Auto-Unlock und energiesparsamer Fernzugriff per Matter-over-Thread. Der hohe Preis ist vertretbar, weil es diese Feature-Kombi woanders nicht gibt. (sha@ct.de) **ct**

## Nuki Smart Lock Ultra

Smartes Türschloss	
Hersteller, URL	Nuki, nuki.io
Systemanf.	Smartphone mit Android oder iOS, proprietärer Europrofilzylinder
Schnittstellen	Wi-Fi 4 (2,4 GHz), Bluetooth 5, Matter-over-Thread
Maße	57 mm Durchmesser, 58 mm Tiefe, 250 g
Energieversorgung	LiPo-Akku (870 mAh), Magnetanschluss (proprietär) auf USB-C
Preis	350 € (Schloss und Zylinder)



# MIT Mac & i IMMER AM BALL

2x Mac & i mit  
35% Rabatt testen!

Mac & i – Das Magazin rund um Apple

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

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



+ Geschenk nach Wahl

z. B. Kabelbox mit Adaptern  
oder Buch Apple Junkies



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

Jetzt bestellen:

[www.mac-and-i.de/vorteil](http://www.mac-and-i.de/vorteil)

leserservice@heise.de 0541 80009 120



## Partykracher

**Das akkubetriebene PA-System Anny 8 von LD Systems beschallt kleine Events und soll auch Straßenmusiker beglücken.**

Wer Events oder Feiern beschallen möchte, stößt mit kleinen Bluetooth-Boxen an Grenzen und benötigt ein PA-System. Die Modelle von LD Systems, einer Marke der Adam-Hall-Gruppe, gelten unter Veranstaltungstechnikern, DJs und Musikern als solide, ihr Sound als überzeugend. LD-Systems-PAs sind oft teuer, doch die Anny-Serie bietet einen erschwinglichen und benutzerfreundlichen Einstieg. Anny-Boxen sind in zwei Größen erhältlich, nämlich mit 8-Zoll- und mit 10-Zoll-Mitteltiefen sowie jeweils mit zusätzlichem 1-Zoll-Hochtöner. Beim Kauf wählt man noch Ausstattungsoptionen, zum Beispiel ein integriertes Funkmodul und verschiedene Mikrofone. Wir haben uns die kleine Anny 8 angeschaut.

Die Anny 8 hat die Größe einer Umzugs-Bücherkiste und wiegt rund neun Kilogramm. Auf der Oberseite befindet sich eine eingelassene Schiene als Halterung für Smartphones oder Tablets, und eine USB-C-Buchse auf der Rückseite lädt angeschlossene Geräte – die Box selbst hat zum Aufladen ein herkömmliches Kaltgerätekabel. Ein Tragegriff erleichtert den Transport. Als Zubehör gibt es einen sehr guten Rucksack, der auch als Regenschutz dient. Eine Klappe auf der Oberseite des Anny 10 verbirgt bis zu zwei Mikrofone, die mit einem Funkmodul genutzt werden können. Alternativ lassen sich Mikrofone per Kabel anschließen – allerdings nur solche ohne

Phantomspannung. Die Box ist hinten angeschrägt, um sie kippen zu können, und hat eine Aufnahme für Boxenstative, was eine bessere Schallausbreitung ermöglicht.

Auf der Rückseite lassen sich Zuspierer, Musikinstrumente und Mikrofone anschließen. Die Anny 8 verfügt über zwei Kombibuchsen (XLR/Klinke) für symmetrische oder unsymmetrische Eingänge. Zudem gibt es einen unsymmetrischen Stereoeingang per Cinch und einen parallelen Eingang per Miniklinke, etwa für CD-Player. Bluetooth-Musik vom Smartphone spielt sie ebenfalls ab. Zwei Anny-8-Boxen lassen sich drahtlos zu einem Stereopaar koppeln.

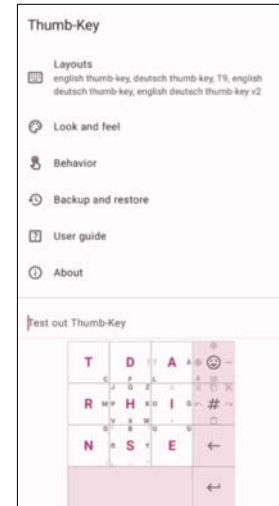
Mit Drehreglern justiert man die Lautstärke der Kanäle. Ein Menütaster speichert Voreinstellungen und öffnet eine Effektsammlung, etwa für Hall oder Chorus-Effekte. Eine Ducking-Funktion senkt die Hintergrundmusik ab, sobald jemand ins Mikrofon spricht. Das monochrome und minimalistisch gehaltene Display zeigt übersteuerte Kanäle und hilft, im Menü zu navigieren. Ein Signalprozessor passt den Frequenzgang für Musik- oder Stimmwiedergabe an; im Eco-Modus spart er Energie, damit der Akku etwa elf Stunden hält.

Klanglich überzeugt die Anny 8 mit druckvollen Bässen und ausgewogenen Mitten. Das „Musik-Prese“ dürfte den üblichen Hörgewohnheiten vieler am besten entsprechen. Nachteilig ist, dass der 3-Band-Equalizer nur auf den Summenkanal wirkt, man also beispielsweise nicht den Frequenzgang des Mikrofons separat justieren kann.

Für spontane Gigs im kleinen Kreis bekommt man ohne großes Menügefummel schnell einen guten Klang hin. Bei Tests in einer halligen Kirche hätten wir uns einen Feedback-Suppressor gewünscht, wie ihn die Yamaha Stagepas 200 bietet. Anders als diese ist die Anny aber narrensicher bedienbar und ihr Akku hält sehr lange durch, bei Erdbeben simulierender Vollaustattung locker drei Stunden, bei gehörschonendem Betrieb waren locker elf Stunden drin. Wer noch mehr Wumms braucht, hat mit der Anny 10 eine Alternative in Trolley-Bauweise mit 10-Zoll-Mitteltiefen. (mil@ct.de)

### LD Systems Anny 8

Mobiles PA-System	
Hersteller, URL	Adam Hall Group, ld-systems.com
Leistung	80 Watt (RMS), 160 Watt (Spitze)
Eingänge	2-fach Kombi (Klinke/XLR), 2-fach Cinch, 3,5 mm Stereoklinke, Bluetooth 5.0
Preis	549 € (Box)



## Zwei-Finger-Tastatur

**Die Android-Tastatur Thumb-Key ist auf das Tippen am Smartphone optimiert und bricht dafür mit Gewohntem.**

Schluss mit QWERTZ: Thumb-Key präsentiert statt dem üblichen Layout ein Raster aus nur 3x3 relativ großen Tasten. Die häufigsten neun Buchstaben kann man so direkt antippen; alle weiteren erreicht man, indem man von einer Taste in eine von neun Richtungen wischt.

Das passt deutlich besser zum Tippen mit dicken Daumen auf einem Touchscreen. Sogar einhändig kann man so einigermaßen bequem schreiben. Die App bringt Dutzende von Layouts für verschiedene Sprachen, Tipp- und Schreibstile sowie Sprachkombinationen mit, aus denen man das am besten passende auswählen kann. Thumb-Key macht so auch übliche Helferlein wie automatische Wortvorschläge überflüssig; nicht zuletzt, weil die oft Datenschleudern sind.

Eine Reihe von Zusatztasten am Rand sowie diverse konfigurierbare Tricks helfen, auch für Emojis, Copy & Paste, Undo & Redo und andere Aktionen, die Daumen nicht mehr von der Tastatur nehmen zu müssen. Man gewöhnt sich erstaunlich rasch an das System, aber es braucht Übung, bis man damit schnell tippt. (syt@ct.de)

### Thumb-Key

Software-Tastatur für Mobilgeräte	
Hersteller, URL	Dessalines, github.com/dessalines/thumb-key
Systemanf.	Android
Preis	kostenlos, Open-Source-Lizenz (AGPLv3)



## Kleiner Etikettierer

**Der günstige Thermodrucker Phomemo T02 verbindet sich per Bluetooth mit dem Smartphone und erstellt fünf Zentimeter breite Klebeetiketten.**

Mit knapp 190 Gramm wiegt der Minidrucker von Phomemo kaum mehr als ein Smartphone und passt in die Manteltasche. Zudem kostet er je nach Lieferumfang nur zwischen 43 und 48 Euro. Das fast quadratische Kästchen bezieht seine Energie aus einem fest eingebauten Li-Ionen-Akku (1000 mAh) und verbindet sich via Bluetooth mit Android- und iOS-Mobilgeräten.

Vor dem ersten Einsatz öffnet man den Drucker und setzt eine Rolle Thermo-papier in den Rollenhalter. Der passt durch zwei unterschiedlich geformte Führungen nur richtig herum ins Gehäuse und ist darin nach dem Einsetzen fest verankert. Nur die Rolle im Halter kann sich beim Drucken frei drehen. Zwei dünne Gummivalzen übernehmen den Papiertransport und führen es am fünf Zentimeter breiten Thermodruckkopf entlang. Eine feine Säge aus Metall am Ausgabeschlitz dient als Abrisshilfe. Bei selbstklebendem Papier ist das Trägerpapier etwas breiter als das Thermo-papier, was das spätere Abziehen erleichtert.

Sonst gibt es nur einen frontalen USB-C-Anschluss als Ladebuchse und eine Einschalttaste mit kleiner Status-LED an der rechten Seite. Nach Aufladen des Akkus schaltet ein drei Sekunden langer Tastendruck den T02 ein.

Zum Drucken braucht man die Phomemo-App aus den App-Stores von Apple und Google. Auf der Phomemo-Website erwähnt der Hersteller weitere Apps (Print Master, Labelife), die mit dem T02 aber nicht funktionieren. Die brauchbare Phomemo-App koppelte den Mini-Drucker im Test problemlos an und druckte grobrastert Bilder, Texte in verschiedenen Schriftarten, Größen und Ausrichtungen. Sie enthält mit „Scannen und Drucken“ zudem eine Kopierfunktion und erstellt QR-Codes zum Ausdrucken.

Für weitere teils KI-gestützte Funktionen und Vorlagen verlangt Phomemo aber den Abschluss eines Abos. Da der Hersteller besonders Kinder bewirbt (selbstklebende Schummelzettel), sind Apps mit eingebauten Kostenfallen mehr als fragwürdig. Weil der T02 ein proprietäres Bluetooth-Profil benutzt, erkennen ihn Windows und die Druckdienste der Mobilbetriebssysteme nicht als Drucker. Für Linux gibt es auf GitHub die „phomemo-tools“ von vivier, zu denen auch im Test funktionierende Cups-Treiber gehören.

Der Phomemo T02 eignet sich gut als preiswerter Labeldrucker, zumal andere Geräte mit 5 Zentimeter breitem Druck sehr teuer sind. Vom T02 als Weihnachtsgeschenk für die Kids raten wir wegen der In-App-Käufe ab. (rop@ct.de)

### Phomemo T02

Bluetooth-Minidrucker für monochromes Thermo-papier	
Hersteller, URL	Phomemo, phomemo.com
Maße (B×T×H), Gewicht	8,7 cm × 9 cm × 4 cm, 188 g
Systemanf.	Android, iOS
Preis	ab 43 €

# Do-it-Yourself-Security

Hutschienen-Firewalls für Maschinen & Anlagen



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

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

Jetzt Nägel mit Köpfen machen:

[wut.de/diy](http://wut.de/diy)



**W&T**  
www.WuT.de



# Surf-Roboter

## Browser-App mit KI-Suchagent

**Die kostenlose Browser-App „Arc Search“ fällt nicht nur durch ihr ungewöhnliches Design auf. Sie googelt auch für ihren Nutzer und liefert eine KI-Zusammenfassung ihrer Recherche. Seit Kurzem gibt es die App nicht nur für iOS, sondern auch für Android.**

Von Ronald Eikenberg

**B**rowser-Apps für Smartphones gibt es viele, ihre Unterschiede halten sich jedoch in Grenzen. Arc Search tanzt hier komplett aus der Reihe. Anders, als es der Name vermuten lässt, handelt es sich nicht um eine Suchmaschine, sondern um einen vollwertigen Browser, der verwandt mit dem Arc Browser für Desktopbetriebssysteme ist. Für iOS gibt es Arc Search schon etwas länger, seit Kurzem kommen auch Android-Nutzer auf ihre Kosten.

Zunächst fällt die reduzierte Bedienoberfläche auf: Eine Adressleiste gibt es erst mal nicht, nur ein paar Knöpfe am unteren Bildschirmrand. Eine Eingabezeile erscheint erst, wenn man den Plus-Knopf in der Mitte drückt. Anschließend kann man wie gewohnt URLs oder Suchbegriffe eingeben, zu denen die App ergänzende Vorschläge macht. Klickt man auf einen Suchvorschlag, landet man auf der eingestellten Standardsuchmaschine (etwa Google). Der Clou ist jedoch der Knopf „Browse for me“, den es für jeden Suchvorschlag gibt. Darüber ruft die Browser-App selbstständig im Hintergrund die Suchergebnisse ab und besucht anschließend auch noch die ersten paar Suchtreffer.

### KI recherchiert

Nach wenigen Sekunden präsentiert die App eine KI-generierte Zusammenfassung der Recherche, garniert mit einigen

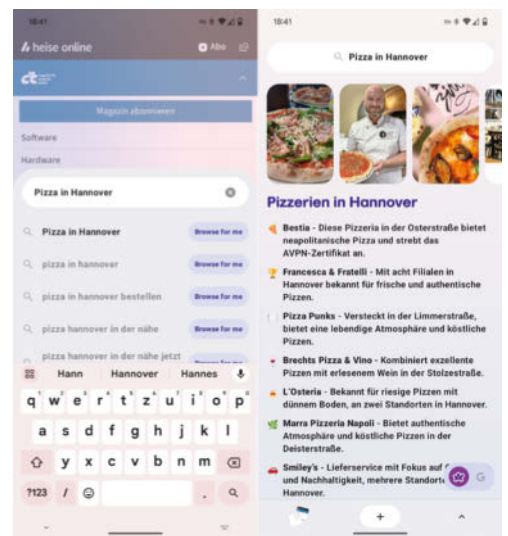
dazu passenden Bildern aus dem Web. Interessant ist hier der Blick hinter die Kulissen, genauer gesagt in den Netzwerkverkehr der App: Die „Browse for me“-Funktion nimmt zunächst direkten Kontakt mit der eingestellten Suchmaschine auf, um die Ergebnisliste abzurufen. Danach liest sie die gefundenen Websites ein – ebenfalls durch direkte Verbindungen zu den jeweiligen Servern. Zuletzt nimmt sie Kontakt mit dem KI-Server `open-ai-chat-omega.vercel.app` auf, um aus den Website-Inhalten eine Zusammenfassung zu generieren.

Das Konzept erinnert an KI-Suchmaschinen wie Perplexity. Dort läuft jedoch alles auf dem Server ab, einschließlich des Abrufens der Websites. Die App Arc Search erledigt hingegen so viel wie möglich selbst und spannt nur für die Zusammenfassung der Inhalte eine Sprach-KI ein. Einen Vergleich der Arc-App mit den wichtigsten KI-Suchdiensten finden Sie in c't 13/2024 auf Seite 94. Die Zusammenfassungen waren in unseren Versuchen zu meist informativ und hilfreich. Direkte Rückfragen zu den Ergebnissen kann man zwar nicht stellen, potenziell interessante Begriffe sind jedoch verlinkt. Ein Klick darauf stößt eine Folge-recherche zu dem jeweiligen Begriff an.

Wer Gefallen an der KI-Funktion gefunden hat, kann sie in den Einstellungen der App als Standardsuche anstelle einer traditionellen Suchmaschine einstellen. Dann wird immer die KI eingespant und die „Browse for me“-Knöpfe verschwinden. Hält man den Plus-Knopf am unteren Bildschirmrand gedrückt, kann man Arc Search sein Anliegen auch diktieren.

### Werbeblocker & Tab-Management

Auch abseits der Surf-Automation ist Arc Search ein solider Browser. Er bringt einen Werbe- und Trackingblocker mit und versucht die lästigen Cookie-Banner der Websites zu unterdrücken. Ein Inkognitomodus ist ebenfalls an Bord. Beim Tab-



Management haben sich die Entwickler wieder eine Sonderlocke einfallen lassen: Man schließt Tabs nicht, man archiviert sie. Hierzu zieht man sie in der hübsch gestalteten Tab-Übersicht nach oben. Später kann man sie über das Archiv in den Einstellungen bei Bedarf wieder aufrufen. Und weil Menschen gerne Tabs öffnen, aber nicht schließen, werden inaktive Tabs nach einer einstellbaren Zeit von 12 Stunden bis 30 Tagen automatisch archiviert. Das hilft, die Ordnung zu wahren. Klassische Bookmarks gibt es nicht, stattdessen werden Tabs angepinnt.

Die Bedienoberfläche bietet viele nette Details, so kann man aus verschiedenen App-Symbolen wählen, die auf dem Homescreen und im Launcher des Smartphones angezeigt werden. Die iOS-App ist der Android-Ausgabe etwas voraus und bietet weitere Funktionen wie eine Synchronisation mit dem großen Desktop-Browser von Arc.

### Fazit

Arc Search sticht mit seinem außergewöhnlichen Bedienkonzept und frischem Design aus dem Browser-Einerlei heraus. Die etablierten Browser-Apps wie Google Chrome wirken im direkten Vergleich etwas aus der Zeit gefallen. Besonders spannend ist die „Browse for me“-Funktion, die Google-Recherchen mithilfe von KI weitgehend automatisiert. (rei@ct.de)

## Arc Search

Browser-App mit KI-Suchagent	
Hersteller, URL	The Browser Company, <a href="https://arc.net/search">arc.net/search</a>
Systemanf.	Android 12+, iOS 16+
Preis	<b>kostenlos</b>

# Hardrock auf Fußtritt

## Bodenpedal für Gitarristen mit Neural Amp Modeler im Test



Bild: Kai Schwirzke

**Die Open-Source-Software „Neural Amp Modeler“ imitiert den Klang von Gitarren- und Bass-Amps sowie Effekten. Der NAM Player von Dimehead bringt die Modelle in einem Effektpedal in ein praktisches Format. Unser Test zeigt, was es taugt.**

Von Kai Schwirzke

Der Neural Amp Modeller (NAM) ist eine Open-Source-Software, die Verstärker, Lautsprecher und Effektgeräte für Gitarristen und Bassisten aufnimmt und deren Klang mithilfe neuronaler Netze nachbildet. Die NAM-Modelle imitieren so per Software den Klang der oft schweren und teuren Originalhardware. Wer ohne Laptop auf die Bühne oder in den Proberaum will, kann die Profile in den NAM Player des deutschen Herstellers Dimehead laden – ein robustes und Bühnentaugliches Fußpedal.

Die Hardware steckt in einem ebenso kompakten wie soliden Metallgehäuse, das gut auf ein Effektboard passt. Ein großes monochromes LC-Display hilft bei der Navigation, die über einen stufenlosen Drehregler mit Push-Funktion erfolgt. Sieben weitere Potis steuern Klangregelung, Reverb, Gain und Ausgangspegel. Vier Fußschalter mit konfigurierbaren RGB-LEDs ermöglichen die Auswahl aus 128 frei belegbaren Presets.

Auf der Rückseite befindet sich der Eingang für Gitarre oder Bass. Dazu kommen eine TRS-Klinke, über die man das Mono-Line-Signal ausgeben und externe

Effekte einschleifen kann, ein symmetrischer Line-Ausgang (XLR) sowie ein Kopfhöreranschluss. Außerdem gibt es eine USB-Buchse zum Laden von Presets, Impulsantworten und Firmware-Updates von einem Stick. Über MIDI-In kann das Pedal mit einem Controller ferngesteuert werden. Eine Computer- oder App-Anbindung existiert nicht.

### Flexibler Signalweg

Der Signalweg des Pedals ist komplex: Beispielsweise kann die Eingangssektion einen Verzerrer laden. In der nächsten Sektion folgt ein Amp-Modell. In der anschließenden Effektsektion sind bis zu drei klassische Effekte untergebracht: Tremolo, Delay und ein Convolution Hall, der mit bis zu 60 Sekunden langen Impulsantworten (also Aufnahmen der Reflexionen eines Hallraums nach einem kurzen Messimpuls) arbeitet. Die Klangeigenschaften können über zahlreiche Parameter verändert werden. Anschließend durchläuft das Signal ein Hoch- und Tiefpassfilter, bevor es in einer virtuellen Lautsprecherbox landet.

Am XLR-Ausgang liegt immer das Signal des virtuellen Lautsprechers an. Für den Klinkenausgang kann man jedoch frei entscheiden, wo er den Ton im Signalweg abgreift beziehungsweise ein externes Effektgerät einschleift.

Die Einstellungen speichert der NAM Player in Presets, zwischen denen man mit den Fußtastern wechselt. Die Klangregler sollte man im Stage-Modus zum einfachen Preset-Wechsel auf der Bühne allerdings in Ruhe lassen, sonst springen die Werte abrupt vom voreingestellten Preset auf den neuen Reglerwert.

Das Pedal bringt eine Reihe hörenswerter Amp-Modelle etwa von Marshall und Fender mit. Weitere findet man zu Hunderten kostenlos auf der Plattform

tonehunt.org oder bei kommerziellen Anbietern.

Im Vergleich zur quelloffenen NAM-Software auf PC oder Mac glänzt der NAM Player mit beeindruckend kurzen Latenzen, die selbst bei Volllast unter einer Millisekunde bleiben. Das Ergebnis ist ein Spielgefühl, das sich kaum noch von dem eines analogen Verstärkers unterscheidet.

Der NAM Player kann allerdings keine neuen Modelle aus vorhandenen Verstärkern extrahieren und Profile berechnen. Dazu muss man auf die ebenfalls quelloffene Software NAM Trainer für Windows, macOS und Linux zurückgreifen (siehe c't 23/2024, S. 154).

### Fazit

Gute Amp-Profile vorausgesetzt, klingt der NAM Player hervorragend und überzeugt mit kurzen Latenzen. Für 600 Euro ist die Metallkiste allerdings kein Schnäppchen. Der ähnliche Neural DSP Nano Cortex ist mit 570 Euro etwas günstiger. Für den Kemper Profiler Player zahlt man mit 700 Euro etwas mehr.

Die beiden Konkurrenzmodelle kommen ohne Display aus, liefern aber eine App für Smartphones oder Computer mit, um die Presets und Profile zu verwalten. Beim NAM Player kann man die Presets nur von USB-Sticks laden und direkt am Gerät verwalten. Dafür funktioniert er autark von separaten Apps und ist nicht auf eine separate Software angewiesen.

([haag@ct.de](mailto:haag@ct.de)) **ct**

## NAM Player

Effektgerät für Amp-Modelle	
Hersteller, URL	Dimehead, <a href="http://www.dimehead.de">www.dimehead.de</a>
Anschlüsse	Instrumenten-Eingang (6,3 mm Klinke), Line-In/Out (6,3 mm TRS-Klinke), Line-Out (XLR), Kopfhörer (6,3 mm Klinke), USB-B, MIDI-Ausgang (DIN)
Preis	600 €

# Leichte Schläge fürs Gemüt

## Pulsetto: Mit Stromschlägen Stress abbauen und besser schlafen

**Der Pulsetto ist ein Wearable, das nichts misst, aber am Hals den Vagusnerv stimuliert. Das soll laut Hersteller das Wohlbefinden steigern und Stress abbauen.**

Von Michael Link

Die meisten Wearables enthalten zwar eine Menge Sensorik, sie tun selbst aber nichts. Anders der Pulsetto: Der teilt auf Wunsch Stromimpulsereihen am Hals aus. Dort unter anderem verläuft der vom Hirn ausgehend bis weit in den Körper austreichende Vagusnerv, der viele Funktionen steuert. Der litauische Hersteller hebt drei Anwendungsfälle hervor: Schlafstörungen reduzieren, Stressabbau und mentale Beruhigung. Außerdem soll der Pulsetto auch Angststörungen und Burnout lindern.

Der Pulsetto ähnelt einem Kopfhörer mit Nackenbügel. Da, wo sonst die Ohrmuscheln sitzen, befinden sich je zwei halbkugelförmige Elektroden, die in eine Halterung aus ABS-Kunststoff eingebettet sind. Den Nackenbügel hängt man um den Hals, sodass die Elektroden spürbar auf den Vagusnerv drücken. Beim Suchen der Position kann man nicht allzu viel falsch machen, denn der Vagusnerv ist weit verzweigt. Die Hersteller-Website zeigt an einem Körpermodell, wo der Nerv zu finden ist; praktischerweise ist das am Hals besonders leicht.

Beim Anpassen der Bügel hat man mit nur wenig Gefummel schnell eine Position ermittelt, die sich gut anfühlt und bei der die Stimulation des Vagusnervs laut Hersteller am besten funktionieren soll. Bei der Stimulation geben die Elektroden Elektropulse ab, wodurch das Muskelgewebe rhythmisch leicht kontrahiert. Das fühlt

sich annähernd so an, als ob man mit einem Finger einen Weidezaun antippt. Nach ein paar Minuten stoppt die Impulsserie.

### Handhabung

Das Pulsetto-Wearable wird per Bluetooth LE mit einem Smartphone gekoppelt. Über die englischsprachige Begleit-App steuert man das Programm für die Impulsgebung und verfolgt die Historie bisheriger Behandlungen. Ein optionales kostenpflichtiges Abo liefert Atem- und Entspannungsübungen. Da der Pulsetto keine eigenen Sensoren hat, gibt es weder tief schürfende noch flach schippende Auswertungen. Ob die Anwendung hilft oder nicht, müssen Nutzer also schon selbst beurteilen.

Das Gerät hat einen Taster, der aber nur fürs Einschalten und für die erstmalige Verbindungsaufnahme zum Smartphone zuständig ist. Es gibt keine Möglichkeit, auf Knopfdruck auch ohne Smartphone-App eine Impulsserie auszulösen.

Der Taster am Pulsetto ist beleuchtet und zeigt mit dem üblichen Farbschema von grün bis rot an, ob der Akku gut im Saft steht oder mal wieder über ein USB-C-Kabel aufgeladen werden sollte.

### Zapperapp!

Der Pulsetto enthält einen nicht wechselbaren 3,7-Volt-Lithium-Polymer-Akku mit einer Kapazität von 350 Milliamperestunden. Die Elektroden geben Spannungspulse auf die Haut ab – je nach eingestellter Intensität mit 12 bis 46 Volt Spitzenspannung. Die Impulse sind 0,2 Millisekunden lang und es werden bei einer genauso langen Ruhepause jeweils fünf davon nacheinander abgegeben, gefolgt von einer weiteren Pause von 15 Millisekunden, bis der Zyklus wieder beginnt.

Die Spannungen sind im sogenannten Kleinspannungsbereich angesiedelt und laut Unfallverhütungsvorschriften ungefährlich. Weil der Hautwiderstand zu groß



ist, um die Impulse ohne Hilfsmittel zu spüren, muss man sich vor einer Anwendung Gel auf die Haut schmieren, das die Leitfähigkeit erhöht. Ist die mitgelieferte Tube leer, kann man für knapp 60 Euro einen Karton mit vier Tuben nachordern, der etwa einen Monat reichen soll. Unserer Erfahrung nach tun es auch leitende Gele anderer Hersteller.

### Funkts?

Wir benutzten das Gerät ein paar Wochen und konnten feststellen, dass die Impulsereihen tatsächlich entspannten. Worauf das zurückzuführen ist, wissen wir nicht. Es kann sein, dass man schon deshalb angenehm abschläft, weil man sich für die vier bis fünf Minuten der Impulsgebung Zeit nehmen muss, in der man sonst nichts tut. Das Gerät führte während der Testphase von zweieinhalb Wochen noch nicht zu durchgreifenden Verbesserungen des Wohlbefindens und auch nicht zu (noch) besserem Schlaf. Der Hersteller selbst warnt immerhin vor allzu hohen Erwartungen und mahnt zur Geduld.

Es gibt Berichte von Nutzern über die erfolgreiche Behandlung ihrer Symptome. Die Wissenschaft ist zumindest soweit einig, dass Wearables zur Vagusnervstimulation in klinischen Tests durchaus positive Resultate bei stressbedingten Störungen erzielt haben, und sieht ein Potenzial für die Gerätegattung. Beim Pulsetto bewirkt vielleicht auch der Kaufpreis von 250 US-Dollar (etwa 236 Euro), dass man die Geldausgabe mit einem empfundenen Erfolg rechtfertigen möchte. (mil@ct.de) **ct**

### Pulsetto

Wearable zur Vagusnervstimulation	
Hersteller, URL	Pulsetto, pulsetto.tech
Systemanf.	App: iOS (ab 11), Android (ab 8)
Schnittstellen	Bluetooth LE, USB-C
Preis	249,99 US-\$ (Gerät), 15,00 US-\$ (optionales Monats-Abo)



# Deine IT-Job-Welt

 heise jobs

heise jobs präsentiert eine vielfältige Auswahl an Stellenangeboten aus der Welt der Technologie, IT, Softwareentwicklung, Cybersicherheit & vielem mehr. Mit unseren Stellenangeboten erhältst Du Zugang zu den Top-Arbeitgebern der Branche.

## UNSERE NEUERUNGEN

- Über 100.000 IT-Stellen aus der DACH-Region auf unserer Website.
- Login mit Bewerbermappe für schnelles & mobiles Bewerben.
- Favoritenfunktion, um die Jobs, die dich interessieren zu favorisieren.
- KI powered Suchergebnisfilter für noch schnelleres Finden.
- Nie mehr warten, TOP Speed, ob Desktop oder Mobil.

Entdecke jetzt die Welt von heise jobs:





# Flash-Rennen

## 19 SSDs mit PCIe von 3.0 bis 5.0 im Test

**Dieser SSD-Test versammelt eine große Typen-Bandbreite von schnell bis superschnell. Darunter sind Neuheiten von Samsung und Raspberry Pi sowie endlich sparsamere PCIe-5.0-Technik.**

Von Lutz Labs

**W**ieder rutschte eine SSD mit älterem PCI-Express-3.0-Controller in den Test, aber das ist ein ganz besonderes Modell von Raspberry Pi Plc. Geschwindigkeitsrekorde soll diese SSD nicht brechen, zur Wahl stehen mit 256 und 512 GByte heute eher magere Kapazitäten. Aber sie ist lange lieferbar und sparsam. Auf der anderen Seite der Leistungsskala gibt es wieder einen neuen Controller für PCIe 5.0: Der Phison E31T treibt die Corsair-SSD Force Series MP700 Elite an, die damit locker über 10 GByte/s kommt, aber deutlich weniger Strom braucht als die bislang erhältlichen Phison-E26-SSDs.

Zehn neue SSDs stellen wir in dieser Ausgabe des Flash-Rennens vor, dazu ge-

sellen sich wieder neun ältere, aber immer noch attraktive Produkte. Neu dabei sind die 4.0er-SSDs Integral Advantage Pro-2 Gen4 SSD, Lexar Play 2280, Seagate FireCuda 530R und Teamgroup T-Force G50 M.2 PCIe SSD. Dazu kommen ebenfalls vier 5.0er-SSDs: Corsair Force Series MP700 Elite, Integral Edge Gen5 SSD, Lexar NM1090 und Teamgroup T-Force GE Pro M.2 PCIe SSD. Irgendwo dazwischen von der Geschwindigkeit, aber bei der 4.0er-Riege ist die Samsung SSD 990 Evo Plus, die entweder mit vier 4.0er-Lanes arbeitet oder mit zwei 5.0er – je nachdem, was gerade da ist. Zu guter Letzt kommt die Raspi-SSD, die mit PCIe 3.0 geschwindigkeitsmäßig hinten liegt.

Bei den Vergleichs-SSDs haben wir wieder einmal etwas umgestellt. Die MSI-SSD Spatium M580 Frozr ist derzeit nur schlecht verfügbar und musste deshalb der 5.0er-Adata-SSD Legend 970 Pro weichen. Diese hat zwar eine noch etwas höhere Leistungsaufnahme als die MSI-SSD, nutzt aber einen anderen Controller, und zwar den, der auch in der jetzt getesteten Teamgroup-SSD GE Pro steckt.

Die Samsung-SSD 980 Pro macht ihrer Nachfolgerin 990 Pro Platz. Letztere ist zwar etwas teurer als die 980er, aber auch schneller. Eine weitere schnelle 4.0er-SSD ist die Nextorage GE Series aus dem Test in c't 22/2024, welche die doch sehr langsame Kioxia Exceria Plus G3 ersetzt.

Die kleine Crucial P310 nimmt den Platz der Micron-SSD 2400 ein, weil sie

in fast allen Tests deutlich flotter unterwegs ist, aber nur 5 Euro mehr kostet. Crucials P3 Plus mit 4 TByte haben wir durch die etwas ältere Kingston-SSD NV2 ersetzt. Mit dieser nimmt man zwar am Komponentenlotto teil, weil Kingston sich vorbehält, unterschiedliche Chips aufzulöten, wird aber durch einen sehr niedrigen Preis für eine 4-TByte-SSD entschädigt.

### Flash-Markt

Preise hoch, Preise runter – die Marktforscher sind sich bei den SSD-Preisen für die nahe Zukunft nicht so ganz einig. Während es vor einigen Monaten noch unisono hieß, die Preise dürften im kommenden Jahr weiter steigen, sagen manche Augen nun sinkende Preise voraus.

Die steigenden Preise hatten die Marktforscher vor allem mit dem großen Speicherbedarf von KI-Anwendungen in Rechenzentren begründet. Sollte sich der KI-Boom abkühlen, würde wieder mehr Flash für andere Märkte zur Verfügung stehen, die Preise also sinken. Letzten Meldungen zufolge schwächelt vor allem der Markt für Endkunden-Speicher, während sich die Server-SSDs weiter großer Beliebtheit erfreuen. Vor allem deren Preise sind demnach leicht gestiegen.

Solidigm und Phison haben gerade SSDs mit 122 TByte Speicherplatz vorgestellt; üblicherweise stecken in Server-Racks einige Dutzend davon nebeneinander. Auch Samsung und Western Digital hatten im Sommer angekündigt, SSDs mit

## SSDs mit PCIe 3.0, 4.0 und 5.0 – Benchmarks

Modell	Iometer Schreiben / Lesen <sup>1</sup> 1 Minute [MByte/s]	Schreiben Transferraten H2testw <sup>2</sup> / 5 Minuten [MByte/s]	IOPS Lesen (QD 1, 32, 256) <sup>3</sup> [Tausend/s]	IOPS Schreiben (QD 1, 32, 256) <sup>3</sup> [Tausend/s]	PCmark 10 Consistency, Full System Drive <sup>4</sup>	Leistungsaufnahme Idle / Lesen / Schreiben [W]
	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶	◀ besser
Corsair Force Series MP700 Elite (2 TByte)	8847/10365	990/8851	20/473/1259	63/556/1033	857/3718	2,2/4,7/4,3
Integral Advantage Pro-2 Gen4 SSD (2 TByte)	6633/7376	1360/6633	18/298/684	63/557/1085	926/2869	0,8/4,7/4,6
Integral Edge Gen5 SSD (2 TByte)	11996/12338	2510/11995	19/547/1414	63/583/1149	4138/4310	2,7/9,5/10,1
Lexar NM1090 (2 TByte)	12016/12341	2330/12019	19/548/1400	63/581/1042	2166/2261	2,9/10,2/10,8
Lexar Play 2280 (2 TByte)	6472/7378	1270/6486	18/486/664	62/211/221	1528/3070	1,6/4,9/5,2
Raspberry Pi SSD (0,256 TByte)	1176/1989	229/1175	12/147/127	48/182/184	204/1464	0,7/3,0/3,1
Samsung SSD 990 Evo Plus (PCIe 5.0 x2) (2 TByte)	5779/7425	1280/5698	17/536/1028	62/542/875	1029/3510	0,7/4,4/3,9
Samsung SSD 990 Evo Plus (PCIe 4.0 x4) (2 TByte)	5664/7214	1230/5677	21/502/1030	59/447/953	1100/3761	1,1/4,5/4,1
Seagate FireCuda 530R (2 TByte)	6874/7448	1080/6852	17/460/1240	63/716/1013	1364/2973	1,0/6,1/6,2
Teamgroup T-Force G50 M.2 PCIe SSD (2 TByte)	4166/4541	576/4156	13/392/533	58/531/539	725/2053	1,4/4,2/4,6
Teamgroup T-Force GE Pro M.2 PCIe SSD (2 TByte)	11531/14114	1880/11476	19/610/1400	63/574/1084	3315/3648	3,8/13/12,1
<b>Vergleichsmodelle</b>						
Adata Legend 970 Pro (2 TByte)	9726/13759	2090/9698	23/554/1662	72/422/1314	3600/3597	k. A.
Crucial P310 (2 TByte)	6259/7206	335/6242	20/412/1026	92/565/994	2028/3788	k. A.
Crucial T705 PCIe Gen5 NVMe M.2 SSD (2 TByte)	12729/14447	2080/9528	22/576/1369	79/593/1494	4568/5482	k. A.
HP SSD FX900 Plus (4 TByte)	6487/7432	1150/6477	21/457/672	51/593/931	1543/3589	k. A.
Kingston NV2 (1 TByte)	2942/3645	584/2943	18/287/626	72/437/598	484/1446	k. A.
Nextorage G Series LE (2 TByte)	6622/7375	1350/6626	18/405/768	63/545/1006	851/2736	k. A.
Samsung 990 PRO NVMe M.2 SSD (1 TByte)	6894/7460	1630/6896	20/491/1200	62/530/1350	2352/3681	k. A.
Western Digital WD_Black SN770M NVMe SSD (2 TByte)	4895/5219	439/4756	16/244/362	75/552/526	920/3210	k. A.
Western Digital SN850X (2 TByte)	6681/7368	1560/6423	21/447/1181	64/519/825	1260/3682	k. A.

<sup>1</sup> gemessen mit Iometer, Blockgröße 512 KByte <sup>2</sup> gemessen mit H2testw <sup>3</sup> gemessen mit Iometer, Blockgröße 4 KByte, Laufzeit 60 s <sup>4</sup> auf ASRock B650 Pro mit AMD Ryzen 9 7950X und 32 GByte DRAM



dieser Kapazität zu entwickeln, aber noch keine Details genannt.

Kioxia erwartet bis 2028 einen um den Faktor 2,7 steigenden Bedarf an Flash-Speicher. Das Unternehmen will deswegen seine Produktionskapazitäten in Japan weiter ausbauen. Dazu plant Kioxia auch erstmals einen Börsengang. Einen ersten Versuch im Oktober hatte der Hauptinvestor Bain Capital abgesagt, weil die zu erwartenden Einnahmen zu gering waren.

Andere Hersteller sollen ihre Flash-Produktion zugunsten anderer Produkte heruntergefahren haben, weil der Bedarf nicht so hoch war wie erwartet. Micron, Samsung und SK Hynix sollen stattdessen die Produktion von DRAM in den Vordergrund stellen, vor allem das für KI-Beschleuniger wichtige High Bandwidth Memory (HBM).

### Flash-Technik

Western-Digital-Chef David Goeckeler hatte im August noch gesagt, dass das Rennen um immer mehr Flash-Layer vorbei sei. Doch nun kommen erneut Meldungen über größere Zahlen.

SK Hynix etwa hat Massenproduktion seines 321-Layer-Flash-Speichers gestartet. Der koreanische Chiphersteller setzt dazu drei Flash-Blöcke mit jeweils 107 Schichten übereinander.

Wie üblich liegen zwischen dem Versand erster Samples und dem Start der Massenproduktion diverse Monate: Bereits im August vergangenen Jahres hatte SK Hynix die ersten Muster verschickt. Aber erst im ersten Halbjahr 2025 werden wohl die 321-Layer-Dies für die Kunden verfügbar sein; bis zu einem ersten SSD-Test mit diesen Bausteinen dürfte noch mehr Zeit vergehen.

Doch das Rennen um die höchsten Flash-Türme ist damit wohl nicht vorbei. Samsung wird voraussichtlich im kommenden Jahr erstmals mehr als 400 Layer hoch stapeln. Aktuell sind die Koreaner bei 280 Lagen, bestehend aus zwei Blöcken mit jeweils 140. Der Speicher ist als TLC-Version bereits seit dem Frühjahr in Produktion, eine QLC-Ausführung hat das Unternehmen vor ein paar Wochen angekündigt.

Noch mehr Lagen verspricht eine neue Roadmap des Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Bis zum Ende dieses Jahrzehnts soll die Kapazität einzelner SSDs demnach auf das Vierfache anwachsen, schon 2027 Flash-Speicher mit mehr als 500 Lagen verfügbar sein.

Das IEEE ist sicher, dass der Weg zu mehr Speicher auch über die Erhöhung der Bits pro Zelle führt. QLC wird wohl der neue Standard werden, aber auch PLC mit einer Speicherkapazität von 5 Bit pro Zelle hält das IEEE für gesetzt. Es sieht durchaus eine physikalische Grenze bei der Layeranzahl, hat diese aber nicht benannt. Samsung etwa hat für die Zukunft bereits von Flash-Speicher mit 1000 Lagen gesprochen, auch andere Hersteller nennen Zahlen in dieser Größenordnung.

Derweil hat der chinesische Flash-Hersteller YMTC nach Angaben des Beratungsunternehmens Techinsights Wege gefunden, einige von US-Sanktionen betroffene Technik durch lokal entwickelte zu ersetzen. Dabei sind etwa die chinesischen Unternehmen Advanced Micro-Fabrication Equipment (AMEC), das auf Ätzgeräte spezialisiert ist, Naura Technology, das sich auf Beschichtungs- und Ätzwerkzeuge konzentriert, und Piotech, ein Beschichtungsspezialist für Chipherstellungsgesetze. Dennoch sollen die aktuellen Flash-Chips von YMTC eine geringere Layeranzahl aufweisen, was hauptsächlich auf eine höhere Anzahl von Defekten durch die Verwendung chinesischer Maschinen zurückgeführt wird.

YMTC nutzt jedoch auch andere Wafer. Der japanische Wafer-Hersteller Sumco hat YMTC früher beliefert, nun aber sollen chinesische Unternehmen angehalten sein, möglichst im Inland hergestellte Wafer zu nutzen. Laut Sumco-Chef Mayuki Hashimoto kann China aktuell rund eine Million hochwertige Wafer pro Jahr produzieren, die Hälfte davon geht wohl an YMTC.

### SSD-Controller

Bislang dominierte bei den schnellen PCIe-5.0-SSDs der E26-Controller von Phison, auch in diesem Test haben wir ihn wieder auf zwei Speicherstreifen dabei: Integral Edge Gen5 SSD und Lexar NM1090. Eine 5.0er-SSD mit einem Controller eines anderen Herstellers konnten wir erstmal im letzten Flash-Rennen vor drei Monaten testen; es war der Innogrit IG5666 auf der Adata-SSD Legend 970 Pro. Nun kommt die 5.0er-SSD Corsair MP700 Elite mit einem bislang unbekanntem Controller hinzu. Die Crux dabei: Er stammt wieder von Phison.

Der Phison E31T unterstützt keinen DRAM-Cache und eignet sich deshalb nicht für Highend-SSDs. Dennoch sollen damit bestückte SSDs deutlich über 10



### Corsair Force Series MP700 Elite

Weniger Stromverbrauch, damit weniger Abwärme und kleinere Kühler, das verspricht der neue 5.0er-SSD-Controller Phison E31T. Die MP700 Elite ist die erste SSD mit diesem Controller, die wir testen können, und ja, der Controller hält sein Versprechen. Gerade einmal knapp 5 Watt genehmigt sich die SSD unter Last, nur rund 50 Prozent einer gleich flinken mit dem Vorgänger E26.

Wenig überraschend gibt es nicht nur Vorteile. Die MP700 Elite ist zwar schneller als eine SSD mit PCIe 4.0, aber langsamer als die stromhungrigen 5.0er. Doch die MP700 könnte den Startschuss für eine Reihe energieeffizienter und dennoch flotter SSDs geben.

- ⬆️ stromsparend
- ⬆️ günstig für PCIe 5.0

Preis: circa 280 Euro  
(2 TByte, PCIe 5.0)

GByte/s beim Lesen erreichen. Größter Vorteil des E31T gegenüber dem E26 und auch dem Innogrit IG5666 ist sein geringerer Leistungshunger: Nach unseren Messungen kommt die damit bestückte Corsair-SSD mit maximal 5 Watt aus. SSDs mit den anderen 5.0er-Controllern benötigen mehr als 10 Watt, allerdings bei deutlich höherer Geschwindigkeit.

Ein weiterer Vorteil des DRAM-losen Designs der MP700 Elite liegt in der geringeren Anzahl der Bauelemente auf der Platine: Während alle E26-SSDs doppelseitig bestückt sind, reicht der MP700 Elite der Platz auf der Oberseite aus. Zusammen mit dem geringeren Energiebe-



### Integral Advantage Pro-2 Gen4 SSD

Integral Memory ist ein in Großbritannien gegründetes Unternehmen mit drei weiteren Standorten in Europa, es verkauft vor allem DRAM und Flash-Produkte. Viel ist über die Firma nicht bekannt, wahrscheinlich bezieht Integral die meisten seiner Produkte aus Asien.

Die Integral-SSD Advantage Pro-2 nutzt einen recht modernen Phison-Controller ohne DRAM-Unterstützung sowie TLC-Flash von Kioxia, die Schreib- und Lesegeschwindigkeiten sind ordentlich, auch unter Last. Im Leerlauf begnügt sich die SSD mit geringen 0,8 Watt, auch im Betrieb kommt sie nicht über 5 Watt hinaus.

- ⬆️ flotte SSD ohne DRAM
- ⬆️ sparsam im Leerlauf

Preis: circa 185 Euro  
(2 TByte, PCIe 4.0)



### Integral Edge Gen5 SSD

Die Integral Edge Gen5 SSD besteht aus den Standardkomponenten einer mittlerweile üblichen PCIe-5.0-SSD: E26-Controller von Phison, 4 GByte DRAM und TLC-Flash von Micron mit 232 Lagen und einer Schnittstellengeschwindigkeit von 2000 MT/s. Damit kommt die Edge Gen5 auf rund 12 GByte/s sowohl beim Lesen als auch beim Schreiben.

Das komplette Beschreiben mit H2testw besteht sie mit mehr als 2,5 GByte/s, das ist der höchste Wert in diesem Test – die nominell schnellere 5.0er-Teamgroup-SSD liegt weit dahinter. Größter Kritikpunkt bleibt die hohe Leistungsaufnahme des Controllers: Im Betrieb verbrät die Edge Gen5 SSD mindestens 10 Watt.

- ⬆️ schnell ohne Lüfter
- ⬇️ hoher Strombedarf

Preis: unbekannt  
(2 TByte, PCIe 5.0)



### Lexar NM1090

Die Lexar NM1090 ist eine eigentlich schon klassische 5.0er-SSD mit Phisons E26-Controller. Der Controller-Hersteller sieht in seinem Referenzdesign einen Lüfter vor, was auch viele Hersteller befolgen. Der Lüfter auf der NM1090 aber ist mit maximal 0,9 W, was die bislang leiseste.

Lexars NM1090 erreicht mit rund 12 GByte/s nicht die Werte einiger anderer 5.0er-SSDs, schafft aber bei längerem Schreiben recht hohe Werte. Ungewöhnlich sind die niedrigen Werte bei den Tests mit PCMark 10, hier erreicht die fast baugleiche Integral-SSD bei beiden Tests fast die doppelte Punktzahl.

- ⬆️ leiser Lüfter
- ⬇️ niedrige PCMark-Werte

Preis: circa 370 Euro  
(2 TByte, PCIe 5.0)

darf könnten PCIe-5.0-SSDs dann so langsam auch in Notebooks einziehen, zur CES im Januar könnten passende Mobilprozessoren kommen.

Die Teamgroup-SSD T-Force GE Pro ist die zweite SSD mit dem Innogrit-Controller IG5666. Für den letzten SSD-Test kam sie zu spät, aber nun haben wir sie dabei. Sie braucht wie auch schon die Adata Legend 970 Pro in der Spitze mehr als 13 Watt.

In den 4.0er-SSDs steckt eine bunte Sammlung bekannter Hardware: Phison E18 bei der Seagate-SSD, Phison E27T bei der Integral Advantage Pro-2, Maxiotek MAP1602A bei der Lexar Play und Innogrit

IG5220 bei der Teamgroup G50. Samsung nutzt bei der 990 Evo Plus wie gewohnt einen eigenen Controller mit vier Flash-Kanälen; Controller und NAND-Flash auf der Raspi-SSD stammen ebenfalls von Samsung, jedenfalls bei unserem Muster.

### Spezialfall Raspberry Pi SSD

Der beliebte Bastelcomputer Raspberry Pi 5 stellt eine PCIe-Lane zur Verfügung. Die nutzt zwar offiziell nur die lange veraltete PCIe-Version 2.0, lässt sich aber über die Raspi-Config auf Version 3.0 hochschalten.

PCIe-Zusatzplatinen docken über ein flexibles Flachbandkabel am Raspi an, auch die Stromversorgung läuft darüber.

Es gibt eine Reihe von Erweiterungen, etwa KI-Module, aber die meisten Platinen solcher HAT (Hardware On Top) genannten Platinen stellen einen oder mehrere M.2-Slots für eine PCIe-SSD bereit [1]. Auch der Raspi-Entwickler Raspberry Pi Plc. hat eine solche Platine im Programm, dort passt eine SSD im Format 2230 oder 2242 drauf.

Vor ein paar Wochen haben die Raspi-Entwickler eine eigene SSD für diese Schnittstelle vorgestellt. Sie ist mit 256 und 512 GByte erhältlich und auch im Paket mit dem M.2-HAT. Das Besondere an der SSD ist das Versprechen, dass sie mindestens bis Januar 2032 verfügbar sein



### Lexar Play 2280

Bei der Lexar Play muss man zwischen der jetzt getesteten Version in üblicher M.2-SSD-Länge mit 80 Millimetern und der kleinen Version mit nur 30 Millimeter Länge (M.2-2230, Test in c't 16/2024) unterscheiden: Es handelt sich um komplett unterschiedliche Modelle. Unser aktuelles Testexemplar nutzt einen Maxiotek-Controller und YMTC-TLC-Flash, während die kleine mit SM2259 und Micron-QLC-Flash arbeitet.

Unsere Play 2280 ist deutlich schneller als die 2230er und kann sich im Segment der 4.0er-SSDs recht gut behaupten. Mit 100 Euro pro TByte Speicherplatz ist die SSD allerdings recht teuer.

- ↑ flotte 4.0er-SSD
- ↓ teuer

Preis: circa 200 Euro  
(2 TByte, PCIe 4.0)



### Raspberry Pi SSD Kit

Die Raspi-SSD soll mindestens bis Ende Januar 2022 erhältlich sein, versprechen die Raspi-Macher. Ob es aber diese SSD von diesem Zulieferer so lange geben wird? Unser Muster ist von Samsung und wird von dem koreanischen Unternehmen selbst nicht mehr vertrieben.

Geschwindigkeitsrekorde braucht man nicht zu erwarten, die PCIe-Schnittstelle des Raspi bremst die SSD aber nicht aus. Bei längerem Schreiben wird sie recht langsam. Ein Raspi 5 ist wegen der PCIe-Schnittstelle Voraussetzung, das notwendige SSD-HAT im Paket günstiger.

- ↑ lange Verfügbarkeit garantiert
- ↑ geringe Leerlaufleistungsaufnahme

Preis: circa 30 Euro  
(256 GByte, PCIe 3.0)



### Samsung SSD 990 Evo Plus

Die zweite Auflage der 990 Evo überzeugt eher als der erste Versuch. Die SSD nutzt entweder PCIe 4.0 x4 oder PCIe 5.0 x2 und ist damit theoretisch in beiden Umgebungen gleich schnell.

Die Leerlaufleistungsaufnahme aber ist im 5er-Betrieb deutlich niedriger, viele Messwerte durchaus höher als im 4er-Modus. Auf der anderen Seite wirft der PCMark 10 in beiden von uns verwendeten Tests für die Anbindung mit PCIe 4.0 höhere Werte aus – wir haben dieser SSD daher im Balkendiagramm zwei Zeilen spendiert. Die von Samsung versprochene IOPS-Leistung von 1,3 Millionen haben wir jedoch in keiner Konstellation erreicht.

- ↑ günstig und schnell
- ↓ 5er-Modus überflüssig für Endkunden

Preis: circa 140 Euro  
(2 TByte, PCIe 4.0 x4/5.0 x2)

soll – das ist etwa für Industrieprojekte wichtig, die mit immer gleichen Teilen aufgebaut sein sollen.

Die Raspberry Pi Plc. fertigt die SSDs jedoch nicht selbst, sondern kauft sie von verschiedenen Lieferanten zu. Unsere 256 GByte große SSD stammt von Samsung, es handelt sich dabei um eine wahrscheinlich nur leicht veränderte Variante der von Samsung selbst nicht mehr angebotenen PM991a. Im Handel gibt es nur noch Restposten dieser SSD, zum Redaktionsschluss hatte sie lediglich noch ein Händler zum Preis von 24 Euro im Programm.

Die 512 GByte große Raspi-SSD stammt von BiWin und basiert auf dem Modell AP425 – BiWin und Samsung sind nach Angaben der Raspi-Macher die initialen Hersteller.

Mit einer SSD startet der Raspi deutlich schneller als von der üblichen MicroSD-Karte, insgesamt fühlt sich das System geschmeidiger an. Ob man allerdings eine schnelle 4.0er-SSD nutzt oder eine langsame 3.0er, spielt praktisch keine Rolle, da PCIe 3.0 mit einer Lane (Datenleitung, x1) höchstens 1 GByte/s erreicht: In der Praxis kommen beim Raspi 5 maximal 850 MByte/s heraus, sowohl beim Lesen als auch beim Schreiben.

### SSDs mit 8 TByte

Western Digital hat vor Kurzem eine 8-TByte-Version seiner PCIe-4.0-SSD SN850X vorgestellt, auch die Lexar NM790 und zwei Modelle von Nextorage gibt es mit dieser hohen Kapazität. Mindestens 600 Euro rufen die Hersteller für

diese SSDs auf, aber die Preise reichen bis zu fast 1000 Euro hoch.

Anders als man vermuten könnte, liegt der Preis pro TByte Speicherplatz damit nicht niedriger als bei Modellen mit weniger Kapazität, sondern eher höher. Außer Marketing gibt es auch einen technischen Grund dafür. Zwar werden die Flash-Dies vor dem Stapeln getestet, doch dürfte der Ausschuss bei der Fertigung der Flash-Module mit höherer Kapazität höher sein.

Apropos Preise: Die in der Tabelle genannten haben wir um den Black Friday Ende November herum ermittelt. Wir berechneten dazu einen Mittelwert aus den fünf günstigsten Offerten und nehmen offensichtliche Sonderangebote aus. Wahrscheinlich haben sich die Preise beim Erscheinen dieses Artikels verändert.





### Seagate FireCuda 530R

Seagate hat der Mitte 2021 erschienenen FireCuda 530 ein Update in Form anderen Flash-Speichers verpasst und ein R an den Namen gehängt. Der Speicher stammt nun nicht mehr von Micron, sondern von Kioxia, der Controller aber bleibt der gleiche.

Die 530R gehört damit zu den schnellsten SSDs mit PCIe 4.0 und kann bei Zugriffen auf zufällige Blöcke sogar mit der 5.0er-SSD Corsair MP700 Elite mithalten. 6 Watt im Betrieb sind aber viel für eine 4.0er-SSD.

- ⬆ schnelle PCIe-4.0-SSD
- ⬇ hohe Leistungsaufnahme

Preis: circa 170 Euro  
(2 TByte, PCIe 4.0)



### Teamgroup T-Force G50 M.2 PCIe SSD

Mit der T-Force G50 wirft Teamgroup ein etwas älteres Design in den Ring. Den Innogrit-Controller IG5220 haben wir schon vor zwei Jahren erstmals auf einer SSD gefunden, etwa bei Patriots P400 Lite oder der Adata Legend 840. Die Maximalgeschwindigkeiten schwanken etwas mit dem verwendeten Flash-Speicher, insgesamt aber erreicht die SSD gerade einmal Werte über 4 GByte/s.

Beim vollständigen Beschreiben mittels H2testw kommt sie mit nur 576 MByte/s zwar nach der kleinen RaspisSD auf den niedrigsten Wert in diesem Test, doch langsam ist das nicht: Selbst Werte unter 100 MByte/s haben wir in anderen Tests schon gesehen.

- ⬆ geringe Ausfallwahrscheinlichkeit
- ⬇ überschreitet Leistungslimit

Preis: circa 159 Euro  
(2 TByte, PCIe 4.0)



### Teamgroup T-Force GE Pro M.2 PCIe SSD

Die Teamgroup T-Force GE Pro ist die zweite PCIe-5.0-SSD ohne Phison-E26-Controller in diesem Test, sie verwendet den Innogrit-Controller IG5666. Leider ist der noch etwas stromhungriger als der E26, sodass die M.2-Kontakte bei Höchstgeschwindigkeit überlastet werden. Im Alltag dürfte das zwar kaum Folgen haben, aber es verletzt die M.2-Spezifikationen.

Mit dem IG5666 ist die SSD jedoch die schnellste in diesem Test: Sie schafft über 14 GByte/s und 1,4 Millionen IOPS beim Lesen. Ohne Kühlkörper sollte man sie nicht einsetzen, sonst überhitzt sie innerhalb kurzer Zeit.

- ⬆ sehr schnell
- ⬇ stromhungrig

Preis: unbekannt  
(2 TByte, PCIe 5.0)

### Leistungsmessungen

Nach vielen fehlgeschlagenen Versuchen mit PCIe-Adaptoren und unseren vorhandenen Messgeräten haben wir nun ein speziell für PCIe-SSDs entwickeltes Messsystem angeschafft, um deren Leistungsaufnahme zu erfassen. Es stammt vom britischen Hersteller Quarch und besteht aus zwei Hardware-Komponenten sowie Software.

Herzstück ist das Power Analysis Module QTL2312, welches per USB an den Rechner andockt. Dazu benötigt das System ein passendes sogenanntes Fixture, das die zu messenden Bauteile aufnimmt – in unserem Fall ist das eine 80 Millimeter lange Platine, die genau in den M.2-Slot passt. Die zu messende M.2-SSD sitzt hochkant darauf, Fixture und Power Ana-

lysis Module sind ebenfalls per USB-Kabel verbunden.

Die Software ist in Java geschrieben und läuft damit unter Linux, macOS und Windows. Sie zeigt den Verlauf von Strom und Spannung auf den Zuleitungen und berechnet zusätzlich eine durchschnittliche Leistungsaufnahme. Das System ist wie unsere Leistungsmessgeräte von ZES kalibrierbar.

Wir messen damit vor allem drei Lastzustände: Idle, Lesen und Schreiben. Im Idle-Betrieb treten immer wieder Peaks auf, die teils das Mehrfache der mittleren Leistungsaufnahme betragen. Da diese jedoch nur kurz auftreten und sowohl deren Häufigkeit als auch ihre Intensität bei den von uns untersuchten SSDs nach einigen Minuten abnehmen, geben wir im

Diagramm den Mittelwert an. Auch beim Lesen und Schreiben gibt es Unterschiede zwischen mittlerer und maximaler Leistungsaufnahme, doch sind sie dort weniger stark ausgeprägt.

Die Leistungsaufnahme im Idle-Betrieb lag bei unseren Testmustern zwischen 0,6 und 3 Watt. Die SSDs schalten also nicht in einen Stromsparmmodus, denn darin nehmen sie typischerweise nur zwischen 2,5 und 150 Milliwatt auf, also höchstens 0,15 Watt. Diese Energiesparstufen sind vor allem für Notebooks interessant. Die Notebook-Hersteller aber richten diese meistens nur für die von ihnen eingebauten SSDs ein. Tauscht man die SSD gegen ein anderes Modell oder baut eine zusätzliche ein, dann führt das häufig zu einer weit höheren Leerlaufleis-

tungsaufnahme und verringerter Akkulaufzeit.

Mit dem Quarch-System konnten wir nun feststellen, dass eine E26-SSD wie die Lexar NM1090 im Betrieb bis zu 11 Watt aufnimmt, die Adata-SSD Legend 970 Pro sogar bis zu 13 Watt. Letzteres liegt weit oberhalb des Erlaubten für diese Schnittstelle: Jeder der fünf 3,3-Volt-Pins darf 0,7 Ampere übertragen, zusammen ergibt das maximal 11,55 Watt.

Bei den Balkendiagrammen haben wir eine Spalte für die Leistungsaufnahme hinzugefügt, und zwar für Leerlauf, Lesen und Schreiben. In der Tabelle geben wir weiterhin die Werte an, die die SSDs auf Anfrage mit den Smartmontools herausgeben. Der Innogrit-Controller auf der Corsair-SSD erwies sich dabei erneut als Lügner: Mit 3,5 Watt kommt diese 5.0er-SSD nicht aus, auch sie benötigt in der Spitze 13 Watt.

### Firmware-Updates

Einige PCs mit einer SSD von Western Digital stürzten vor einigen Wochen nach der Installation des 24H2-Updates für Windows mit einem Bluescreen ab. Wahr-

scheinlich lag das an einer Veränderung der Größentabelle für den Host Memory Buffer (HMB), wo die SSDs ihre Zuordnungstabellen (Mapping Tables) von logischen zu physischen Speicheradressen ablegen; das betrifft nur SSDs ohne eigenen DRAM-Cache.

Western Digital hat für die Modelle WD Black SN770, WD Black SN770M, WD Blue SN580, WD Blue SN5000 und Sandisk Extreme M.2 Firmware-Updates bereitgestellt, die sich ausschließlich über WDs Windows-Dashboard einspielen lassen. In diesem Fall ist das jedoch kein Problem, da das Update lediglich ein Windows-Problem behebt, Linux-Nutzer sich darum also nicht kümmern müssen.

Microsoft hatte zwischenzeitlich die Verteilung des 24H2-Updates an PCs mit einer dieser SSDs unterbrochen. Erst nach der Installation des Firmware-Updates ist eine Windows-Aktualisierung möglich.

### Fazit

Die Spanne in diesem Test ist groß. Die Raspi-SSD macht sich am Raspi gut, für andere Anwendungen gibt es bessere Alternativen. Bei den 4.0er-SSDs stechen die

Seagate-SSD und vor allem die Samsung 990 Evo Plus mit ihrer Dual-Schnittstelle heraus, Letztere vor allem aufgrund ihres vergleichsweise niedrigen Preises. Integral Advantage Pro-2 und Lexar Play 2280 sind zwar ebenfalls schnell, aber teuer.

Der neue E31T-Controller auf der Corsair MP700 Elite macht Lust auf PCIe 5.0, die 5.0er-SSDs von Lexar und Integral wirken dagegen schon fast veraltet. Teamgroup setzt mit dem Innogrit-Controller zwar auf einen schnellen Neuling, der aber belastet die Schnittstelle zu stark.

Ungewöhnlich an diesem Test ist, dass zwei der von uns getesteten SSDs bei Redaktionsschluss noch nicht im Handel verfügbar waren. Doch mit den anderen neuen Modellen und auch den SSDs aus der Vergleichsliste bleibt das Angebot weiterhin groß.

(ll@ct.de) ct

### Literatur

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

Testprogramme: [ct.de/ydwt](https://ct.de/ydwt)

## M.2-SSDs mit PCIe 3.0, 4.0 und 5.0

Modell	Force Series MP700 Elite	Advantage Pro-2 Gen4 SSD	Edge Gen5 SSD	NM1090	Play 2280	SSD	SSD 990 Evo Plus	FireCuda 530R	T-Force G50 M.2 PCIe SSD	T-Force GE PRO M.2 PCIe SSD
Hersteller	Corsair, corsair.com	Integral, integramemory.com	Integral, integramemory.com	Lexar, lexar.com	Lexar, lexar.com	Raspberry Pi Plc, raspberrypi.com	Samsung, samsung.de	Seagate, seagate.com	Teamgroup, teamgroupinc.com	Teamgroup, teamgroupinc.com
Bezeichnung	Corsair MP700 Elite	PCIe SSD	PCIe SSD Gen5 Pro	Lexar SSD NM1090 2TB	Lexar SSD PLAY 2TB	Samsung MZ9LQ256HBJD-00BV	Samsung SSD 990 Evo Plus	Seagate ZP2000GM30073	T-Force TM8FFE002T	T-Force TM8FFS002T
Kapazität laut Hersteller / von Windows erkannt <sup>1</sup>	2 TByte / 1863 GByte	2 TByte / 1863 GByte	2 TByte / 1863 GByte	2 TByte / 1863 GByte	2 TByte / 1908 GByte	256 GByte / 238 GByte	2 TByte / 1863 GByte	2 TByte / 1863 GByte	2 TByte / 1863 GByte	2 TByte / 1863 GByte
Interface / Protokoll	PCIe 5.0 x4 / NVMe 2.0	PCIe 4.0 x4 / NVMe 1.4	PCIe 5.0 x4 / NVMe 2.0	PCIe 5.0 x4 / NVMe 2.0	PCIe 4.0 x4 / NVMe 2.0	PCIe 3.0 x4 / NVMe 1.4	PCIe 4.0 x4 oder 5.0 x2 / NVMe 2.0	PCIe 4.0 x4 / NVMe 1.4	PCIe 4.0 x4 / NVMe 1.4	PCIe 5.0 x4 / NVMe 2.0
Bauform / Bestückung / Bauhöhe über Platine	M.2 2280 / einseitig / 1,6 mm	M.2 2280 / einseitig / 1,38 mm	M.2 2280 / zweiseitig / 17,4 mm	M.2 2280 / zweiseitig / 14,5 mm	M.2 2280 / einseitig / 8,1 mm	M.2 2230 / einseitig / 1,34 mm	M.2 2280 / einseitig / 1,17 mm	M.2 2280 / zweiseitig / 7,6 mm	M.2 2280 / einseitig / 1,52 mm	M.2 2280 / zweiseitig / 1,7 mm
SSD-Controller / NAND-Kanäle / Firmware-Version	Phison E31T / 4 / EVFM00.0	Phison E27 / 8 / ERFM11.0	Phison E26 / 8 / EQFM22.3	Phison E26 / 8 / EQFM22.3	Maxiotek MA-P1602A / 4 / 18950	Samsung / k.A. / FXM71V1Q	Samsung Piccolo / 4 / 1B2QKXG7	Phison E18 / 8 / SU6X020	Innogrit IG5220 / 4 / 1.W.G.3Q	Innogrit IG5666 / 8 / 050g050G
Flash-Hersteller / Flash-Art	Kioxia / TLC	Kioxia / TLC	Micron / TLC	Micron / TLC	YMTC / TLC	Samsung / k.A.	Samsung / TLC	Kioxia / TLC	YMTC / TLC	YMTC / TLC
Schreibleistung pro Tag <sup>2</sup>	658 GByte	658 GByte	767 GByte	767 GByte	877 GByte	k.A.	658 GByte	1315 GByte	712 GByte	767 GByte
DRAM-Cache	2 GByte	–	4 GByte	4 GByte	–	–	–	2 GByte	–	2 GByte
Leistungsbedarf [W]	0,0035 / 0,05 / 2,2 / 2,9 / 5,9	0,005 / 0,05 / 1,8 / 3 / 5,7	0,144 / 0,144 / 6 / 8 / 11,5	0,144 / 0,144 / 6 / 8 / 11,5	0,0025 / 0,05 / 3,6 / 5,8 / 6,5	0,005 / 0,05 / 2,23 / 4,47 / 5,36	0,007 / 0,08 / 6 / 6 / 6	0,044 / 0,062 / 5,2 / 7,1 / 8,8	0,02 / 0,15 / 2,8 / 3,3 / 3,5	0,02 / 0,15 / 2,8 / 3,3 / 3,5
Garantie	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	k.A.	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre
weitere erhältliche Kapazitäten	1 TByte (156 €),	500 GByte (59 €), 1 TByte (113 €)	–	1 TByte (240 €)	4 TByte (380 €)	512 GByte (k.A.)	1 TByte (82 €), 4 TByte (312 €)	1 TByte (103 €), 4 TByte (386 €)	1 TByte (94 €)	–
Straßenpreis / pro TByte	280 € / 150 €	185 € / 99 €	k.A. / k.A.	370 € / 199 €	200 € / 105 €	30 € / 126 €	140 € / 75 €	170 € / 91 €	159 € / 86 €	k.A. / k.A.

<sup>1</sup> Die Hersteller rechnen mit 1 GByte = 1.000.000.000 Byte. Für Windows dagegen ist 1 GByte = 1.073.741.824 Byte, die angezeigte Kapazität ist daher kleiner. <sup>2</sup> Herstellerangaben  
✓ vorhanden — nicht vorhanden k. A. keine Angabe



### Adata Legend 970 Pro

Test in c't 22/2024, S. 108

- ⬆️ sehr schnell
  - ⬇️ lauter Lüfter, stromhungrig
- Preis: circa 250 Euro (2 TByte, PCIe 5.0)



### Crucial P310

Test in c't 22/2024, S. 88

- ⬆️ ausdauernd
  - ⬇️ langsam bei H2testw
- Preis: circa 165 Euro (2 TByte, PCIe 4.0)



### Crucial T705 PCIe Gen5 NVMe M.2 SSD

Test in c't 8/2024, S. 106

- ⬆️ sehr schnell, lautlos
  - ⬇️ sehr teuer
- Preis: circa 355 Euro (2 TByte, PCIe 5.0)



### HP SSD FX900 Plus

Test in c't 8/2024, S. 106

- ⬆️ günstig
  - ⬆️ schnell
- Preis: circa 258 Euro (4 TByte, PCIe 4.0)



### Kingston NV2 NVMe PCIe 4.0 SSD

Test in c't 2/2023, S. 116

- ⬆️ günstig
  - ⬇️ wechselnde Komponenten möglich
- Preis: circa 215 Euro (4 TByte, PCIe 4.0)



### Nextorage G Series LE

Test in c't 22/2024, S. 108

- ⬆️ günstig
  - ⬆️ schnell bei H2testw
- Preis: circa 140 Euro (2 TByte, PCIe 4.0)



### Samsung SSD 990 Pro

Test in c't 22/2023, S. 88

- ⬆️ schnell
  - ⬆️ geringe Erwärmung
- Preis: circa 106 Euro (1 TByte, PCIe 4.0)



### Western Digital WD\_Black SN770M

Test in c't 1/2024, S. 82

- ⬆️ flott für 2230
  - ⬇️ vergleichsweise günstig
- Preis: circa 150 Euro (2 TByte, PCIe 4.0)



### Western Digital WD\_Black SN850X

Test in c't 23/2022, S. 94

- ⬆️ sehr schnell
  - ⬆️ dauerlastfest
- Preis: circa 100 Euro (1 TByte, PCIe 4.0)





# Tastenraspi 2.0

## Raspberry Pi 500 im Tastaturgehäuse und Raspi-Monitor getestet

**Der Raspi 500 ist ein Raspberry Pi 5, der in einer kompakten Tastatur steckt. Er ist nicht nur für Schulkinder und Raspi-Anfänger attraktiv. Außerdem kommt ein 15-Zoll-Display mit Klappständer.**

Von Christof Windeck

Oh, sieht der niedlich aus: Der schnee-weiße Tastaturcomputer Raspberry Pi 500 belegt nur rund zwei Drittel einer DIN-A4-Seite. Er braucht wenig Platz auf dem Schreibtisch, besonders in Kombina-

tion mit dem neuen Raspi-Monitor. Beide Geräte lassen sich rasch wegpacken, wenn man sie nicht benötigt. Damit eignet sich der Raspi 500 gut für Schulkinder, sowohl daheim als auch im Klassenzimmer. Erwachsenen Raspi-Anfängern erleichtert er genauso den Einstieg. Eine MicroSD-Karte mit vorinstalliertem Raspberry Pi OS ist bereits eingesteckt. Die Kit-Version kommt inklusive Netzteil, Maus, HDMI-Kabel und gedrucktem Handbuch. Bisher sind nur die Raspi-500-Versionen mit englischem Tastaturlayout (US, UK) lieferbar sowie mit englischem Handbuch. Andere Sprachversionen wie Deutsch sollen „in den kommenden Monaten“ folgen.

Der Raspi 500 rechnet deutlich schneller als sein vier Jahre alter Vorgänger Raspi 400 [1] und hat doppelt so viel

RAM, nämlich 8 statt 4 GByte. Der Neuling hat dieselben externen Anschlüsse wie der 400er, aber sie sind nun etwas praktischer angeordnet. Im Vergleich zu einem normalen Raspberry Pi 5 [2] hat der Raspi 500 jedoch weniger Anschlüsse; beispielsweise fehlt der PCI-Express-Port. Aber der Reihe nach.

### Raspi-500-Technik

Ebenso wie der Raspberry Pi 5 ist der Raspi 500 mit dem System-on-Chip Broadcom BCM2712 bestückt. Es enthält vier Prozessorkerne vom Typ ARM Cortex-A76 mit 2,4 GHz Takt. Im Raspi 500 kommt die jüngere Version (Stepping) „D0“ des BCM2712 zum Einsatz, die etwas sparsamer arbeitet als das ältere Stepping C1. Im Leerlauf zieht der Raspi 500 deshalb immerhin rund 20 Prozent weniger Leistung, nämlich 2,4 statt 3,3 Watt; auch unter Vollast ist er etwas genügsamer. Ärgerlich jedoch: Im ausgeschalteten Zustand genehmigt sich der Tastenraspi fast 2 Watt, siehe Kasten „Raspi-Sparschalter“.

Der Raspi 500 hat keinen Lüfter: Ein relativ großes Kühlblech leitet die Hitze vom Chip ab und auf der Unterseite des Gehäuses gibt es Lüftungsschlitze. Selbst bei länger anhaltender Prozessorlast er-



**Sämtliche Anschlüsse des Raspberry Pi 500 sitzen an der Rückseite. Es sind dieselben wie beim Vorgänger Raspi 400, aber anders angeordnet.**

wärmt sich die Oberseite des Raspi 500 nicht unangenehm stark. In unseren Tests drosselte sich der Prozessor auch nicht. Trotzdem ein Rat: Wer einen Raspberry Pi 5 kontinuierlich unter hoher Last betreiben möchte, nimmt besser die normale Version im Bezahlkartenformat und packt den Lüfterkühler drauf.

Auch im Raspi 500 bindet der von den Raspi-Machern selbst entwickelte Zusatzchip RP1 die meisten Schnittstellen an: USB 3.0 alias USB 3.2 Gen 1 mit 5 Gbit/s (zwei Buchsen), USB 2.0, Gigabit-Ethernet und die 40-polige GPIO-Pfostensteckleiste. Sie ist beim Raspi 500 mit einem elastischen Plastikhäubchen abgedeckt, das man vorsichtig herauspulen muss, um an die Kontakte zu gelangen.

Die drei USB-A-Buchsen auf der Rückseite der Tastatur sitzen dicht nebeneinander, weil es dort an Platz fehlt. Wenn Maus, Netzkabel und Netzteil eingesteckt sind, lassen sich breitere USB-Sticks und manche Speicherkartenleser nicht direkt einstecken. Wer oft USB-Geräte anschließt oder mehrere gleichzeitig, bestellt am besten einen USB-Hub dazu; empfehlenswert ist etwa der von den Raspi-Machern [3].

Wie der normale Raspi 5 hat der Raspi 500 zwei Micro-HDMI-Buchsen, über die er ein oder zwei Monitore mit Auflösungen bis zu 4K (3840 x 2160 Bildpunkte) sowie mit bis zu 60 Hertz Bildrate ansteuert.

Zum Betrieb des Raspi 500 braucht man wie für den Raspi 5 ein USB-C-Netzteil und zwar leider nicht irgendeines, sondern das von den Raspi-Machern. Denn es gibt nach unserem Wissen bisher kein anderes auf dem Markt, das bei 5 Volt Spannung bis

zu 5 Ampere Strom liefert. Es wird auch „27-Watt-Netzteil“ genannt, weil es andere Geräte mit USB Power Delivery (USB-PD) auch mit 9 V/3 A speisen kann.

### Rechenleistung

Dank der bereits eingesteckten MicroSD-Karte lässt sich der Raspi 500 besonders leicht in Betrieb nehmen: Sobald man das Netzteil anschließt, startet die Einrichtung von Raspberry Pi OS in der aktuellen 64-Bit-Version (Bookworm).

Im Vergleich zum älteren Raspi 400 arbeitet der Neuling spürbar flotter, viele Benchmarks absolviert er mehr als doppelt so schnell, AES-Verschlüsselung (dank AES-Befehlen in den CPU-Kernen) sogar um den Faktor 35 schneller. Aktueller PC-Technik hinkt der Raspi 500 aber weit hinterher: Schon der Billigprozessor Intel N100 liegt in vielen Disziplinen um 50 bis 100 Prozent in Führung. Der Raspi 500 kann nur mit älteren Celeron N mithalten sowie mit mehr als zehn Jahre alten Mobilprozessoren. Anders ausgedrückt: Als Desktop-PC-Ersatz taugt der Raspi 500 nur für anspruchslose Anwendungen, seine 8 GByte Hauptspeicher genügen dann locker für den Alltag.

Der Raspi 500 spielt die meisten Videos flüssig ab, grundsätzlich schafft er das bis zur 4K-Auflösung. Für HEVC (H.265) hat er einen Hardware-Decoder an Bord, für MPEG-4 (H.264) reicht die Leistung der CPU-Kerne. Ganz aktuelle Formate wie AV1 und VP9 laufen nur in Full-HD-Auflösung flüssig, manchmal noch in 4K mit 30 Hertz.

Dank der relativ guten Treiber für die integrierte 3D-GPU eignet sich der Raspi

500 auch für manche Spiele. Seit Kurzem funktioniert auch Game-Streaming mit Steam Link, bei Full HD sind sogar Bildwiederholraten über 60 Hertz möglich.

Der Raspi 500 absolvierte unsere Benchmarks zwischen 2 und 15 Prozent schneller als der Raspi 5 vor einem Jahr. Das ist zwar mess-, aber kaum spürbar. Der größte Teil der Beschleunigung dürfte daher rühren, dass das Raspi-Linux und der Chromium-Browser besser für ARM-Chips optimiert wurden. Obwohl weiterhin derselbe angejahrte Wi-Fi-5-Adapterchip wie im Raspi 400 zum Einsatz kommt, läuft die WLAN-Anbindung schneller. Wir konnten in der Spitze über 90 Mbit/s messen, das reicht für die meisten DSL-Anschlüsse.

Vor einigen Wochen haben die Raspi-Macher MicroSD-Karten unter der eigenen Marke vorgestellt und eine solche steckt auch im Raspi 500. Sie erfüllt die Spezifikation A2 und liefert beim Lesen über 5000 IOPS sowie Datentransferraten von rund 90 MByte/s. Das flotte Kärtchen trägt dazu bei, dass sich die Bedienung des Raspi 500 vergleichsweise flüssig anfühlt. Im Vergleich zum Raspi 4/400 bindet der

### Raspi-Sparschalter

Im Auslieferungszustand schlucken Raspberry Pi 500 und Raspberry Pi 5 unnötig viel Leistung, wenn sie vermeintlich abgeschaltet sind. Das liegt daran, dass die Energieverwaltung bestimmte Teile der Stromversorgung auch nach dem „Herunterfahren“ aufrechterhält, also im Soft-off-Modus. Der Hintergrund ist wohl, Probleme mit manchen Zusatzplatinen für die 40-polige GPIO-Anschlussleiste zu vermeiden. Wer derartige „Hardware attached on Top“ (HAT) nicht nutzt, kann die Soft-off-Stromverschwendung abschalten. Dazu ruft man die Konfiguration für den Bootloader auf, der in einem EEPROM gespeichert ist: `sudo rpi-eeprom-config -e`. Nun ändern Sie in der Zeile `POWER_OFF_ON_HOLD=0` den Wert auf „1“. Die Änderung übernehmen Sie mit der Tastenkombination `Strg+O`, dann verlassen Sie den Editor mit `Strg+X`. Anschließend überschreibt die Software das EEPROM mit der neuen Bootloader-Konfiguration und statt rund 1,7 benötigt der Raspberry Pi 5 im Soft-Off-Modus nur noch 0,35 Watt.

## Raspberry Pi 500: Benchmarks

Gerät	Geekbench 6.3.0		7-Zip		openssl	JetStream 2.2
	Single- [Punkte]	Multithreading [Punkte]	Packen [MIPS]	Entpacken [MIPS]	aes-128-cbc [MByte/s]	[Punkte]
Raspi 500	799	1615	9387	12869	1860	100
Raspi 5 4 GByte	804	1743	9413	12661	1861	98
Raspi 400	297	695	4190	7364	151	42
Mini-PC Intel N100	1228	3203	17798	12468	1685	164

alle Messungen unter Raspberry Pi OS 64 Bit Bookworm bzw. Ubuntu 24.10 (N100); Browser: Chromium



**Der Klappständer des Raspberry Pi Monitor macht einen soliden Eindruck. An die Buchsen kommt man aber nicht so leicht heran. Die Bedientaster sitzen hinten.**

Raspi 5/500 den MicroSD-Kartenleser doppelt so schnell an.

Wer mit seinem Raspi vor allem basteln will, kauft statt eines Raspi 500 lieber einen Raspi 5. Denn der hat zusätzliche Anschlüsse für ein MIPI-DSI-Display, eine MIPI-CSI-Webcam sowie für Adapter, um Power-over-Ethernet (PoE) und PCI-Express-(PCIe-)Erweiterungen anzuschließen.

### Raspi-Monitor

Der kompakte und weniger als 900 Gramm leichte Raspi-Monitor hat ein mattiertes IPS-Display mit Full-HD-Auflösung, wie es auch in günstigen 15,6-Zoll-Notebooks zum Einsatz kommt. Die maximale Helligkeit beträgt 235 cd/m<sup>2</sup>, das ist nicht gerade gleißend hell. Die Ausleuchtung war nicht ganz homogen, bei unserem Testgerät leuchtete der Bildschirm links oben und in der Mitte 13 Prozent heller als am unteren rechten Rand. Auch Blickwinkelabhängigkeit, Kontrast und Farbraum liegen nur in der unteren Mittelklasse, rot sieht eher orange aus. Das Panel deckt den sRGB-Farbraum nicht ab und löst Farben nur mit 6 Bit pro RGB-Kanal auf, weshalb in Grau- und Farbverläufen deutlich sichtbare Streifen zu sehen sind. Diese Merkmale sind typisch für Monitore der 100-Dollar-Preisklasse, die Technik für schönere Bilder kostet schlichtweg mehr.

Der Raspi-Monitor ist allerdings sparsam und begnügt sich mit 3 bis 6 Watt Leistung. Die Speisung erfolgt wie beim Raspberry Pi 5/500 über eine USB-C-Buchse, es liegt kein Netzteil bei. Ein solches ist auch nicht zwingend nötig, weil man den Raspi-Monitor über ein USB-A-USB-C-Kabel auch aus der USB-3.0-Buchse eines Raspberry Pi 500 speisen kann. Dann leuchtet er jedoch höchstens mit 150 cd/m<sup>2</sup>, was der Stufe 60 des Helligkeits-

reglers entspricht, der von 0 bis 100 reicht. Höhere Werte lassen sich nur mit separatem USB-C-Netzteil erzielen.

Leider steckt im Raspi-Monitor – ebenso wenig wie im Raspi 500 – keine USB-C-Technik mit Display Port Alternate Mode. Bild- und Tonsignale gelangen per HDMI-Kabel vom Raspi zum Monitor. Der hat eine normal große HDMI-Buchse, daher liegt ein HDMI-Micro-zu-HDMI-Kabel bei, das mit zwei Metern recht lang ist.

Die beiden Lautsprecher des Raspi-Monitors klingen quäkig und bassfrei, immerhin ist Sprache gut verständlich. Speisung aus einem USB-Port begrenzt auch die maximale Lautstärke. Der Raspi-Monitor hat auch eine 3,5-Millimeter-Klinkenbuchse für analoge Kopfhörer. Die sitzt dummerweise zusammen mit den beiden anderen Buchsen auf der Rückseite unter dem Klappständer, ist also von vorne nicht erreichbar.

### Fazit

Der Raspberry Pi 500 ist hübsch anzusehen, vor allem in Kombination mit dem Raspberry Pi Monitor. Letzterer ist kom-

## Raspberry Pi Monitor

15,6-Zoll-Monitor mit Full-HD-Auflösung	
Anbieter	Raspberry Pi Plc., raspberrypi.com
Auflösung	1920 × 1080 Pixel
Eingang	HDMI
Stromversorgung	USB-C-Buchse: 5 Volt, max. 1,5 A (7,5 W)
Lautsprecher	Stereo
Audio-Ausgang analog	3,5-mm-Stereoklinkenbuchse
Bedienelemente (hinten rechts)	Einschalter, Helligkeit, Lautstärke
Maße, Gewicht	36 cm × 23,5 cm × 2,1 cm, 846 g
Ausstattung	Klappständer, VESA-Bohrungen
Leuchtdichteregulierungsbereich	27 - 235 cd/m <sup>2</sup>
Ausleuchtung / Kontrast	87,3 % / 840:1
Leistungsaufnahme (mit USB-C-Netzteil)	2,9-6 W
Preis	100 US-Dollar

pakt, sparsam, macht und wirkt robust. Seine Bildqualität ist aber mittelmäßig, die Tonqualität schlecht und die Anbindung per HDMI nicht das Gelbe vom Ei. USB-C wäre eleganter und man wünscht sich auch USB-Buchsen am Bildschirm, etwa für eine Webcam. Aber klar: Die Raspi-Entwickler müssen mit spitzen Bleistift rechnen.

Der Raspi 500 überzeugt: Er braucht wenig Platz, arbeitet geräuschlos, rechnet sparsam und deutlich schneller als sein Vorgänger. Wer die flexiblen Anschlussmöglichkeiten des normalen Raspberry Pi 5 nicht benötigt, kann auch zum 500er greifen, der nicht sehr viel teurer ist als ein Raspi 5 mit ebenfalls 8 GByte RAM, bekommt aber Tastatur, Gehäuse und Betriebssystem auf MicroSD-Karte gleich dazu. (ciw@ct.de) **ct**

### Literatur

- [1] Christof Windeck, Tastenraspi, Raspberry Pi 400 im Tastaturgehäuse, c't 25/2020, S. 82
- [2] Christof Windeck, Raspi auf Speed, Der Einplatinencomputer Raspberry Pi 5, c't 23/2023, S. 14
- [3] Christof Windeck, Einfach gut, Raspberry Pi USB 3 Hub, c't 27/2024, S. 79

## Raspberry Pi 500

Mini-PC mit ARM-SoC im Tastaturgehäuse	
Anbieter, URL	Raspberry Pi Plc., raspberrypi.com
Prozessor	Broadcom BCM2712 D0 (4 × ARM Cortex-A76, max. 2,4 GHz)
GPU	Broadcom VideoCore VI (im BCM2712)
RAM	8 GByte LPDDR4-4267 (verlötet)
Massenspeicher	MicroSD-Kartenleser mit Raspberry Pi 32 GByte (14 GByte frei)
WLAN	Infineon Airoc CYW43455, 2,4 und 5 GHz, max. 300 Mbit/s brutto
Bluetooth	BT 5.0, BLE
Anschlüsse (alle hinten)	2 × Micro-HDMI, 2 × USB-A 5 Gbit/s (USB 3.2 Gen 1), 1 × USB-A 2.0, 1 × Gigabit-Ethernet (RJ45), MicroSD-Kartenleser, 40-polige GPIO-Leiste, Stromversorgung (USB-C), Kensington Lock
Maße	28,7 cm × 2,2 cm × 12,5 cm
Gewicht	377 Gramm
Zubehör Kit-Version (außer MicroSD-Karte)	USB-C-Netzteil 27 W (Kabel 1,2 m), USB-Maus, Kabel Micro-HDMI/HDMI (2 m), Handbuch
Betriebssystem (vorinstalliert)	Raspberry Pi OS (64 Bit, Bookworm)
Messwerte	
Leistungsaufnahme Soft-off	1,7 Watt <sup>1</sup>
Leistungsaufnahme Leerlauf / CPU-Last	2,4 / 10 Watt
WLAN max.	90 Mbit/s
Bootdauer	20 s
MicroSD-Karte schreiben / lesen	32 / 91 MByte/s, 2104 / 5584 IOPS
Preis	90 US-Dollar (Kit: 120 US-Dollar)
<sup>1</sup> 0,35 Watt mit dem Parameter POWER_OFF_ON_HOLD=1 in rpi-eprom-config	





# Hören Sie von uns – Podcasts aus den heise-Redaktionen

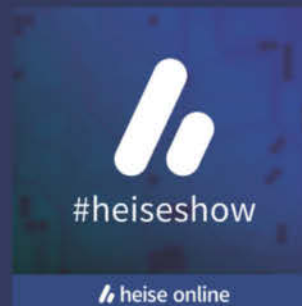
**kurz informiert –**  
der Tech-News-Podcast  
(zweimal werktäglich)



**KI-Update –** Infos zu  
den wichtigsten KI-  
Entwicklungen (werktäglich)



**#heiseshow –** die  
wöchentliche Dosis Technik  
und Netzpolitik (donnerstags)



**Passwort –** der Podcast  
von heise Security  
(14-täglich, mittwochs)



**c't uplink –** der Podcast  
aus Nerdistan  
(samstags)



**Haken dran –** das Social-  
Media-Update der c't  
(dreimal pro Woche)



**Bit-Rauschen –** der  
Prozessor-Podcast von c't  
(14-täglich, mittwochs)



**Auslegungssache –**  
der c't-Datenschutz-  
Podcast (14-täglich, freitags)



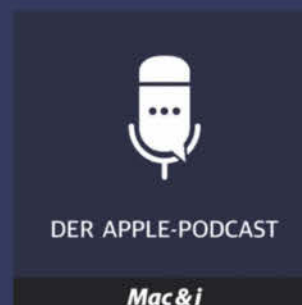
**Vorsicht, Kunde! –**  
der c't-Verbraucherschutz-  
Podcast (14-täglich, freitags)



**Frauen und Technik –**  
mit Eckert und Wolfangel  
(14-täglich, mittwochs)



**Mac & i –** der Apple-  
Podcast (14-täglich)



**The Next (Big) Thing –**  
alles rund um Apples Vision  
Pro (14-täglich, freitags)



Überall, wo es Podcasts gibt!

© Copyright by Heise Medien.

Hier hören:  
[heise.de/go/podcast](https://heise.de/go/podcast)





# Fit durch den Winter

## Apps fürs Indoor-Radfahren mit einem Smart Trainer

**Wenn es draußen stürmt und regnet, kann man trotzdem radeln: zu Hause, mit einem Smart Trainer und einer App wie Zwift, Rouvy oder System. Wir sortieren das Angebot, denn nur, wenn die App zu den persönlichen Vorlieben passt, macht Indoor-Training Spaß und vielleicht sogar süchtig.**

Von Christian Wölbart

**W**er Fahrrad fährt, um fit zu bleiben, der hat im Winter drei Probleme: Dunkelheit, Nässe und Kälte. Viele Radler trainieren deshalb von Oktober bis Ostern vorrangig drinnen: Sie klemmen ihr Rad in einen Smart Trainer und strampeln im Gästezimmer, in der Garage oder im Keller auf der Stelle. In der Coronazeit boomte das Indoor-Radeln genauso wie der „richtige“ Radsport.

Einer der Hauptprofiteure des Indoor-Radsport-Booms ist Zwift, eine mit 3D-Strecken, Gamification-Elementen, Gruppenfahrten, Rennen und weiteren Fea-

tures angereicherte Trainingssoftware. Mit Zwift schwitzte in den vergangenen Wintern gefühlt fast jeder Smart-Trainer-Besitzer, zumindest, wenn man die auf dem Sportnetzwerk Strava geposteten Aktivitäten als Maßstab nimmt.

Doch Zwift hob im vergangenen Frühjahr die Preise um ein sattes Drittel an. Das Monatsabo kostet jetzt 20 Euro, das Jahresabo 200 Euro. Höchste Zeit, einen Überblick über die zum Glück zahlreich vorhandenen Alternativen zu geben. Im Folgenden erklären wir Grundbegriffe des Indoor-Trainings und sortieren das App-



## ct kompakt

- Fürs Indoor-Radfahren auf einem Smart Trainer gibt es ein großes Angebot an kostenlosen und kostenpflichtigen Apps.
- Bei Zwift, Rouvy & Co. liegt der Schwerpunkt auf Strecken, Gruppenfahrten und Rennen; Wahoo System, TrainerRoad und ähnliche Apps verzichten auf Strecken und konzentrieren sich auf Trainingspläne und Intervall-Trainingseinheiten.
- Statt mit einer App kann man auch einfach mit dem Fahrradcomputer trainieren.

Angebot. Favoriten küren wir nicht, denn dafür unterscheiden sich die Konzepte der Anwendungen, aber auch die Ansprüche und das Zeit- und Geldbudget der Nutzer zu stark.

Eine gute Nachricht vorweg: Viele Apps sind günstiger als Zwift, so zahlt man zum Beispiel für Rouvy oder Wahoo System 15 Euro im Monat oder 150 Euro im Jahr, icTrainer gibt es für 23,49 Euro im Jahr und TrainerDay verfolgt ein Freemium-Modell. TrainingPeaks Virtual (ehemals indieVelo) ist bis Ende März 2025 kostenlos, MyWhoosh sogar bis auf Weiteres gratis.

### ERG, SIM und FTP

Bevor wir näher auf die Apps eingehen, erklären wir hier noch schnell ein paar Grundbegriffe, die dabei helfen, die richtige Anwendung zu finden: Viele Apps unterscheiden zwischen dem ERG-Modus und dem SIM-Modus. Der ERG-Modus eignet sich gut für strukturierte Trainingseinheiten, die Apps sprechen von „Workouts“. Dabei gibt die App dem Smart Trainer die Zielleistung vor und variiert diese gemäß der Intervalle. Der Smart Trainer passt laufend den Widerstand an, wodurch man automatisch die geforderte Leistung tritt. Schalten entfällt. Gibt die App eine Ziel-Trittfrequenz vor, muss man lediglich auf diesen Wert achten.

Der SIM-Modus soll das Draußenfahren simulieren. Dabei passt die App den Widerstand des Smart Trainer an eine virtuelle Strecke an. Dabei berücksichtigt sie Steigung und Gefälle, aber auch Werte wie Gewicht und Größe des Fahrers oder das virtuelle Windschattenfahren. Mit der

Schaltung wählt man einen passenden Gang und tritt so viel Leistung, wie man möchte oder kann. Die App berechnet eine Geschwindigkeit für die virtuelle Welt, sodass man sich mit anderen Nutzern messen kann. Manche Workouts enthalten aber auch Abschnitte, in denen man Leistung und Trittfrequenz mit der Schaltung frei bestimmt.

Eine wichtige Rolle spielt in den meisten Apps außerdem der sogenannte FTP-Wert (Functional Threshold Power). Dieser drückt die Leistung aus, die man eine Stunde lang treten kann. Den Wert bestimmt man am besten mit einem Leistungstest innerhalb der App. Die Anwendung passt Trainingseinheiten dann an das individuelle Leistungsniveau an. Wer seinen FTP-Wert kennt, kann ihn in der App hinterlegen.

### App-Parade

Apps fürs Indoor-Radfahren kann man grob in zwei Kategorien einteilen. Auf der einen Seite stehen zum Beispiel Zwift, Rouvy, MyWhoosh oder TrainingPeaks Virtual. In diesen kann man im SIM-Modus mit einem Avatar durch 3D-Welten radeln, gemeinsam mit Freunden, Fremden oder Bots. Man sucht sich eine Strecke aus und fährt los oder man nimmt zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem Event teil, zum Beispiel einer Gruppenfahrt oder einem Rennen.

Zur Motivation setzen die Anbieter außerdem auf Gamification, zum Beispiel sammelt man Erfahrungspunkte und wird mit Ausstattungsgegenständen oder zusätzlichen Strecken belohnt. Obendrein kann man strukturierte Trainingsein-

heiten im ERG-Modus abfahren und (meist vorgefertigte) Trainingspläne abstrampeln.

Auf der anderen Seite stehen unter anderem Wahoo System, TrainerRoad und TrainerDay. Bei ihnen gibt es keine Avatare und keine 3D-Welten. Stattdessen konzentrieren die Anbieter sich auf strukturierte Trainingseinheiten und Trainingspläne. Diese Funktionen lassen dem Nutzer mehr Freiheiten als zum Beispiel bei Zwift: Man kann nicht nur fertige Pläne abrufen, sondern mithilfe von Fragenkatalogen individuelle Pläne erstellen, auf ein Zieldatum wie ein Rennen ausrichten und Einheiten in einem integrierten Kalender hin und herschieben.

Die Anforderungen der Apps an den PC oder das Tablet sind nicht sonderlich hoch: Bei unseren Versuchen liefen alle in der Tabelle auf Seite 101 aufgeführten Anwendungen auf einem iPad Pro von 2018 sowie auf einem typischen Business-Notebook mit Windows 11 mit Intel-CPU der 10. Core-i-Generation flüssig.

### Wilde Zwift-Welt

Im Detail unterscheiden die Plattformen sich in weiteren Punkten. Auf die aus unserer Sicht wichtigsten Besonderheiten gehen wir im Folgenden ein.

Die App des Marktführers **Zwift** ist für Einsteiger nicht leicht zu durchschauen: Auf der Startseite versammelt sich eine Mischung aus Herausforderungen, Gruppenfahrten und Events. Legt man direkt irgendwo los, verwirren die zahlreichen eingblendeten Informationen und die vielen herumflitzenden Avatare anderer Fahrer.



Der Marktführer Zwift verwirrt anfangs mit vielen Informationen und wuseligem Geschehen in der 3D-Welt, aber die Tutorials helfen weiter.



Anfänger absolvieren deshalb am besten zunächst die diversen Tutorials, die Zwift anbietet. Diese erklären Begriffe wie W/kg (Leistung bezogen aufs Körpergewicht) und die sechs Belastungszonen, mit denen Zwift seine Workouts strukturiert. Danach weiß man eher, was man will, und findet in den drei Kategorien Events, Strecken und Workouts jeweils eine große Auswahl. Irgendeine Gruppenfahrt oder ein Rennen startet immer in den nächsten Minuten. Auch in den Workouts ist man in der Regel mit Leuten aus aller Welt unterwegs.

Charakteristisch für Zwift ist neben der großen Nutzerzahl auch das

Gamification-Prinzip. Mit jeder Kurbelumdrehung sammelt man Erfahrungspunkte, die mit allerlei virtuellem Schnickschnack belohnt werden, von Socken und Sonnenbrillen bis zu schicken Rennrädern. Auch „Herausforderungen“, das sind Sets aus Strecken oder Workouts, locken mit digitalen Abzeichen. Darüber hinaus bietet Zwift vorgefertigte Trainingspläne. Abgeschlossene Aktivitäten schickt die App auf Wunsch an vergleichsweise viele andere Plattformen, nicht nur an Strava, sondern zum Beispiel auch an Garmin.

Die Zwift-Strecken führen durch Fantasiewelten wie Watopia oder bilden reale

Orte wie Innsbruck oder Paris nach. Da die Grafik ziemlich schlicht gehalten ist, achten die meisten Nutzer weniger auf die Landschaften.

### Alpe d'Huez im Keller

Der Konkurrent **Rouvy** lockt hingegen vor allem mit seinen Strecken. Der Anbieter kombiniert professionell gedrehte Videos realer Strecken mit 3D-Elementen wie Avataren und Werbebanden und nennt das „Augmented Reality“. Das Ergebnis wirkt meistens harmonisch.

Auch die Auswahl der Strecken gefällt: Auf Rouvy fährt man mythische Strecken

## Was ist ein Smart Trainer?

Unter Smart Trainer verstehen wir Geräte, die man drahtlos mit einem Radcomputer, Smartphone, Tablet oder PC koppelt und die sich von Trainings-Apps beliebiger Anbieter steuern lassen; geschlossene Systeme wie Peloton [1] lassen wir hier außen vor. Die App gibt den Widerstand vor, den der Smart Trainer leistet, und zeigt die vom Gerät gemessene Leistung und Trittfrequenz an. Wenn Sie bereits ein solches Gerät besitzen, wissen Sie vermutlich genug darüber, können diesen Kasten überspringen und sich der Auswahl der Trainingssoftware widmen.

Falls Sie noch keinen Smart Trainer besitzen: Die Geräte gibt es in diversen Varianten. Beliebte und relativ günstig sind Modelle, in die man ein Fahrrad einspannt. Mittlerweile ist dabei das Prinzip des Direktantriebs Standard, das heißt, das Fahrrad wird ohne Hinterrad aufgebockt und die Kette treibt die Achse des Trainers direkt an.

Hersteller wie Wahoo, Garmin und Elite bieten diverse Smart Trainer dieser Bauart ab circa 500 Euro an, der Discounter Decathlon ist günstiger. Nach unserer Erfahrung laufen auch Einsteigergeräte leise genug, um Familienmitglieder im Nachbarzimmer nicht zu stören. Teurere Modelle messen die Leistung noch etwas genauer und bauen mehr Widerstand auf, einige „fahren“ sich dank flexibler Elemente auch realistischer und ergonomischer. Außerdem gibt es diverses Zubehör wie smarte Ventilatoren oder Systeme, die am virtuellen Berg den Bug des Fahrrads anheben. Teuer sind auch Smart Trainer mit Sattel und Lenker, in die man kein Fahrrad einspannen muss.

Doch um es klar zu sagen: Für Zwift & Co. reicht ein 500-Euro-Trainer vollkommen aus und das einzige essenzielle Extra ist eine Matte, die den Boden vor Schweißflecken schützt.

Smart Trainer funkeln in der Regel über ANT+ und Bluetooth, einige Modelle auch über WLAN. Bei aktuellen Modellen muss man sich kaum Gedanken um die Kompatibilität zu Trainings-Apps machen, denn fast alle Trainer und Apps verstehen das Bluetooth-Protokoll FTMS (Fitness Machine Service). Einen ANT+-Dongle für den PC braucht man also in der Regel nicht. Via ANT+ kann man den Smart Trainer mit dem Radcomputer koppeln.

Erwähnenswert ist noch das Thema Schaltung: Traditionell setzt man auf den Smart Trainer eine zum Fahrrad passende Kassette (Ritzelpaket an der Hinterachse). Vor allem Zwift treibt allerdings das vir-

tuelle Schalten voran. Dafür schiebt man anstelle einer Kassette ein einzelnes Ritzel (Zwift Cog) auf den Freilaufkörper des Smart Trainers und schaltet mit einem kleinen Bluetooth-Controller, den man an den Lenker bindet. Dann simuliert Zwift im Zusammenspiel mit dem Smart Trainer die Gänge.

Man schaltet also materialschonend und geräuschfrei. Außerdem muss man nicht die Kassette des Smart Trainers wechseln, wenn man Räder mit unterschiedlichen Schaltungen einspannt. Wechselt man von Zwift zu einer anderen Plattform, muss man aber eine Kassette einbauen, um virtuelle Strecken sinnvoll fahren zu können. Außerdem kann der Smart Trainer den Widerstand eventuell nicht so schnell anpassen wie eine klassische Schaltung, sodass man im Sprint wertvolle Zeit verliert.



**Der 500 Euro teure Wahoo Kickr Core läuft angenehmer leise – leiser als zum Beispiel der nicht mehr erhältliche Zwift Hub One.**

**GRATIS:**  
Signatur-Updates  
bis Oktober 2025

# NEU: c't Desinfec't 2024/25

## Das Notfall-System für den Ernstfall



Rouvy kombiniert 3D-Elemente mit abgefilmten Strecken aus aller Welt.

wie die Sella Ronda oder Alpe d'Huez und spürt die Steigungsprozente auf seinem Smart Trainer. Die App bietet aber auch viele weniger bekannte Traumlandschaften, zum Beispiel in Island oder Kolumbien, und profanere Strecken wie „Rund um Köln“.

Was die Möglichkeiten angeht, tickt Rouvy ähnlich wie Zwift: Auf der Startseite navigiert man zu Strecken, Herausforderungen, Events und Workouts. Auch bei Rouvy sammelt man Erfahrungspunkte, kann seinen Avatar aufmotzen und fährt mit anderen Nutzern.

Vielleicht, weil weniger Betrieb herrscht als bei Zwift, bietet die App die Möglichkeit, „Ghost Rider“ und „Virtuelle Partner“ auf Tour mitzunehmen. Ghost Rider passen sich an die Geschwindigkeit des Nutzers an, sodass man sich von ihnen im Windschatten ziehen lassen kann. Virtuelle Partner wählt man nach Leistungs-kategorie aus, wenn man zum Beispiel mal richtig gefordert werden will.

Ein weiterer Zwift-Konkurrent ist **TrainingPeaks Virtual**. Die App hieß bis vor Kurzem noch indieVelo, nun gehört sie zu TrainingPeaks, einer Anwendung für Trainingspläne. TrainingPeaks Virtual läuft noch in der Beta-Phase und soll bis März 2025 kostenlos nutzbar bleiben. Danach wird sie Teil des TrainingPeaks-Abos, das aktuell 20 US-Dollar im Monat kostet (ca. 18,80 Euro).

TrainingPeaks Virtual richtet sich an fortgeschrittene Indoor-Radler. Der Anbieter wirbt vor allem mit einem hohen Realitätsgrad: Man kann in der App mit Schaltflächen bremsen und die Fahrspur

wechseln, um zum Beispiel in Rennen im Windschatten bestimmter Konkurrenten zu bleiben. Man kann aber wie bei den anderen Apps auch gemütlich seine Runden durch die unspektakuläre Fantasie-3D-Welt drehen oder Intervalle treten.

**MyWhoosh** ist ein weiterer Zwift-Konkurrent und aktuell ebenfalls kostenlos. Eine naheliegende Erklärung: Die Investoren der App kommen aus den Vereinigten Arabischen Emiraten und wollen im Radsport groß rauskommen.

Auch in dieser App gibt es die übliche Kombination aus freiem Fahren, Gruppenfahrten, Rennen und Workouts sowie einer „Garage“, in der man seinen Avatar ausstattet. Die 3D-Welten wirken etwas detaillierter als bei TrainingPeaks Virtual und bilden reale Orte ab. Unter Windows mussten wir zunächst Visual C++ und das Legacy-Paket von DirectX herunterladen, um MyWhoosh zum Laufen zu bekommen. Für Windows gibt es auch eine „HD“-Variante der App mit anspruchsvoller Grafik. Diese belegt satte 29 GByte Speicherplatz und ruckelte auf unserem oben erwähnten Test-Notebook arg.

### Video-Workouts

**Wahoo System** gehört zu den Apps, die auf virtuelle Strecken verzichten und sich auf Trainingseinheiten konzentrieren, die vorwiegend im ERG-Modus gefahren werden. Bei System sind allerdings viele dieser Einheiten mit Videos hinterlegt, die unterhalten und motivieren sollen.

In der Kategorie „The Sufferfest“ sind das Ausschnitte aus TV-Übertragungen von Profirennen. Wenn man selbst Gas



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

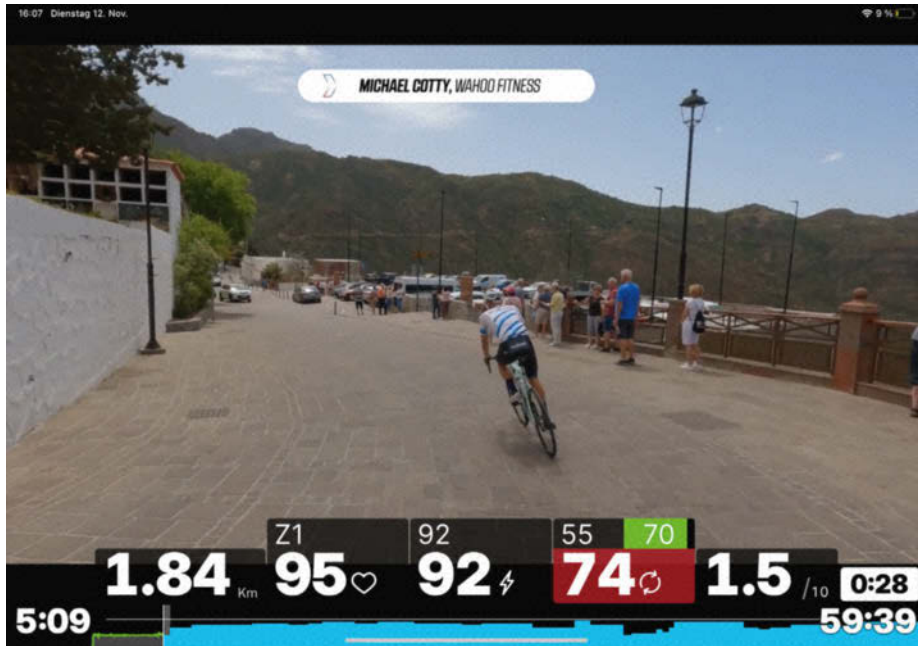


[shop.heise.de/desinfec24](https://shop.heise.de/desinfec24)

Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten oder ab einem Einkaufswert von 20 € (innerhalb Deutschlands). Nur solange der Vorrat reicht. Preisänderungen vorbehalten.

**heise shop**





Wahoo System unterhält und motiviert mit professionell produzierten Videos, wobei man aber kein Streckenprofil fährt, sondern Intervalle.

geben soll, attackieren auch die Profis im Video. In der Kategorie „On Location“ folgt man einem Trainer auf einer Tour zum Beispiel durchs Allgäu, ebenfalls eine kurzweilige und gut zugängliche Form des Intervalltrainings. In der Kategorie „Pro-Rides“ verfolgt man Rennen aus der Perspektive eines Profis, dementsprechend wacklig und hektisch sind die Videos. Von diesem Aspekt abgesehen wirken die Videos aber sehr professionell produziert.

In Leistungstests ermittelt System nicht nur die FTP, sondern vier Parameter

(Endurance, Tempo, Attack, Sprint) und bezieht diese in die Trainingsplanung mit ein. Zum Zeitpunkt unserer Recherche hatte System insgesamt rund 380 „Workouts“ für Smart Trainer im Programm, rund die Hälfte davon mit Video. Filtern kann man unter anderem nach den genannten Leistungsparametern.

Während der Durchgänge blendet die App den Ablauf und alle wichtigen Daten schön groß ein. Auch in den Menüs finden Einsteiger sich schnell zurecht, allerdings sind sämtliche Inhalte nur auf Englisch ver-

## Radcomputer statt App

Die meisten Smart-Trainer-Besitzer lassen die App ihrer Wahl auf einem Tablet oder PC laufen. Manche schließen zudem einen großen Monitor oder Fernseher an. Der Vollständigkeit halber sei aber auch eine andere Möglichkeit erwähnt: Gängige Radcomputer wie die von Wahoo und Garmin können ebenfalls Smart Trainer steuern.

Der Vorteil dieser Variante ist, dass man kein anderes Gerät benötigt, keine App und auch kein kostenpflichtiges Abo. Man klettert einfach aufs Rad, klemmt den Radcomputer an den Lenker, koppelt ihn mit dem Smart Trainer und legt los.

Alle aktuellen Radcomputer von Garmin (ab Edge 130) und Wahoo (Element

Roam und Bolt) beherrschen zum Beispiel Intervalleinheiten, bei denen man ein vorgegebenes Programm abspult und der Radcomputer die Zielleistung variiert. Wer will, kann die Zielleistung aber auch manuell während des Trainings anpassen. Alternativ fährt man eine draußen gefahrene Strecke drinnen quasi erneut ab oder plant eine spezielle Strecke fürs Indoor-Training. Dann bestimmen Steigung und Gefälle den Widerstand des Smart Trainers.

Das Ganze auf dem Mini-Display des Radcomputers zu verfolgen, macht zugegebenermaßen wenig Spaß. Für die Unterhaltung muss also eher eine Serie oder ein Podcast sorgen.

füßbar. Die App kann man 14 Tage lang testen, ohne Zahlungsdaten anzugeben. Danach werden 14,99 Euro im Monat fällig.

**TrainerRoad** verzichtet auf Videos. Während der Workouts sieht man lediglich die nackten Zahlen und das Intervallprogramm auf dem Display, schön groß und übersichtlich. Bei einigen Einheiten blendet die App Tipps etwa zur Schulterhaltung oder Atmung ein.

Ähnlich wie bei System kann man Trainingspläne für individuelle Ziele und Kriterien bauen und anpassen. Die Workout-Bibliothek lässt sich nach acht Leistungsparametern wie Ausdauer, VO2 Max oder Sprint und zig weiteren Kriterien filtern, was fortgeschrittenen Sportlern weiterhilft. Ebenfalls sportlich ist der Preis: Mit 24,99 Euro im Monat ist TrainerRoad noch teurer als Zwift.

**TrainerDay** ähnelt TrainerRoad in Konzept und Anmutung, ist aber viel günstiger. In der kostenlosen Variante hat man rund 20 Workouts zur Auswahl. In der kostenpflichtigen Version für 5,49 Euro im Monat sind es Tausende, darunter viele von Nutzern erstellte. Nur als Abonnent kann man selbst Workouts bauen. TrainerDay unterscheidet ebenfalls diverse Leistungsdimensionen, filtern kann man die Workouts aber nach weniger Kriterien als bei TrainerRoad und System. Trainingspläne baut man ähnlich wie bei diesen Konkurrenten nach individuellen Kriterien und Terminen.

Ein Sonderfall ist die in Hannover entwickelte App **icTrainer**: Hier stehen ebenfalls Workouts im Fokus, doch die App kommt optisch nicht so aufgeräumt und minimalistisch daher wie System, TrainerRoad und TrainerDay. Die Oberfläche ist in der Standardansicht übersät mit kleinen Schaltflächen, mit denen man zum Beispiel während der Einheiten den Widerstand manuell anpassen kann und vieles mehr. Es gibt auch eine „Kompakt-Ansicht“, aber Einsteiger müssen sich in die App erst reinfuchsen, wozu sie vielleicht nicht unbedingt Lust und Zeit haben, wenn sie eigentlich nur eine kurze Runde trainieren wollen, bevor sie kaputt ins Bett fallen.

Erfahrene Indoor-Radler können sich bei icTrainer für kleines Geld austoben, das Jahresabo kostet gerade mal 23,49 Euro. Neben Workouts und Trainingsplänen gibt es weitere Features wie Musik, Streckenvideos (in oft mäßiger Qualität), ein integriertes Browserfenster, Gruppen-Workouts und vieles mehr.



## Fazit

Sport ist etwas sehr Persönliches: Einige trainieren als Einzelkämpfer, andere verabreden sich mit Freunden oder Vereinskollegen zu Workouts. Mancher hat Lust auf Intervalleinheiten ohne Schnickschnack, andere wollen sich mit Videos berieseln lassen oder virtuelle Rennen fahren. Motivationstricks, die bei dem einen ziehen, lassen den anderen kalt. Und manche Nutzer brauchen keinerlei Gimmicks, sondern werden süchtig nach Indoor-Training, sobald sie die ersten Fortschritte spüren und diese in der App auch Schwarz auf Weiß sehen.

Wenn der soziale Aspekt wichtig ist, spricht vieles für Zwift: Hier ist die Wahrscheinlichkeit am höchsten, dass man Bekannte aus der echten Welt wiederfindet. Auch sonst erfüllt Zwift fast alle Wünsche. Vermisst haben wir nur einen Trainingskalender und individuelle Trainingspläne. Wer das braucht und trotzdem auf Zwift trainieren will, kann seine Einheiten in einer anderen App planen und in Zwift importieren.

Bei Zwift-Konkurrenten wie Rouvy oder TrainingPeaks Virtual ist weniger los,



icTrainer quetscht viele Daten und Bedienelemente auf den Bildschirm, Einsteiger müssen sich reinfuchsen.

was nicht stört, wenn man eh lieber allein trainiert. Dann entscheidet man zum Beispiel nach der Optik.

Wer 3D-Welten und der Jagd nach virtuellen Aero-Socken generell nichts abgewinnen kann, sollte sich eine Workout-App wie Wahoo System, TrainerRoad, TrainerDay oder icTrainer anschauen. Strecken kann man schließlich auch draußen fahren, während man sich beim Indoor-Training viel besser auf Intervalle konzentrieren kann als draußen im Stra-

ßenverkehr. Systm punktet dabei mit professionell produzierten Videos, die den einen oder anderen eher vom Sofa holen als eine datengetriebene Kurbelei. Auf jeden Fall sollte man die kostenlosen Testphasen der Anbieter ausnutzen und mehrere Apps ausprobieren, bevor man ein Abo bucht.

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

## Literatur

- [1] Jan-Keno Janssen, Teures Trimm-dich, Peloton Bike+ im Langzeittest, c't 4/2021, S. 92

## Apps für Smart Trainer (Auswahl)

Name	icTrainer	MyWhoosh	Rouvy	Systm	TrainerDay	TrainerRoad	TrainingPeaks Virtual	Zwift
Anbieter, URL	Indoor Training, ictrainer.de	MyWhoosh Technology Services, mywhoosh.com	VirtualTraining, rouvy.com	Wahoo Fitness, de-eu.wahoofitness.com	Zuz, trainerday.com	Trainer Road, trainer-road.com	Peakware, trainingpeaks.com/virtual	Zwift, zwift.com
Sprachen	Deutsch, Englisch	Englisch	Deutsch, Englisch, weitere	Englisch	Deutsch, Englisch, weitere	Deutsch, Englisch, weitere	Englisch	Deutsch, Englisch, weitere
Anwendung verfügbar für	Android (k.A.), iOS (ab 11.0), macOS (ab 10.0) Windows (ab 10)	Android (ab 10.0), iOS (ab 14.0, A12), macOS (ab 10.14), Windows (ab 10)	Android (ab 11.0), iOS (ab 16.0), macOS (ab 11.7), Windows (ab 10), Apple TV (ab tvOS 17)	Android (ab 12.0), iOS (ab 15.0), macOS (ab 12.0), Windows (ab 10)	Android (ab 8.0), iOS (ab 13.4)	Android (ab 7.0) iOS (ab 12.0), macOS (ab 10.13) Windows (ab 8)	Android (k.A.), iOS (ab 13.0), macOS (ab 10.13), Windows (ab 10), Apple TV (ab tvOS 12.0)	Android (ab 9.0), iOS (ab 13.0), macOS (ab 10.14), Windows (ab 10), Apple TV (ab tvOS 12.0)
Fernbedienungs-App	Android, iOS	Android, iOS	Android, iOS	—	—	—	—	Android, iOS
<b>Darstellung</b>								
3D-Grafik	—	Strecken	Elemente	—	—	—	Strecken	Strecken
Videos	Strecken	—	Strecken	Workouts	—	—	—	—
<b>Trainingsfunktionen</b>								
strukturierte Trainingseinheiten	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Editor für Trainingseinheiten	✓	✓	✓	—	✓	✓ <sup>1</sup>	—	✓
Trainingspläne / -kalender	✓ / —	✓ / ✓	✓ / —	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	— / —	✓ / —
<b>Gruppenaktionen</b>								
Gruppenfahrten (Strecken)	—	✓	✓	—	—	—	✓	✓
Rennen	—	✓	✓	—	—	—	✓	✓
Gruppen-Trainings-einheiten	✓	✓	—	—	—	✓	✓	✓
<b>Kosten</b>								
Probezeitraum	30 Tage	—	7 Tage <sup>2</sup>	14 Tage	kostenlose, eingeschränkte Version unbegrenzt nutzbar	— <sup>3</sup>	kostenlos bis März 2025	— <sup>4</sup>
Abo-Kosten	23,49 €/Jahr	kostenlos	14,99 €/Monat, 149,00 €/Jahr	14,99 €/Monat, 149,00 €/Jahr	5,49 €/Monat	24,99 €/Monat	kostenlos bis März 2025	19,99 €/Monat, 199,99 €/Jahr

<sup>1</sup> kostenlose Zusatzanwendung nötig ✓ vorhanden — nicht vorhanden <sup>2</sup> Angabe von Bezahldaten nötig k.A. keine Angabe <sup>3</sup> „30-tägige Geld-zurück-Garantie“ <sup>4</sup> Erstattung möglich, wenn man Jahresabo maximal 30 Tage lang nutzt



Bild: KI, Collage c't

# Podcast-Helferlein

## Diese acht KI-Tools unterstützen Sie bei der Podcast-Produktion

**Podcasten macht Spaß, an Kapitelmarken basteln nicht unbedingt. Manche Produktionsschritte sind nicht kreativ, sondern repetitiv, fummelig und anstrengend. Wir stellen acht KI-gestützte Tools vor, die Podcastern dabei helfen können.**

Von Greta Friedrich

**S**chnitt, Transkript, Kapitelmarken: Bevor die neue Podcast-Folge endlich erscheint, sind einige Arbeitsschritte nötig, die viele als lästig empfinden. Zum Beispiel, weil sie sich beim Transkribieren ein Interview nochmals in voller Länge, langsamer und oft auch mehrfach anhören müssen. Oder weil es ihnen schwerfällt, prägnante Punkte für Titel und Beschreibung herauszufischen. Oder die vielen Ähms des Gesprächspartners von der Tonspur zu tilgen.

Software kann Podcaster bei diesen Arbeitsschritten unterstützen. Mithilfe künstlicher Intelligenz erzielen die Programme oft sogar ziemlich gute Ergeb-

nisse. Einige haben sich auf bestimmte Stellen im Podcast-Produktionsprozess spezialisiert, andere Tools decken mehrere Schritte ab oder wollen gleich die gesamte Produktion stemmen.

Die Tool-Auswahl ist riesig. Mehr oder weniger ausgelegene Werkzeuge für diese und jene Aufgabe sprießen nur so aus dem Boden. Wir stellen in dieser Übersicht eine Auswahl von acht Programmen vor, die die Bandbreite des Angebots abbilden: Adobe Podcasts, Auphonic, Mindverse, Podcastle, Riverside, StreamYard, Whisper und Zencastr. StreamYard, Auphonic und Whisper nutzen die c't-Redaktion und die Kollegen

von heise online selbst für die hauseigenen Podcasts.

## Misstrauisch bleiben

Die auf den ersten Blick oft beeindruckenden Arbeitsergebnisse der KI-Tools täuschen leicht darüber hinweg, dass diese keinen blassen Schimmer haben, was sie da bearbeiten. Deshalb erkennen die Programme manche inhaltlichen Zusammenhänge nicht, verwechseln Sprecher oder greifen sich für eine Zusammenfassung die drei langweiligsten Aspekte heraus.

Damit der Podcast und die Shownotes am Ende nicht vor Fehlern strotzen, ist es daher wichtig, stets zu überprüfen, was die Software fabriziert. Idealerweise hat die Person, die die Tools bedient, das Gespräch auf der Tonspur selbst geführt oder war zumindest dabei – und es ist seitdem nicht viel Zeit vergangen. So findet sich der Postproduzent im Material gut zurecht und erkennt KI-Fehler schnell.

## Aufnahme läuft

Um einen Podcast aufzunehmen, braucht es zunächst ein Setting aus Mikrofon und Kamera, das gut austariert und beleuchtet ist. Hier kann KI nur bedingt helfen. Das auch bei heise-Podcasts weitverbreitete Aufnahmewerkzeug StreamYard bietet immerhin ein Teststudio, in dem man Bild, Ton, Bühne und Chat testen, Hintergrundmusik, Logos und Overlays hinzufügen und, wenn alles passt, direkt live streamen oder aufzeichnen kann. Gäste lädt der Host per Link ein. Mithilfe von künstlicher Intelligenz verbessert das browserbasierte System die Audioqualität und filtert zum Beispiel Hintergrundgeräusche heraus. Die heise-Podcaster bearbeiten den Ton trotzdem mit Auphonic nach.

Beim Mikrofon-Setup will Adobe mit seinem neuen Browsertool „Adobe Podcasts“ helfen. In der Funktion „Mikro testen“ sprechen Nutzer einen vorgegebenen kurzen Satz in ihr Mikrofon und bekommen einen Augenblick später eine kurze Auswertung der Aspekte Abstand zum Mikrofon, Verstärkung, Hintergrundgeräusche und Echo. Das gibt zumindest eine erste Orientierung, wenn man unsicher ist.

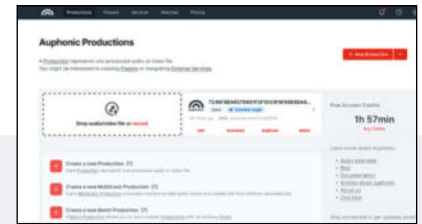
Auch bei der Aufnahme will Adobe dabei sein, die Funktion „Studio“ ist aber noch im Betastatus. Im Vergleich zu den anderen hier vorgestellten Tools sind die Möglichkeiten eher klein, aber für einfache Tonaufnahmen reichen sie. Videoauf-



## Adobe Podcasts

Kreativ-Experte Adobe will im Podcastmarkt mitmischen. Die Werkzeuge dafür sind noch in der Test-, das Aufnahmestudio sogar in der Beta-Phase. Gratis sind nur Audioprojekte, das Premium-Abo umfasst auch Videos. Verglichen mit anderen Tools ist Adobes Angebot bescheiden: Ton bereinigen mithilfe einer KI, die auch Tipps fürs optimale Mikrofon-Setting gibt, außerdem simple Aufnahmen mit Gästen und Transkripte auf Englisch, anhand derer man die Aufnahmen rudimentär bearbeitet.

**Preis: Basisversion gratis, Premium 11,90 Euro monatlich**



## Auphonic

Der Dienst aus Österreich hat sich ganz auf die KI-gestützte Audio-Postproduktion spezialisiert und ist in diesem Bereich in der freien Podcast-Szene momentan führend. Schon die vorbereiteten Presets helfen gut und sehr schnell, gleichen beispielsweise Lautstärken an und filtern Störgeräusche weg. Wer mehr will, kann sich eigene Presets zusammenbauen. Mithilfe von Whisper transkribiert Auphonic auch, außerdem kann es Füllwörter und Stille entfernen und unterstützt Nutzer dabei, Kapitelmarken zu erstellen.

**Preis: monatlich 2 Stunden gratis; gestaffeltes Guthabensystem: 9 Stunden ab 11 Euro pro Monat**

nahmen beherrscht Adobe allerdings bisher nicht.

Deutlich mehr Möglichkeiten bietet die Software von Zencast [1], die es neben der Web- auch als iOS-Version gibt: Auch hier testen Podcaster ihre Aufnahmeumgebung und können dann direkt starten und Gäste einladen. Über Buttons am oberen Rand blenden sie kurze Geräusche (Trommel) oder Musik ein (z. B. Intro/Outro). Ähnlich funktioniert auch Riverside, hier gibt es allerdings neben der Browserversion auch Apps für Mac, iOS und Android. Podcastle zeichnet Gespräche im Browser und der iOS-App auf. Dort lassen sie sich auch bearbeiten.

## Ton verbessern

Manche Tools wie StreamYard polieren den Ton der Aufnahme mithilfe von KI direkt etwas auf. Für tieferegehende Bearbeitung eignet sich beispielsweise die österreichische Software von Auphonic. Hier lädt man eine Datei hoch und wählt dann zwischen mehreren fertigen Modi (Presets), zum Beispiel „Voice Cleaner (keep music)“, das es auch ohne Musik oder mit Atmer-Entfernung gibt, oder auch „Automatic Chapters, Summary and Transcript“.

Alternativ gestaltet man vorher eigene Presets. Die Bedienoberfläche von Auphonic ist weniger schick und intuitiv als beispielsweise die von Zencast oder Riverside, dafür bietet das Tool viel mehr Möglichkeiten für die Audioproduktion, etwa einen Leveler, Normalisierung und Geräuschreduktion. In unserem Mini-Test mit den voreingestellten Vorgaben von Auphonic reduzierte das Tool Hintergrundrauschen erfolgreich, die Stimmen wurden viel deutlicher.

## c't kompakt

- Software mit KI kann Podcastern die Arbeit erleichtern und Aufgaben wie Schnitt, Transkript oder Social-Media-Posts übernehmen.
- Blind vertrauen sollte man den Tools nicht, sondern ihre Ergebnisse stets prüfen.
- Je nach Bedarf kann sich auch eine Kombination mehrerer Dienste lohnen.

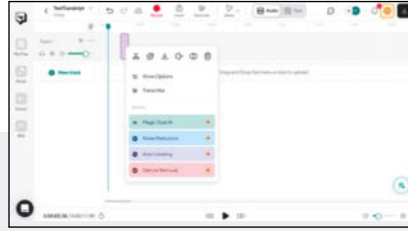




## Mindverse

Das KI-Ökosystem aus Deutschland will sehr viel und wird dadurch unübersichtlich. Die meisten der über 70 KI-Engines arbeiten mit Texten, einige mit Audio, es gibt auch eine KI-Suchmaschine. Nach Hilfen für Podcasts muss man etwas suchen und findet die Engines „Podcast Audio zu Blog“, „Podcast Skript“, „Sprachsynthese – Text to Speech“ und „Audio Transkribieren“; aber auch die Funktionen „Korrigieren“ und „Zusammenfassen“ für Texte und „Social Media Posts“ können beim Podcasten helfen. Mindverse ist nach eigener Aussage DSGVO-konform.

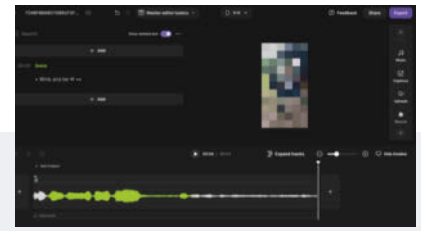
**Preis: kostenlose Basisversion; Abos ab 16 Euro pro Monat**



## Podcastle

Seine kostenlose Basic-Testversion versteckt Podcastle: Wir landeten unerwartet darin, weil wir, statt unsere Zahlungsdaten anzugeben, oben rechts auf „Skip“ klickten. Podcastle lief bei uns in Firefox, nur das „Schließen“-Kreuzchen von Pop-ups war hier unsichtbar – Google Chrome zeigte es korrekt an. Der Dienst beherrscht Audio- und Videoaufnahmen mit Gästen und bearbeitet diese mithilfe von KI rudimentär. Beim Upload wählt man die gewünschte Sprache aus. Deutsche Aufnahmen transkribierte Podcastle in unseren Tests gut.

**Preis: 7-Tage-Testversion; beschränkter, kostenloser Basic-Plan; Abo ab 12 Euro pro Monat**



## Riverside

Als einziger der vorgestellten Dienste bietet Riverside neben der Browserversion auch Apps für iOS und Android an. Das Programm enthält ein kleines Aufnahmestudio, in das man auch Gäste einladen kann. Bevor man Riverside transkribieren lässt, legt man im Studio die gewünschte Sprache fest – dann klappt es zum Beispiel auch mit Deutsch. Füllwörter und Pausen zeigt das Werkzeug direkt im Transkript, mit dessen Hilfe Nutzer die Aufnahme schneiden. Automatische Texte und Clips für Social Media sollen bei der Vermarktung helfen.

**Preis: 2 Stunden gratis, Abo ab 15 US-Dollar pro Monat**

## Schnitt im Transkript

Alle hier vorgestellten Tools transkribieren auch die Gespräche. Bei heise hat sich für diesen Arbeitsschritt die Spracherkennung Whisper von OpenAI etabliert, die sich in unserem Vergleich mit anderen Transkriptionsprogrammen im April 2024 ziemlich gut schlug [2]. Drei der anderen Anbieter werben damit, dass man bei ihnen das Aufnahmematerial sogar direkt im Transkript schneiden könne, also ohne tiefere Kenntnisse im Bereich Audio- und Videoschnitt. Wir haben das im kleinen Rahmen ausprobiert.

Zencastr zeigt links eine Vorschau des Videos und rechts das Transkript, das in Sinnabschnitte unterteilt ist, aber noch einige Fehler enthält. Darin kann man nun Abschnitte löschen und Zencastr schneidet den entsprechenden Teil aus dem Video heraus. In unserem Mini-Test holperte das mal mehr, mal weniger. Man kann das Transkript aber auch einfach bearbeiten, wenn zum Beispiel ein Name falsch verstanden wurde.

Bei Riverside funktioniert das ähnlich. Achten Sie darauf, in Ihrem „Studio“ die

gewünschte Sprache einzustellen (Dreipunkt-Menü des Studios/Settings/Sprache). Wir hatten das zunächst übersehen und wunderten uns über die unvollständige und englischsprachige Transkription aus einem kurzen deutschsprachigen Video. Nachdem wir die passende Sprache ausgewählt hatten, klappte es auch mit dem Transkript. Riverside zeigt Füllwörter und Pausen im Transkript als Kringel und Punkte an, Nutzer können sie direkt entfernen.

## Sprachverwirrung

Adobe Podcasts transkribiert deutschsprachige Texte grundsätzlich auf Englisch – die Transkriptionssprache lässt sich nicht umstellen. Das Ergebnis liest sich zwar poetisch, ergibt aber keinen Sinn. („Divide getting thrown into too deep, which in turn to anger and disenchantment and conservatism going from this November. Not a good thing. Took nine took a vote and thrown.“ – das Original war ein kurzer Text über die Aktion „Gewalt gegen Frauen kommt nicht in die Tüte“.)

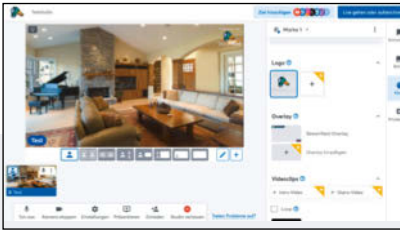
Der automatische „Filter“ von Adobe verbesserte die Sprachqualität tatsächlich.

Wir hatten allerdings auch den Eindruck, dass er bewirkte, dass das Wort „Frauen“ (das Adobe für das Wort „thrown“ hielt) mit einem seltsam gerollten „r“ erklang. Adobe Podcasts befindet sich allerdings noch in der Testphase.

Podcastle erstellt klaglos ein deutschsprachiges Transkript, in dem man auch direkt schneiden kann. Sprachverwirrung taucht hier an anderer Stelle auf: Das Tool bietet mehrere Stimmen, die man einen Text sprechen lassen kann – allerdings sind die Stimmen nur auf englischsprachige Texte vorbereitet, Deutsch klingt dementsprechend seltsam. Ein KI-Assistent hilft zahlenden Nutzern, indem er Hintergrundgeräusche herausfiltert, den Klang ausbalanciert und längere Pausen entfernt.

## Aufbereiten und werben

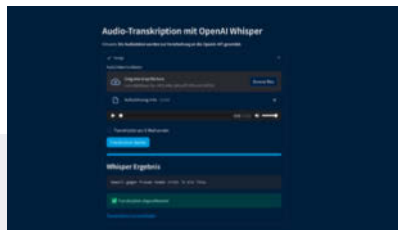
Einige Tools liefern lizenzfreie Musik für Hintergrundgedudel oder Jingles mit. Wer sich selbst kreativ austoben möchte, kann mithilfe von KI eigene Musik basteln. Dafür eignen sich zum Beispiel die Dienste Suno und Udio, die die Kollegen von heise+ bereits getestet haben [3].



## StreamYard

StreamYard hat sich auf Aufnahmen und Livestreams spezialisiert. Der Webdienst kann mit bis zu zehn Teilnehmenden zugleich umgehen. Die Aufnahme läuft jeweils lokal, damit die Internetqualität nicht die Qualität von Ton und Bild beeinträchtigt. Streamer können mehrere Plattformen gleichzeitig bespielen, darunter Twitch und Facebook. KI-gestützt bearbeitet StreamYard Tonspuren nach und entfernt zum Beispiel Hintergrundgeräusche. Außerdem erzeugt es Clips für Social Media. Seine Abopreise zeigt das Tool nur angemeldeten Nutzern.

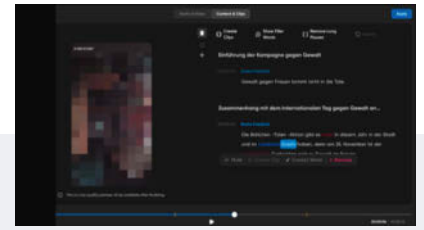
**Preis: kostenlose Basisversion;  
Abo ab 36 US-Dollar pro Monat**



## Whisper

Die Spracherkennungs-KI von OpenAI ist kostenlos und quelloffen, allerdings nicht einfach so nutzbar. Man muss sie entweder selbst hosten (das Bild zeigt die heise-Version) oder über die Programmierschnittstelle von OpenAI verwenden. Letzteres bieten manche Dienste wie zum Beispiel Auphonic oder auch „Whisper Transcription“ von Good Snooze (lokal auf Macs). Alternativ richten Nutzer Whisper via Kommandozeile ein [4]. Das Werkzeug liefert ziemlich gute Transkripte, auch auf Deutsch.

**Preis: kostenlos**



## Zencastr

In der Zencastr-Aufnahmeumgebung kann man Gäste einladen und Videos zum Beispiel mit Soundeffekten würzen. Der Dienst generiert nach der Aufnahme automatisch ein gegliedertes Transkript und erkennt auch die Sprache. Nutzer können den Text bearbeiten und darin die Aufnahme schneiden. Clips für die sozialen Medien generiert Zencastr mithilfe von KI, alternativ markiert der Nutzer die gewünschte Stelle im Skript. Der fertige Podcast geht direkt über Zencastr online, via RSS-Feed und eine eigene Podcast-Seite.

**Preis: 14-Tage-Testversion;  
Abo ab 18 US-Dollar pro Monat**

Bei der Verbreitung der Folgen in sozialen Medien helfen einige der Tools den Podcastern, indem sie automatisch Beschreibungstexte oder Social-Media-Posts generieren oder fertige Podcasts direkt veröffentlichen. In Auphonic können Nutzer selbst Kapitelmarken anlegen oder importieren, für zahlende Nutzer erstellt die App automatisch Shownotes. Automatische Kapitelmarken dagegen beherrschen von den vorgestellten Tools nur Riverside und Zencastr.

Kurze Videoschnipsel für Social Media generieren Nutzer zum Beispiel mit Riverside oder auch mit Zencastr, hier sogar direkt im Transkript-Bearbeitungsmodus. Die KI pickt dafür die „viralsten“ Momente des Videos heraus; alternativ markiert der Social-Media-Verantwortliche eine mindestens 30-sekündige Textpassage im Transkript, die er als Clip extrahieren möchte. Veröffentlichen kann er seinen Podcast direkt über die Plattform. Zencastr erstellt dann einen RSS-Feed und eine Podcast-Website. Ebenso funktioniert die Veröffentlichung bei

Riverside und über das „Hosting Hub“ von Podcastle.

heise-Podcaster nutzen für Titel, Vorspann- und Beschreibungstext die haus-eigene Unternehmenslösung heise I/O. Hier kann sich jeder Podcaster für sein Produkt einen Prompt bauen, mit dem ein gewünschtes KI-Modell dann die Texte generiert – die der Podcaster wiederum überarbeitet.

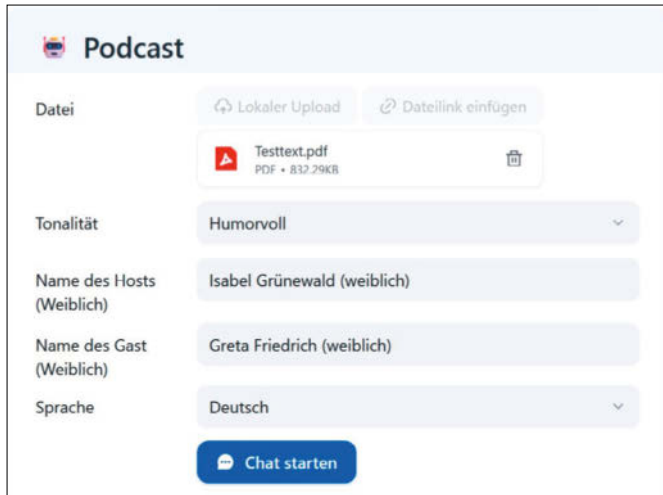
## Vollmundige Ankündigungen

In dieser Übersicht haben wir bewusst einige Tools außen vor gelassen, die Podcastern auch das Sprechen abnehmen wollen. So heißt es zum Beispiel im Newsletter des deutschen KI-Ökosystems Mindverse: „Mit unserem KI-Agenten kannst du im Handumdrehen ein Dokument in einen spannenden Podcast verwandeln.“ Man müsse dafür nur ein Dokument oder einen Link einfügen, Host und Gast festlegen und Tonalität und Sprache wählen. Die Funktion ist nur für zahlende Nutzer, im Wust etlicher KI-Engines auf der Mindverse-Website finden sich aber auch kostenlose Funktionen, die Podcastern helfen

und beispielsweise ein Skript schreiben oder aus einer Audiodatei einen Blogbeitrag generieren, ohne gleich den ganzen Podcast zu übernehmen.

Den Podcast-Generator haben wir der Vollständigkeit halber kurz ausprobiert, man findet ihn unter „KI Agenten“ in der Leiste links. Das Startformular ist so knapp wie im Newsletter versprochen. Aus den Angaben generiert die KI tatsächlich ein kurzes Podcast-Zwiesgespräch über das gewünschte Thema, inklusive Skript und Audiodatei. In unserem Test-Podcast auf Deutsch klangen die Stimmen teils authentisch, meist aber künstlich, eine hatte einen leichten amerikanischen Akzent. Inhaltlich war das Gespräch, das sich um einen sechsstufigen c't-Artikel drehte, in Ordnung, sprachlich aber zu euphorisch.

Ähnliche Versprechen wie Mindverse macht auch der teure Anbieter podcastAI, der in der Pro-Version „MagicPod“ für monatlich 600 Dollar automatisiert Podcasts mit der Stimme des Nutzers produzieren will. NotebookLM von Google dagegen generiert kostenlos einen englischsprachigen Gesprächspodcast mit zwei



**Das KI-Ökosystem Mindverse aus Deutschland umfasst auch einen Podcast-Generator. Dieser bastelt für zahlende Nutzer ein Podcast-Zwiesgespräch zu einem Dokument oder einer Webseite.**

gere Variante sehr teuer und bietet keine kostenlose (Test-)Version. Whisper ist dagegen kostenlos und quelloffen, dafür ist die Nutzung komplizierter.

Für manche Anwendungsfälle kann sich auch eine Kombination mehrerer Tools lohnen. So zeichnet zum Beispiel heise viele seiner Podcast-Episoden mit StreamYard auf, überarbeitet die Tonspur mit Auphonic, transkribiert sie mit Whisper und generiert mit der hausinternen KI dann Texte zum Podcast, etwa Titel, Vorspann und Beschreibungstext. (gref@ct.de) **ct**

Sprechern. Dafür nutzt das Tool Quellen, die der Nutzer festlegt [5].

**Fazit**

Jeder Nutzer muss für sich und seinen Podcast entscheiden, welches Tool am meisten nützt. So kann es zum Beispiel sein, dass Sendungen über Fachthemen einem KI-Tool Probleme bereiten, weil es viele Begriffe nicht oder falsch versteht. Dann muss der Produzent mühsam Transkript, Beschreibungstexte und Posts durchkämmen und Fehler korrigieren. Diese Arbeit

kann es ihm aber wert sein, wenn er zum Beispiel die Möglichkeit schätzt, aus dem (korrigierten) Transkript heraus Clips für Social Media zu generieren.

Glücklicherweise haben die hier näher vorgestellten Tools kostenlose Basis- oder zumindest Testversionen. Die günstigsten Abopläne bewegen sich bei fast allen um die 15 Dollar beziehungsweise Euro pro Monat, StreamYard ist mit monatlich 45 Euro teurer. Das kurz erwähnte podcastAI fällt aus dem Rahmen, ist mit monatlich 99 Dollar für die günsti-

**Literatur**

- [1] Holger Bleich, Podcast-Produktion: Hochwertige Audioaufzeichnungen kostenlos mit Zencastr, c't 6/2023, S. 170
- [2] Hartmut Gieselmann, Stefan Wischner, Greta Friedrich, Transkriptionsdienste: Whisper V3 im Vergleich mit Online-Diensten, c't 9/2024, S. 92
- [3] Jan Philipp Wöbbeking, Kostenlos hochwertige KI-Musik erzeugen: Das leisten Suno und Udio, heise.de/-9687928
- [4] Immo Junghärtchen, Spracherkennung und Transkription mit KI: Sprache in Text umwandeln mit Whisper, c't 14/2023, S. 140
- [5] Jo Bager, Erste Schritte mit Googles KI-Assistent NotebookLM, c't 27/2024, S.148

**Links zu den Tools und den erwähnten Artikeln: ct.de/y1sr**

**Podcast-Tools mit KI**

Name	Adobe Podcasts	Auphonic	Mindverse	Podcastle	Riverside	StreamYard	Whisper	Zencastr
Hersteller, URL	Adobe Systems Software Ireland Limited, podcast.adobe.com	Auphonic GmbH, auphonic.com	Relativity GmbH, mind-verse.de	Podcastle Inc., podcastle.ai	RiversideFM, Inc., riverside.fm	StreamYard, Inc., streamyard.com	OpenAI, openai.com/index/whisper	Zencastr, Inc., zencastr.com
Plattformen	Browser („Studio“ nur in Google Chrome; „Sprache verbessern“ auch in Safari, Edge, Firefox)	Browser	Browser (Website und Chrome-Erweiterung), Desktop (Windows, macOS, Linux)	Browser (Chrome <sup>3</sup> , Firefox <sup>2</sup> ), iOS ab 14.0	Browser (Chrome, Edge), iOS ab 16.0, Android ab 7.0	Browser (Desktop: Chrome, Firefox, Edge, Opera; Android: Chrome, Firefox; iOS: Safari) <sup>3</sup>	eigener Server, API	Browser (Brave, Chrome, Edge), iOS ab 16.0
Datenschutzerklärung auf Deutsch	✓	– (EN)	✓	– (EN)	– (EN)	– (EN)	– (EN)	– (EN)
Registrierung via...	Google / FB / Apple / Mail	Google / Apple / Mail	Google / Microsoft / Mail	Google / FB / Apple / Mail	Google / Apple / Spotify / Mail	Google / Mail	–	Mail
Bedienoberfläche auf Deutsch	✓	– (EN)	✓	– (EN)	– (EN)	✓	keine eigene Bedienoberfläche	– (EN)
<b>Funktionen</b>								
unterstützt Audio / Video	✓ / ✓ <sup>4</sup>	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Aufnahme	✓	✓ <sup>8</sup>	–	✓	✓	✓	–	✓
Transkript	✓ <sup>5</sup>	✓	✓	✓	✓	✓ <sup>5</sup>	✓	✓
Schnitt	✓ <sup>1</sup>	– <sup>9</sup>	–	✓	✓	–	–	✓
Audio-Postproduktion	✓ <sup>1</sup>	✓	–	✓ <sup>1</sup>	✓ <sup>1</sup>	✓ <sup>1</sup>	–	✓ <sup>1</sup>
Social-Media-Clips	–	– <sup>10</sup>	–	–	✓	✓	–	✓
Beschreibungstexte generieren	–	✓	✓	–	✓	–	✓	–
Kapitelmarken	–	✓	–	–	✓	–	–	✓
direkte Veröffentlichung	–	✓	–	✓	✓	✓	–	✓
<b>Kosten</b>								
Preis	Basisversion gratis, Premium 11,90 €/Monat	monatlich 2 Stunden gratis; gestaffeltes Guthabensystem <sup>6</sup> : 9 Stunden ab 11 €	kostenlose Testversion; Abo ab 16 €/Monat	7-Tage-Testversion; begrenzter <sup>7</sup> , kostenloser Basic-Plan; Abo ab 12 €/Monat	2 Stunden gratis, Abo ab 15 US-\$/Monat	kostenlose Basisversion; Abo ab 36 US-\$/Monat	kostenlos (Open Source)	14-Tage-Testversion; Abo ab 18 US-\$/Monat
<sup>1</sup> nur eingeschränkt <sup>2</sup> Anzeigefehler <sup>3</sup> vom Anbieter empfohlen <sup>4</sup> im kostenpflichtigen Abo <sup>5</sup> nur auf Englisch <sup>6</sup> Wahl zwischen einmaligen Käufen und Abo <sup>7</sup> begrenzt sind Aufnahmedauer, Transkriptionsmenge, Zeichenzahl Text-to-Speech, Speicherplatz <sup>8</sup> simpler Audio-Recorder <sup>9</sup> Funktion für Anfang 2025 geplant <sup>10</sup> keine Videoclips, aber Audiogramme								



# Das Magazin von Fotografen für Fotografen



**Fotograf und  
c't Fotografie-Redakteur**

Thomas Hoffmann, fotografiert am liebsten Landschaft und Natur.

*„Für außergewöhnliche Fotos braucht man nicht nur eine verlässliche Ausrüstung, auch Geduld und Zufall spielen eine große Rolle.“*

Thomas Hoffmann

**35%  
Rabatt**



## 2x c't Fotografie testen

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

**Jetzt bestellen:**

[www.ct-foto.de/miniabo](http://www.ct-foto.de/miniabo)

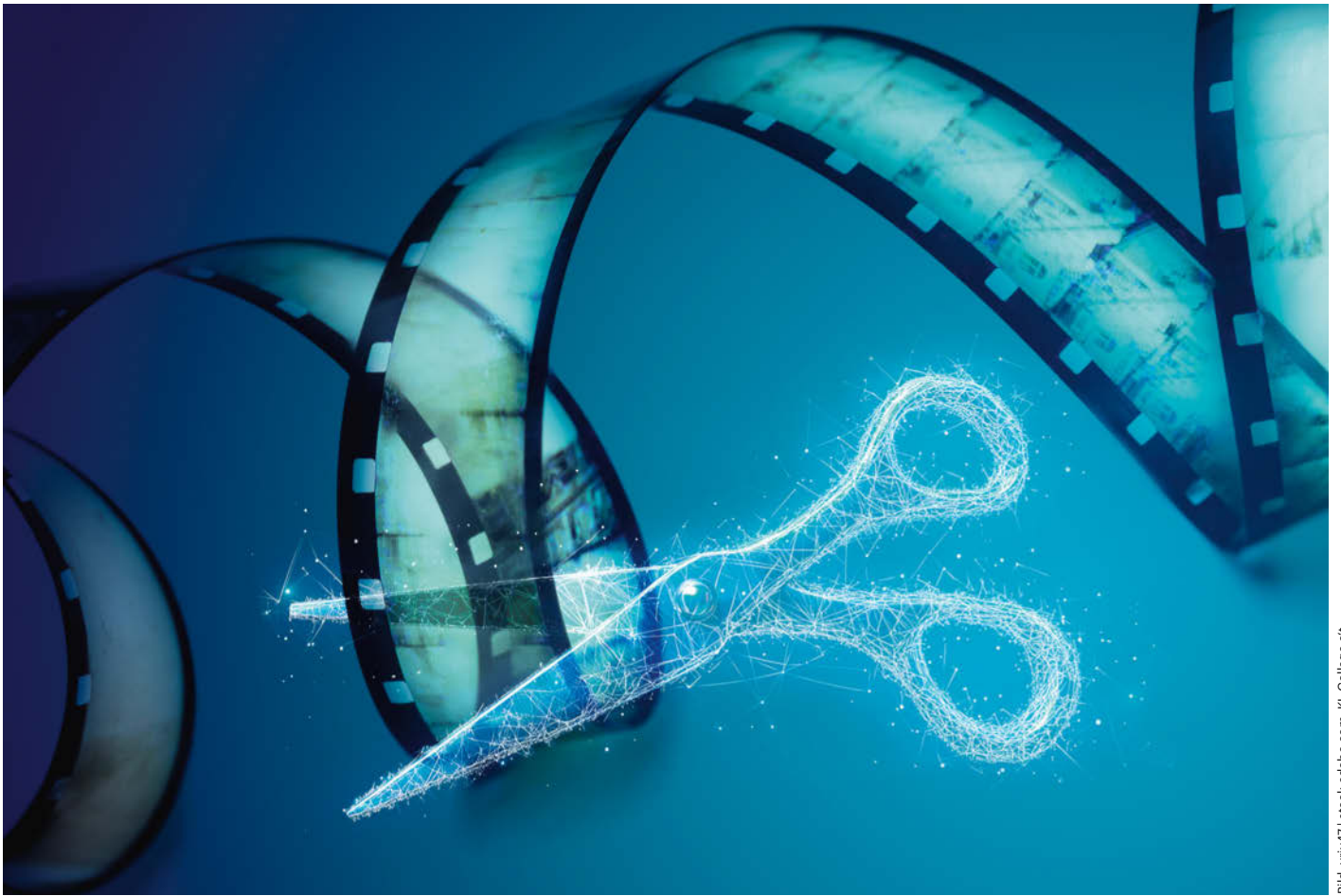


Bild: yriy47 | stock.adobe.com, KI, Collage c't

# Ein sauberer Cut

## Videoschnitt: DaVinci Resolve 19 gegen Adobe Premiere Pro 25

**Die Videoschnittprogramme Premiere Pro und DaVinci Resolve sind hochgerüstet mit Profifunktionen für routinierte Cutter und daher nicht gerade selbsterklärend. Nach und nach sollen KI-Werkzeuge komplexe und zeitraubende Routinearbeiten übernehmen. Wir haben getestet, wie gut das schon funktioniert.**

Von Felix Krumme

**N**etflix, TikTok, YouTube – der Siegeszug des Mediums Video scheint unaufhaltsam. Gleichzeitig steigen die An-

forderungen an Programme zur Videobearbeitung. War es noch vor wenigen Jahren eher großen Produktionsfirmen und TV-Sendern vorbehalten, Filme zu schneiden, kann heute jeder und jede zum Cutter werden. Das ist nicht zuletzt künstlicher Intelligenz zu verdanken. Das Augenmerk dieses Tests liegt dementsprechend auf KI-Werkzeugen, die den Nutzern lästige Kleinarbeit abnehmen und ihnen zügig zu Ergebnissen verhelfen sollen.

Gerade in Sachen KI haben die Hersteller in jüngster Zeit mächtig nachgelegt, allen voran Adobe bei Premiere Pro und Blackmagic Design bei DaVinci Resolve. In diesem Test treten diese beiden Schnittprogramme gegeneinander an. Im Falle von Adobe Premiere Pro haben wir die aktuelle Beta-version getestet, weil sie unter anderem Videoclips über die Ursprungslänge hin-

aus mithilfe der generativen KI von Adobe Firefly verlängert.

### TestszENARIO

Getestet haben wir auf einem MacBook Pro mit M3-Chip und 16 GByte RAM. Unser TestszENARIO: der Schnitt eines kurzen Interviews mit B-Roll für Social Media. Zum Ausgangsmaterial gehört ein Interviewclip aus einer LUMIX S5IIX, aufgenommen in 4K- beziehungsweise UHD-Auflösung (3840 × 2160) bei 25 Bildern pro Sekunde, kodiert in H.264 im Farbraum Panasonic V-LOG. Dieses Format ist weitverbreitet und wird häufig von Profis genutzt, da es weitreichende Farbbearbeitung erlaubt.

Dieser Profi-Datei stehen drei Außen-aufnahmen entgegen, die das Interview bebildern sollen. Die Clips in 1080p und 30 fps sind H.265-kodiert und entstanden



mit einem iPhone 11. Der Codec zeichnet sich durch besonders effiziente Kompression aus und benötigt deutlich mehr Maschinen-Power in der Nachbearbeitung. Darüber hinaus sind die Clips zu kurz, um die passende Interviewpassage zu bebildern.

Insgesamt beschreibt das den täglichen Albtraum für Editoren: verschiedene Auflösungen und Bildraten aus mehreren Kameras, unterschiedliche Farbprofile und zu wenig Material.

### Textbasierter Videoschnitt

In den jüngsten Versionen haben Adobe und Blackmagic Design zusätzlich zum klassischen, manuellen Editing die textbasierte Videobearbeitung eingeführt. Die Programme transkribieren dabei zunächst den Sprechertext. Das Video des Interviews lässt sich anschließend mit den Werkzeugen der Textbearbeitung zerlegen: Schneidet man einen Satz aus und fügt ihn an anderer Stelle ein, übertragen die Programme diese Operation auf das Video in der Timeline. So kann man viel Zeit sparen, da man Clips nicht mühsam wieder und wieder durchhören muss. Das Transkript lässt sich zudem für automatisch generierte Untertitel nutzen.

Resolve und Premiere Pro transkribieren auf Wunsch schon direkt beim Anlegen des Projekts. Adobe liefert hier deutlich mehr Komfort: Verschiedene Optionen wie die Zielsprache und Anzahl der Sprecher lassen sich direkt per Haken auswählen. Das kann Resolve grundsätzlich auch, allerdings in Kontextmenüs versteckt. In beiden Programmen ist die textbasierte Bearbeitung, wie vom herkömmlichen Schnitt gewohnt, in zwei Ebenen angelegt: der Quell- und der Sequenzebene. So lassen sich Sätze aus dem Quellclip ausschneiden und in die Sequenz einfügen. In Sachen Workflow hat Resolve die Nase vorn: Hier ist die Bedienung nachvollziehbar und unmittelbar gelöst. Markierte Wörter und Sätze lassen sich parallel zum Text anpassen und sortieren, während die Klickwege bei Premiere Pro etwas länger sind.

Nachbessern mussten wir weder in Premiere Pro noch in Resolve. Die Wörter sind auch nach intensivem Umstellen nicht abgehackt oder verkürzt. Die neu zusammengeschnittenen Sätze klingen schlüssig und je nach Ausgangsmaterial auch organisch. Hier gilt: je sauberer die Tonaufnahme, desto brauchbarer das Ergebnis.

### Audiobearbeitung

KI erleichtert auch die Audiobearbeitung insbesondere beim Auspegeln und Reparieren von Ton. Premiere Pro versammelt im Essential-Sound-Panel eine großzügig angeordnete Auswahl an Funktionen, Presets und Schaltern. Resolve hat erst in Version 18 die KI-Tools „Dialogue Leveler“, „Dialogue Separation“ und „Voice Isolation“ erhalten. Diese Tools zwingt das Programm in winzige Tasten auf engem Raum; essenzielle Funktionen wie Audio-Ducking, bei dem die Geräuschkulisse im Hintergrund zum besseren Verständnis des Sprechers abgesenkt wird, sind in den Effekteinstellungen der Spuren versteckt.

Im Alltag bewährt sich das Remix-Tool von Resolve, das einzelne Instrumente und die Stimme in Musik ein- und ausblenden kann. Das ist besonders praktisch, wenn Hintergrundmusik noch den letzten Schliff benötigt. Wer sich kreativ austoben und den Ton stark formen möchte, der findet in Premiere Pro eine große Effektpalette. Wer nur gesprochenen Text reparieren und ducken will, ist im schlanken Interface von Resolve schneller am Ziel. Das Ergebnis beider Programme unterscheidet sich kaum: Beide Programme reparieren selbst mittelschwer beschädigten Ton präzise.

### Generatives Erweitern von Clips

Prominent angekündigt hat Adobe die neue Funktion, Clips mithilfe von KI zu erweitern. Mit einem Werkzeug in der Seitenleiste der aktuellen Beta-Version von Premiere Pro lässt sich Quellmaterial länger ziehen. Für den Test mit den zu kurzen B-Roll-Clips schien das die ideale Lösung. Im Test dann die Ernüchterung: Clips lassen sich nur einmalig um maximal zwei Sekunden erweitern. Die Funktion unter-

### c't kompakt

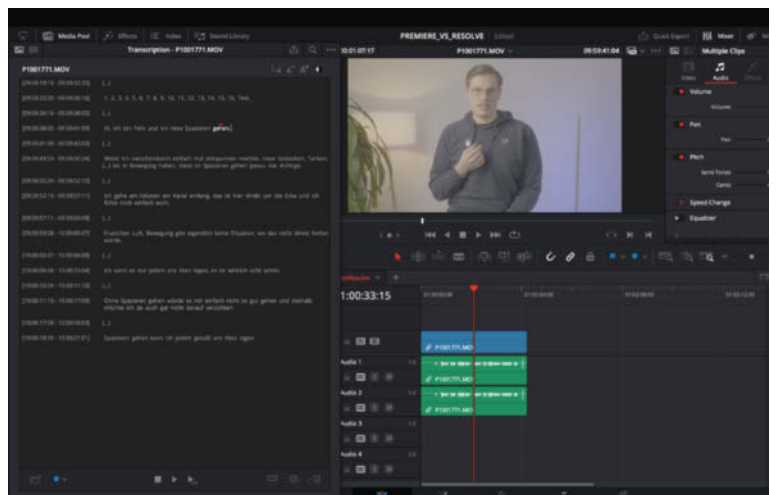
- Videoschnittprogramme für Profis sind mächtig, aber für Einsteiger schwer zu durchschauen.
- KI-Werkzeuge erzeugen automatisch Untertitel, generieren Video-clips und schneiden nach Textvorgabe.
- Clips von Menschen per KI zu verlängern holt derzeit noch eher den Exorzisten statt den Videodeal ins Haus.

stützt zudem maximal 1080p-Material und Hochkant-Videos gar nicht. Im Testbeispiel bildete Adobe Firefly das Motiv zwar originalgetreu nach, allerdings stieß die KI an den feinen Schilfgräsern an ihre Grenzen. Diese wirken verschwommen und weicher als das Original.

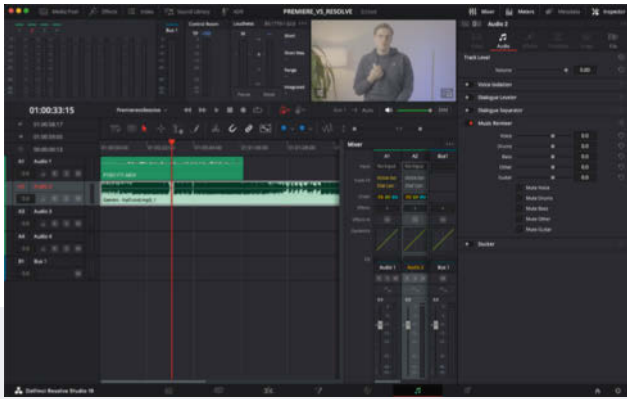
Bei weniger feinteiligen Texturen sah das Ergebnis besser aus. Auch einen angefangenen Schwenk führte die KI weiter. So ließ sich das Material verwenden, ohne aufzufallen. Das Interview, heruntergerechnet auf 1080p und per KI erweitert, ist auf den ersten Blick nah dran am Original, wirkt auf den zweiten Blick aber dämonisch: Der Protagonist zuckt hin und her und der Mund morpht auf unnatürliche Weise.

Auch die Audiospur wird per KI erweitert. Das klappt gut bei gleichmäßigem Hintergrundsound; beim O-Ton-Clip ertönt nur ein leises, gespenstisches Klicken. Die Remix-Funktion von Resolve Studio, mit der sich verschiedene Instrumente und Stimmen aus Musikspuren herausfiltern

**Wie Text, so Bild: Gemäß den Änderungen am Transkript schneidet DaVinci Resolve 19 den Videoclip.**







## DaVinci Resolve 19

Das Schnittwerkzeug des australischen Unternehmens Blackmagic Design hat sich in den vergangenen Jahren zur mächtigen Videobearbeitung entwickelt. Es läuft stabil und bietet nach wie vor das beste Farbmanagement auf dem Markt. Wer professionelles Colorgrading betreibt, kommt an Resolve kaum vorbei. Doch auch die nahtlose Integration von Videoschnitt, Audio und Compositing ist ein echter Pluspunkt.

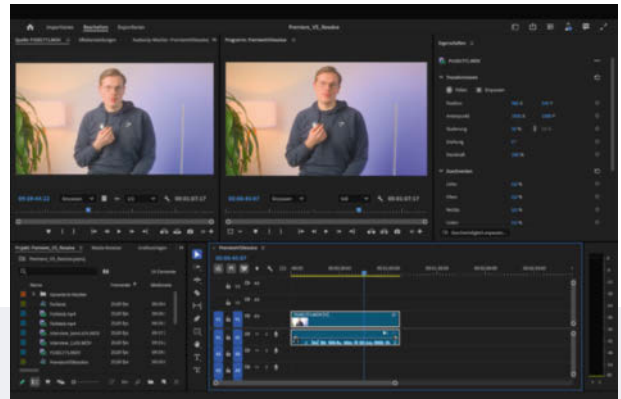
Neben den Profifunktionen überzeugt Resolve nicht zuletzt mit einer kundenfreundlichen Preispolitik: Ein Abomodell, das viele Adobe-Kunden sehr ärgert, lehnt Blackmagic Design strikt ab. Die Studioversion kostet einmalig 329 Euro inklusive aller Updates und liegt beim Kauf vieler Kameras von Blackmagic Design sogar bei. Die kostenlose Version verfügt zwar nicht über die meisten der neuen KI-Funktionen, eignet sich aber für sorglosen Videoschnitt. Dass der Hersteller dabei den Markt mit quasi kostenloser Profi-Software überflutet, stößt hingegen auch nicht wenigen zahlenden Nutzern sauer auf.

Statt auf knallige Farben und Tutorials an jeder Ecke setzt Resolve auf ein reduziertes Design. Das sieht zwar schmuck aus, andererseits verbergen sich essenzielle Funktionen oft in Kontextmenüs oder der separaten Audiospursteuerung, die neben der omnipräsenten Clipsteuerung erst einmal erklickt werden will. Auch die nicht frei verschiebbaren Bedienfenster sind zunächst gewöhnungsbedürftig. Das Management der Sequenzeinstellungen fordert Einsteiger ebenfalls heraus.

Sind die Basics gemeistert, ist Resolve 19 ein mächtiges Werkzeug, das alle Elemente des Schnitts vereint und fummelige Roundtrip-Workflows überflüssig macht. Viele von Nutzern geforderte Features wie ein vereinfachtes Audio-Ducking haben es in die Software geschafft. Außerdem bietet Blackmagic Design physische Eingabegeräte zum komfortablen Schneiden und Bearbeiten. Auf dem Testrechner ruckelte das Programm auch bei mehreren überlagerten Clips in UHD nicht. Lediglich bei komplexen Maskierungen und Trackings, beispielsweise um Elemente aus dem Video zu entfernen, stockte die Vorschauansicht.

Insgesamt ist Resolve eine gute Wahl für alle, die nicht davor zurückscheuen, auch komplexere Workflows zu verinnerlichen, dafür aber die umfassende Kontrolle über alle Details ihres Materials behalten wollen.

- ↑ Einmalzahlung statt Abo
- ↑ stabile All-in-one-Lösung
- ↓ verschachtelte Oberfläche



## Premiere Pro 2025

Adobes Videoeditor verliert angesichts starker Konkurrenz und des unbeliebten Abomodells zusehends an Ansehen. Ein weiterer Negativpunkt ist die Instabilität. Zwar stürzte die Anwendung im Test nicht ab, jedoch berichten viele Nutzer von regelmäßigen Crashes bei größeren Projekten. Mit neuen Automatik- und KI-Funktionen zeigt sich, warum das Adobe-Programm nach wie vor zu den Größen der Branche zählt: Die Entwickler hören auf ihre Nutzer und erweitern den Funktionsumfang mit alltagstauglichen Werkzeugen.

Mögen die per KI erweiterten Videos momentan noch nicht länger als zwei Sekunden dauern und bei frontal gezeigten Menschen gruselige Artefakte erzeugen, wird sich das bei dem derzeitigen Entwicklungstempo generativer KI vermutlich schnell ändern. Hier profitiert Adobe von seiner gigantischen, rechtlich abgesicherten Datenbasis auf Adobe Stock. Denn die nutzt der Hersteller als Trainingsdaten für seine Firefly-KI. Wer auch noch animierte Grafiken erstellen und in die Videos einfügen will, kann im Creative-Cloud-Abo das Animationsprogramm After Effects und die Bildbearbeitung Photoshop nutzen, die Adobe nahtlos miteinander verzahnt.

Premiere Pro steckt voller Funktionen und scheut nicht davor zurück, das auch zu zeigen. Erfahrene Nutzer mögen sich an den Trainings und Tutorials schnell sattgesehen haben, für Einsteiger bieten sie genau den komfortablen Einstieg in die Welt des Bewegtbilds, der Lust auf das Kreieren macht. Das neue „Property Panel“ ist im Grunde ein erweitertes Eigenschaftsfenster für Quellmaterial, das intelligent auf die jeweilige Medienart reagiert und Optionen zur Bearbeitung anbietet. Resolve bietet Derartiges in Form des Inspectorfensters schon lange, das umfangreicher ist und intuitiver funktioniert.

Premiere Pro punktet hingegen mit der Essential-Sound-Konsole zum Mixen und Reparieren sowie dem Essential-Graphics-Bedienfeld für Titel und Animationen. Sie erleichtern lästige Alltagsschritte erheblich. Zu den nützlichen Komfortfunktionen zählt auch der im Haupttext beschriebene neue automatische Workflow für unbearbeitetes Raw- und LOG-Material.

Argumente zum Wechsel von Resolve gibt es also: Die Bedienoberfläche ist knackig, Möglichkeiten sie anzupassen, gibt es reichlich. Das automatische Farbmanagement für Raw- und LOG-Dateien ist ein echter Gamechanger.

- ↑ mächtige Schnittwerkzeuge
- ↑ Integration in Creative Cloud
- ↓ teures Abomodell

lassen, ist im Vergleich die deutlich nützlichere KI-Audiofunktion. Gute Ansätze sind vorhanden, alltagstauglich ist Cliperweiterung mit generativer KI noch nicht.

### Farbbearbeitung

Die beeindruckendste Neuerung gelingt Adobe mit seinem neuen Farbmanagement für Premiere Pro. Wenn man es aktiviert, interpretiert Premiere unkorrigiertes Raw- und LOG-Material automatisch und zeigt es im Rec.709-Farbraum an, einem wichtigen Standard für die Bildkodierung von HD-Fernsehen. Die Software versieht das entsättigte LOG-Material dabei mit Farbe, Sättigung und Kontrast, was einen großen Teil der Farbkorrektur ausmacht. Der aufwendige Workflow mit Lookup-Tabellen (LUT) entfällt. Außerdem gibt es neue automatische Workflows für die HDR-Bearbeitung und Wide-Gamut-Optionen. Das Ergebnis kann sich sehen lassen: Das Bild ist wunderbar beleuchtet und die Hauttöne sind knackig getroffen.

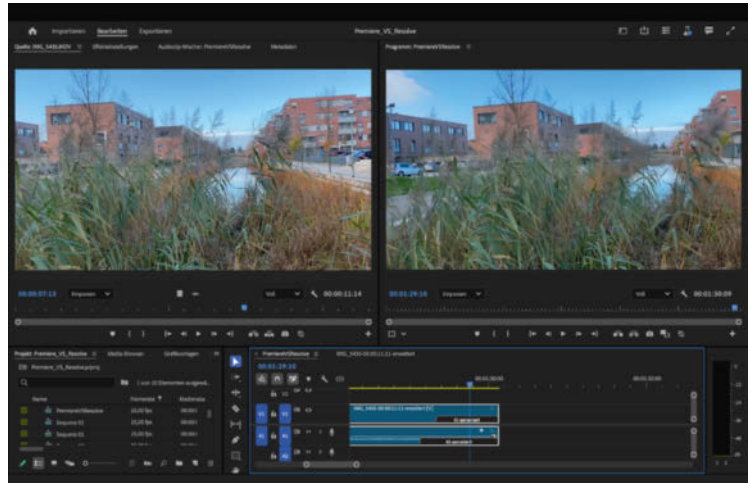
Eine solche Auto-Erkennung und -Übersetzung in den Rec.709-Farbraum bietet Resolve nicht. Hier gibt es zwar die „Conversion-LUTs“ und den „Film Look Creator“, die aber weitere Zwischenschritte erfordern und daher nicht so schnell zum gewünschten Ergebnis führen wie die Konkurrenz von Adobe. In Sachen Funktionsumfang bleibt Resolve zwar ungeschlagen, nicht umsonst handelt es sich um den Branchenstandard für Farbkorrektur und Grading. Wer jedoch in LOG filmt und schnell schickes Material produzieren möchte, für den lohnt sich definitiv ein Blick in Premiere Pro 25.

### Fazit

Adobe hat Premiere Pro jüngst mit echten Upgrades versorgt. Bisher ist das KI-Erweitern von Videoclips noch eher Gimmick als Feature, allerdings scheint es nur eine Frage der Zeit, bis die Qualität der Ergebnisse so weit steigt, dass sie vom Original nicht mehr zu unterscheiden sind. In einzelnen Fällen überzeugt das generierte Video schon jetzt. Wie immer gilt auch hier: Je besser (gleichmäßiger, gut beleuchtet, nicht hektisch) das Ausgangsmaterial, desto besser gerät das Ergebnis. Menschen per KI zu erweitern holt momentan eher noch den Exorzisten als den Film-Deal ins Haus.

Am meisten beeindruckt Premieres automatische Farbbearbeitung von LOG-Dateien. Die Farben wirken äußerst lebendig und natürlich. Auch eingefleischte

**Nah dran: Adobe Firefly erweitert den Videoclip per KI, scheitert bisher aber an feingliedrigen Details wie dem Schilfgras.**



Resolve-Farbfüchse sollten einen Blick darauf werfen. Adobe punktet mit alltagstauglichen Automatikfunktionen, die schnell hochwertigen Content produzieren. Integrierte Tutorials erleichtern Neulingen zudem den Einstieg. Wer hingegen

bei der Farbbearbeitung weiterhin die detaillierte Kontrolle über jedes Pixel und dazu einen schlanken, minimalistischen, aber dennoch mächtigen Editor haben möchte, dem sei DaVinci Resolve 19 ans Herz gelegt. (akr@ct.de) **ct**

## Videoschnittprogramme für Profis

Produkt	DaVinci Resolve 19 Studio	Premiere Pro 2025 (Beta)
Hersteller, URL	Blackmagic Design, blackmagicdesign.com	Adobe, adobe.com
Systemanforderungen	Windows ab 10, macOS ab 13.0	Windows ab 10, macOS ab 12.0
<b>Import und Export</b>		
Einladen des Materials	eigener Arbeitsbereich, Reiter „Importieren“	im Medienfenster
Raw-Video-Import	✓ (ProRes RAW nur via Plug-in)	✓ (BRAW nur via Plug-in)
Export	direkt, reduzierte Oberfläche	direkt oder für fortgeschrittene Optionen über Media Encoder
<b>Titelgenerator</b>		
Farbe / Schatten / Transparenz / 3D	✓/✓/✓/✓	✓/✓/✓/✓
Animation: Kriech- und Rolltitel / Vorlagen	✓/✓	✓/✓
<b>Bild- und Töneffekte</b>		
Farbkorrektur	über Colorfenster, node-basiert	via Lumetri Color und Arbeitsbereich „Farbe“
Weich- / Scharfzeichner	✓/✓ (node-basiert)	✓/✓
Zeitlupe / -raffer / rückwärts	✓/✓/✓ (über Rechtslick)	✓/✓/✓ (im Property Panel)
Bild-in-Bild / Chroma-Keying	✓/✓	✓/✓
Audio:		
Rauschen / Tiefpass / Hochpass / Equalizer	✓/✓/✓/✓	✓/✓/✓/✓
<b>KI-Funktionen</b>		
UT-Transkription	✓	✓
textbasierter Schnitt	✓	✓
Audio verbessern / pegeln	✓/✓ (Dialogue Leveler, Voice Isolation, Dialogue Separation)	✓/✓ (über „Essential Sound“)
generativ erweitern: Video / Audio	- / -	✓ (max. 2 s) / ✓
Instrumente oder Stimme entfernen	✓ (Ausblenden einzelner Instrumente oder Stimmen aus Musiktracks)	-
Audio-Ducking	✓	✓
automatische Raw/LOG-Interpretation	-	✓
Auto-Reframe	✓	✓
<b>Bewertung</b>		
Bedienung / Dokumentation	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕⊕
Import / Export	⊕⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕
Videoeffekte	⊕	⊕⊕
Tonbearbeitung	⊕⊕	⊕⊕
KI-Funktionen	⊕⊕	⊕
Preis	329 € (einmalig), bei BMD-Hardwarekauf kostenlos	25,99 € pro Monat (nur Premiere Pro), 66,45 € pro Monat (gesamte Creative Cloud)
✓ vorhanden — nicht vorhanden	⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht	



Bild: KI, Collage ct

# Gefährlicher Paket-Tsunami

## Chinesische Handelsplattformen wie Temu und Shein machen neue Gesetze nötig

**Chinesische Verkäufer teilen Warensendungen auf, um Zollbestimmungen zu unterlaufen. Diese Flut überfordert den Zoll und überschwemmt das Land mit gefährlichen Produkten. Deshalb will die EU nun Plattformen strenger kontrollieren und Zollregeln verschärfen.**

Von Falk Steiner

**E**s sind gigantische Zahlen: 65 Millionen deutsche Kunden stöbern mindestens einmal pro Monat auf Amazons Website oder in der App. AliExpress kommt auf 18,6 Millionen Besucher. Der sehr viel jüngere, ebenfalls chinesische Onlinemarkt-

platz Temu verzeichnet immerhin schon 16,3 Millionen deutsche Nutzer.

Doch wie sicher sind die Produkte, die millionenfach bei den Verbrauchern ankommen? Grundsätzlich gilt: Was in Europa in Verkehr gebracht wird, muss EU-Vorschriften entsprechen. Ein relevanter Teil der Waren stammt allerdings aus Asien, vor allem aus der Volksrepublik China. Zehn Millionen Sendungen aus China erreichen nach Zahlen des Bundeswirtschaftsministeriums derzeit Tag für Tag die EU.

Den Großteil bestellen Kunden bei Marketplace-Plattformen wie Amazon, AliExpress und Temu. Diese vermitteln die Käufe lediglich und wickeln die Bezahlung ab. Verantwortlich für die Qualität der Waren zeichnen die Verkäufer, die in China sitzen und bei Haftungsfragen kaum erreichbar sind. Ob ein CE-Zeichen echt ist oder ob die angegebenen Inhaltsstoffe von Kosmetik oder Tees wirklich in

den Produkten stecken, kann den Verkäufern egal sein, denn die Kunden haben bezahlt. EU-Vorschriften schützen die Verbraucher derzeit kaum.

### Überforderter Zoll

Von Gesetzes wegen muss der Zoll den Verbraucherschutz bei importierten Waren durchsetzen. Die Masse von Sendungen überfordert die Behörden aber vollkommen. Der bisherige Kontrollmechanismus stammt aus einer Zeit, in der die Waren nicht per Post oder Kurierdienst zu den Kunden kamen, sondern mit Containern von Händlern importiert wurden. Führen sie derlei Ladungen ein, müssen Importeure ihre Waren in einem System namens „Automatisiertes Tarif- und Lokales Zollabwicklungssystem“ (ATLAS) anmelden.

„Die eingehenden Sendungen werden damit vollständig digital abgefertigt und in angemessener Weise risikoorientiert ge-



prüft“, erläuterte ein Zoll-Sprecher auf c't-Anfrage. 2023 habe man 170 Millionen Einfuhren abgefertigt, davon allerdings bereits etwa 55 Millionen Anmeldungen auf dem Post- und Kurierverkehr mit einem Warenwert bis zu 150 Euro, so der Sprecher. Wie viele Produktkontrollen dabei tatsächlich stattfinden? Das weiß der Zoll schlicht nicht. Es existieren keine Erhebungen dazu.

Dass der Sprecher die 150-Euro-Schwelle genannt hat, ist kein Zufall. Liegt der Gesamtwert einer Sendung inklusive Versandkosten darunter, sind die Waren von Zöllen befreit und unterliegen nur der Einfuhrumsatzsteuer. Diese entspricht hierzulande der Mehrwertsteuer, also fallen derzeit in den meisten Fällen 19 Prozent an [1]. Kommt statt den Einzelsendungen ein Gesamtpaket oder gar ein ganzer Container mit den Waren an, gilt deren Gesamtwert für die Zollbestimmung. Bestellt ein Kunde an drei Tagen nacheinander drei Produkte und erreichen diese als Einzelsendungen Deutschland, gilt die Zollfreigrenze jeweils einzeln. Die chinesischen Anbieter können ihre Preise folglich niedrig halten, wenn sie Warensendungen aufteilen.

Wie viel Geld den EU-Mitgliedstaaten durch aufgesplittete Sendungen oder vorsätzlich falsch deklarierte Sendungen entgeht, lässt sich nicht ermitteln. Bereits 2016 wies eine im Auftrag der EU-Kommission erstellte Studie nach, dass fast zwei Drittel der Anmeldungen falsch waren und damit einen Milliarden Schaden verursachten. Fest steht, dass der neue Trend zu Split-Sendungen Zollbehörden unter immer höheren Druck setzt.

Die Zollbeamten sollen Waren in wenigen Sekunden auf rund 350 Vorschriften hin überprüfen. Hegen sie bei einer Stichprobe einen Verdacht, müssen sie die Marktüberwachungsbehörde benachrichtigen, die für den jeweiligen Produktsicherheitsbereich zuständig ist. Diese muss binnen vier Tagen entscheiden, ob sie die Zustellung stoppt. Ansonsten gibt der Zoll die Sendung von Amts wegen frei. Wie oft der Zoll Sendungen aussetzt, weiß er selbst nicht, denn auch dazu führt er keine Statistik. Und bei angefragten Marktüberwachungsbehörden haben wir dazu ebenfalls keine konkreten Zahlen erhalten.

## Safety Gate

Geht eine Marktüberwachungsbehörde nach ihrer Prüfung von einer akuten Sicherheitsgefahr des Produkts aus, meldet sie das Produkt und weitere Rahmendaten

## ct kompakt

- Chinesische Verkäufer verteilen Warensendungen auf mehrere Pakete, um Zollregeln zu unterlaufen. Das führt zu großem Prüfdruck bei den Behörden.
- Nur ein Bruchteil sicherheitsgefährdender Produkte wird entdeckt und kommt auf schwarze Listen.
- Der Digital Services Act, die Produktsicherheitsverordnung und eine Zollreform sollen Abhilfe schaffen.

bei der EU-Datenbank „Safety Gate“: Dieses Schnellwarnsystem führt derzeit rund 20.000 Produkte aus China, die seit 2005 auf die Warnliste gelangt sind. Recherchen in Safety Gate kann jeder Bürger selbst anstellen (siehe ct.de/y9bv).

In Safety Gate ist aber nur ein Bruchteil der gefährlichen Produkte erfasst, denn auch die Marktüberwachungsbehörden ermitteln nur stichprobenhaft. Von Januar bis November 2024 hat beispielsweise die für Telekommunikationsgeräte zuständige Bundesnetzagentur 5108-mal geprüft, 4688-mal wurde die Einfuhr daraufhin untersagt. Ob diese Quote für gute Spürnasen spricht oder eher auf eine große Menge Schrott hinweist, der auf dem Versandweg nach Deutschland kommt, bleibt offen.

Was geschieht, wenn Verbraucher feststellen sollten, dass ihr erworbenes Produkt nicht den EU-Richtlinien entspricht? Ein Weiterverkauf verbietet sich, wenn man nicht selbst für folgende Schäden haften will. Meist bleibt daher nur übrig, bei der Handelsplattform zu reklamieren. Viele Marktplätze geben sich kulant. Temu etwa

räumt den Kunden ein, bestellte Ware binnen 90 Tagen zu beanstanden.

Derartige Rücksendefristen sieht das Verbraucherschutzrecht nicht vor, falls Produkte gegen EU-Vorschriften verstoßen. Fehlt die Konformität, liegt in aller Regel ein sogenannter Sachmangel vor. Verbraucher sollen in der EU davon ausgehen, dass ihnen angebotene Produkte regelkonform sind. Daher dürfen sie in solchen Fällen vom Verkäufer die sogenannte Nacherfüllung binnen angemessener Frist fordern, etwa eine nachgeholte CE-Kennzeichnung.

Um einen gravierenden Mangel anzuzeigen, haben die Kunden viel Zeit, denn es greift der 24-monatige gesetzliche Gewährleistungsanspruch. In den ersten 12 Monaten ab Kauf gilt sogar die Beweislastumkehr: Der Verkäufer müsste nachweisen, dass sein Produkt den Mangel nicht aufweist. Allerdings sitzen die chinesischen Anbieter außerhalb des Europäischen Wirtschaftsraumes. Dort sein Recht durchzusetzen ist nahezu aussichtslos, trotz der Pflicht für Nicht-EU-Verkäufer, einen rechtlichen Vertreter in der EU zu benennen. Und wegen eines Produkts für acht Euro wird ohnehin niemand einen langwierigen Rechtsstreit beginnen.

## Marktplätze in der Pflicht

Deshalb spielen die Marktplatzbetreiber als Vermittler eine immer wichtigere Rolle: Wenden sich Kunden an sie, sind sie verpflichtet, tätig zu werden. Was das praktisch bedeutet, zeigt sich an Daten, die die größten Plattformen neuerdings gemäß Digital Services Act (DSA) veröffentlichen müssen: So hat etwa AliExpress von September bis Ende November 118 Millionen Angebote gesperrt, weil Produkte Sicherheitsstandards nicht eingehalten oder gegen sonstiges Recht verstoßen haben. Amazon weist im selben Zeitraum 119 Millionen Sperrungen aus. Der Neuling Temu kommt im gleichen Zeit-

**Der Flughafen Leipzig gilt als großes Frachtdrehkreuz für chinesische Produkte. Hier prüft eine Beamtin im Zollamt einen eingeführten Laserpointer auf seine Produktsicherheit.**

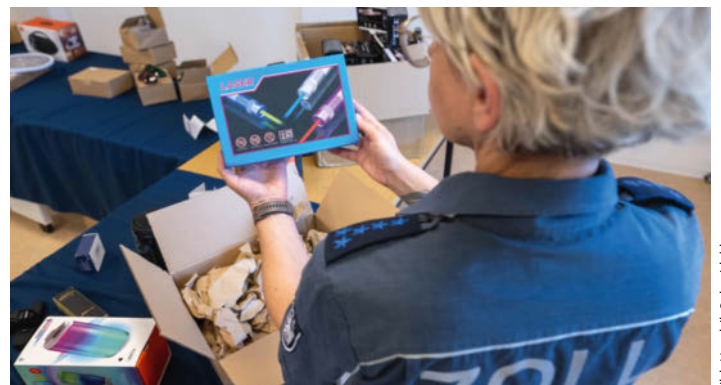


Bild: Hendrik Schmidt/dpa

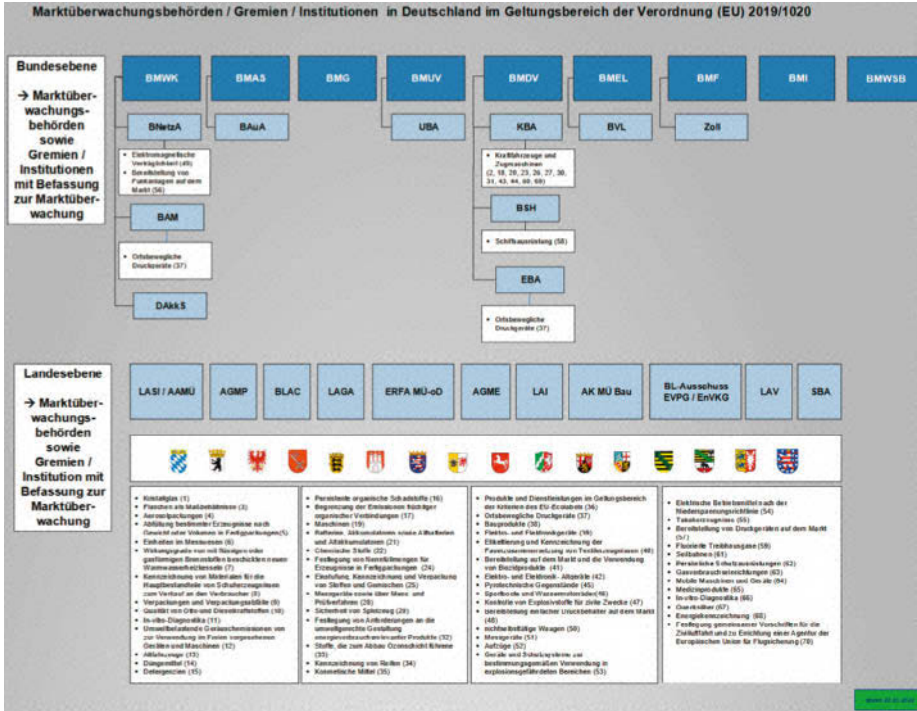


Bild: BNetzA

**In einer Grafik stellt die Bundesnetzagentur dar, wie sämtliche deutsche Marktüberwachungsbehörden in Beziehung zueinander stehen.**

raum lediglich auf 137.000, der Modobasar Shein gar nur auf 13.000.

„Wir führen regelmäßige physische Stichprobenkontrollen durch, überwachen Produktangebote proaktiv durch automatisierte Screenings und manuelle Überprüfungen, und ergreifen umgehend Maßnahmen, wenn wir Verstöße bemerken oder vermuten“, versicherte uns ein Temu-Sprecher. Die niedrige Zahl an Sperrungen aufgrund von Produktrücksendungen könnte aber auch mit dem Unwissen der Verbraucher und einer Problemvermeidungsstrategie des Marktplatzes liegen. Denn wenn Kunden ein Produkt bei Temu reklamieren, kann der Verkäufer auf die Rücksendung verzichten. Der Müll gammelt dann in Europa und eine Sperrung bleibt aus. In wie vielen Fällen das passiert, wollte uns Temu nicht mitteilen.

Für Händler aus Europa stellen die Konkurrenten aus Fernost ein strukturelles Problem dar. Führende Bundespolitiker aus Regierung und Opposition sind in Brüssel vorstellig geworden, um die Problemlage aufs politische Tapet zu hieven.

Zum Teil ist es dort bereits angekommen. Gemäß dem Plattformgesetz DSA müssen große Online-Marktplätze „systemische Risiken“ analysieren und Strategien dagegen entwickeln. Die EU-Kommission, die hier als Aufsichtsbehörde fungiert, sieht die besonders großen Anbieter in der Pflicht, mehr zu tun. Sowohl

Amazon als auch Zalando, Temu, AliExpress und Shein fallen in diese Kategorie. Der deutsche Versandhandelsriese Otto lässt auf seinem Marktplatz zwar ebenfalls andere Händler zu, allerdings müssen diese aus Deutschland versenden.

Aber der DSA ist nicht dafür gemacht, Einfuhrregeln und Marktüberwachung neu zu strukturieren. Regeln dazu finden sich in anderen EU-Gesetzen. Aus mehreren Gründen will die EU etwa ihr Zollsystem gründlich überarbeiten. „Das derzeitige Zoll-Regime kann mit dem wachsenden Onlinehandel nicht mithalten“, betonte Jeannette Baljeu. Die liberale niederländische Europaabgeordnete ist Mitglied im Ausschuss für Binnenmarkt und Verbraucherschutz und außerdem Teil der „Delegation für die Beziehungen zur Volksrepublik China“. Sie sieht die Reform als „absolut notwendig“ an. Die Möglichkeiten des Zolls müssten dringend verbessert werden. Aber auch weitere Maßnahmen wie die seit Mitte Dezember 2024 geltende Reform des EU-Produktsicherheitsrechts seien wichtig, meinte Baljeu.

Gerade die neue Produktsicherheitsverordnung könnte zumindest helfen, einige problematische Produkte schneller aus dem Verkehr zu ziehen. Online-Marktplätze müssen nun über eine Schnittstelle Meldungen problematischer Produkte entgegennehmen, diese auf ihren Plattformen sperren und aktiv davor warnen.

Marktüberwachungsbehörden können eine temporäre Blockade für mutmaßlich identische Produkte anordnen. Und Anbieter wie Amazon, Temu oder AliExpress sind verpflichtet, Produktbilder und Beschreibungen zu vergleichen und gegebenenfalls zu handeln.

**Zollreform ante portas**

Teile des EU-Parlaments erwarten von der neuen EU-Kommission, dass sie bald weitere Vorschläge unterbreitet, um der Probleme Herr zu werden. Eine bei Billigkäufern unpopuläre, aber wahrscheinliche Maßnahme dürfte sein, die 150-Euro-Zollfreigrenze abzuschaffen. Ob die Freigrenze mit der Zollreform fällt, ist offen. Denn bislang wurden sich die EU-Mitgliedstaaten nicht einig. Außerdem will die EU-Kommission das Verfahren für Plattformen zum Melden einzelner Sendungen vereinfachen.

Dennoch müssten Sendungen eigentlich besser kontrolliert werden. „Die aktuelle Kontrolldichte liegt im Promillebereich“, erklärte Felix Schirmer, Sprecher der Zoll- und Finanzgewerkschaft BDZ, gegenüber c’t. Für ihn ist der Weg klar: „Das größte Verbesserungspotenzial für das gesamte System liegt in der Digitalisierung und Vernetzung von Prüfprozessen und Datenbanken aller beteiligten Behörden.“ Der deutsche Zoll setzt bislang auf das erwähnte ATLAS. Zu den Marktüberwachungsbehörden der Bundesländer fehlt oft die digitale Schnittstelle, und auch die Interoperabilität mit Systemen anderer EU-Mitgliedstaaten lässt zu wünschen übrig.

Das soll innerhalb der Zollreform der „EU Customs Data Hub“ lösen, eine europaweite Zolldaten-Austauschplattform. Einem Vorschlag der EU-Kommission von 2023 zufolge würde eine europäische Zollbehörde benannt, diesen Hub zu betreiben. 2028 möchte die neue Kommission dieses System einführen, bis 2038 soll es für alle Mitgliedstaaten verpflichtend sein. Mehrere Milliarden Euro sollen Aufbau und Betrieb kosten. Allerdings gibt man sich optimistisch, dass der Data Hub zu relevanten Mehreinnahmen führt und die nationalen Zollbehörden entlastet.

(hob@ct.de) **ct**

**Literatur**

[1] Christian Wölbert, Ende der China-Schnäppchen?, Die EU verschärft die Regeln im internationalen Online-Handel, c’t 12/2021, S. 12

**Safety Gate: ct.de/y9bv**



Es gibt **10** Arten von Menschen.  
iX-Leser und die anderen.



**Jetzt Mini-Abo testen:**  
3 Hefte + Bluetooth-Tastatur  
nur 19,35 €

[www.ix.de/testen](http://www.ix.de/testen)



[www.ix.de/testen](http://www.ix.de/testen)



49 (0)541 800 09 120



[leserservice@heise.de](mailto:leserservice@heise.de)







Foto: Tom Kirkpatrick/BMW AG

# Gegen den Strom

## Warum BMW ein Wasserstoffauto in Serie bauen will

**Wasserstoff ist tot, es lebe der Wasserstoff: Eigentlich wollte sich die Autoindustrie beim Wasserstoff auf den Frachtverkehr konzentrieren, doch nun will BMW mit einem Brennstoffzellen-Pkw 2028 in Serie gehen. Auch in das Thema Wasserstoffkernnetz kommt langsam Bewegung.**

Von Dirk Kunde

Die Anzahl an Fahrzeugmodellen mit Wasserstofftechnik ist hierzulande arg begrenzt: Es gibt den Mirai von Toyota und den Nexo von Hyundai. Das ist bereits die komplette Auswahl – immerhin sind diese beiden Modelle in unterschiedlichen Farben zu haben. Die Technik schien im Pkw-Bereich auf dem Rückzug begriffen (siehe c't 2/2024, S. 54), doch nun will BMW der Dritte im Bunde werden und einen Brennstoffzellen-Pkw in Serie fertigen. In vier Jahren soll es so weit sein. Die

Entscheidung, welches Modell des BMW-Portfolios Brennstoffzellen und die dazugehörigen Gastanks mit Wasserstoff erhält, ist noch nicht gefallen. Das Fahrzeug soll von denselben Bändern rollen wie künftige Modelle mit batterieelektrischem oder Hybrid-Antrieb.

Schon heute bewegt BMW eine Testflotte mit rund 100 Fuel Cell Electric Vehicles (FCEV). Die Antriebstechnik ist in das SUV-Modell X5 eingebaut. Die c't-Redaktion konnte den iX5 Hydrogen bereits testen (siehe c't 2/2024, S. 58). Aber warum benötigt der Hersteller noch mal vier Jahre bis zur Serienreife? „Wir entwickeln eine neue Systemgeneration bei den Zellen, wollen den Platinanteil in den Membranen senken, die Effizienz steigern und so mehr Reichweite herausholen, um am Ende zu einem industrialisierten Produkt zu kommen“, sagt Jürgen Guldner, BMWs Projektmanager für Hydrogen Technology, im Gespräch mit c't.

BMW entwickelt die Antriebstechnik nicht allein. Die Zellen für den iX5 Hydrogen kommen von Toyota. BMW fertigt daraus einen Brennstoffzellen-Stack. Mit dem japanischen Autohersteller arbeitet BMW

bereits seit über zehn Jahren zusammen. Die beiden Tanks für bis zu sechs Kilogramm gasförmigen Wasserstoff stammen von einem weiteren Zulieferer. Guldner betont, bei BMW gebe es bereits 45 Jahre Erfahrung mit Wasserstoff. Ab 1979 wurde das Gas in Motoren der 5er-Baureihe verbrannt. Später folgten Versuchsfahrzeuge der 7er-Reihe. Mit dem BMW H2R existierte sogar ein Rennwagen, der bis zu 300 km/h schnell fuhr und Wasserstoff in einem Ottomotor direkt verbrannte. Das erste Konzeptfahrzeug mit von Wasserstoff gespeister Brennstoffzelle mit E-Antrieb zeigte das Unternehmen 2019.

### „Ära erheblicher Nachfrage“

Die Ankündigung der Serienfertigung erstaunt dennoch. Kein anderer Hersteller hat für Europa in absehbarer Zeit einen Brennstoffzellen-Pkw angekündigt. Experten gingen davon aus, dass die Wasserstofftechnik auf absehbare Zeit nur dem Schwerlastverkehr vorbehalten bleibt. Dennoch ließ sich BMW-Chef Oliver Zipse im Beisein von Koji Sato, dem geschäftsführenden Direktor der Toyota Motor Corporation, bei einer Fahrzeugpräsentation Anfang September zu folgendem Satz hinreißen: „Es wird eine Ära mit erheblicher Nachfrage nach Brennstoffzellen-Elektrofahrzeugen einläuten.“ Wie diese Nachfrage entstehen soll, ließ Zipse offen. Guldner springt seinem Chef zur Seite: „Bei einer neuen Technologie lauten die Fragen immer: Wann ist der beste Zeitpunkt für eine Markteinführung? Ist ausreichend Infrastruktur vorhanden? Wir denken, jetzt ist der richtige Zeitpunkt.“

Bei den beiden am Markt aktiven Autoherstellern, Toyota und Hyundai, herrscht weniger Euphorie. „Wir haben es mit dem Mirai versucht, waren aber nicht erfolgreich“, lautete das nüchterne Fazit von Toyota-CTO Hiroki Nakajima nach der Tokio Motor Show im vergangenen Jahr. Man wolle zwar an der Technologie festhalten, doch sieht der Technikchef größere Chancen bei Nutzfahrzeugen.

„Wir suchen mit diesem Modell keinen Profit“, sagte Jaehoon Chang, Präsident und CEO der Hyundai Motor Company, bei der Vorstellung des Initium-Konzeptfahrzeugs. Eine Aussage, die man von Automanagern selten hört. Der wasserstoffbetriebene Initium soll ab 2025 den Nexo ablösen. Der Name Initium kommt aus dem Lateinischen und bedeutet Anfang. Koreas Regierung fördert Wasserstoff als Energiespeicher und will das Land zu einer Wasserstoff-Gesellschaft machen. Das macht Hyundais neues FCEV eher zu einem politischen Prestigeprojekt.

### Nur wenige Tankstellen

Zu der geringen Zahl an Serienfahrzeugen kommt die geringe Zahl an Tankstellen hinzu. Der größte Anbieter in Deutschland, H2 Mobility, befindet sich nach eigenen Angaben in einer Umbruchphase (siehe Interview c't 2/2024, S. 58). Aktuell nimmt die Zahl der Pkw-Zapfsäulen sogar ab. Ein wirtschaftlicher Betrieb ist für viele Tankstellenbesitzer aufgrund der geringen Zahl der Pkw-Zulassungen und der hohen Betriebskosten für die anspruchsvolle Tanktechnik mit 700 bar nicht möglich.

Laut Kraftfahrtbundesamt wurden hierzulande seit 2020 insgesamt lediglich 2013 Brennstoffzellen-Pkw angemeldet. H2 Mobility hofft daher verstärkt auf Nutz- und Schwerlastfahrzeuge. Diese tanken allerdings mit geringerem Druck (350 bar). Das senkt die Kosten für die Tankanlage deutlich. Allerdings kann ein Pkw an diesen Zapfsäulen keinen Wasserstoff tanken. Es entsteht also eine zweigeteilte Ladeinfrastruktur. Anfang Dezember waren in Deutschland 74 H2-Mobility-Standorte mit 700 bar und 36 mit 350 bar in Betrieb.

BMW ist gemeinsam mit Audi, Honda und Toyota assoziierter Partner bei H2 Mobility. Dem Autohersteller dürften die Pläne zum weiteren Ausbau der Ladeinfrastruktur bekannt sein. Doch wenn die Nachfrage fehlt, kann kein Unternehmen expandieren. „Natürlich würde es das Thema Infrastruktur befeuern, wenn noch

weitere Modelle im Angebot wären. Uns würde das freuen“, so Guldner.

### Dynamische Beschleunigung

Der Prototyp iX5-Hydrogen ist in Sachen Gewicht (2570 kg) und Platzangebot mit dem X5-Plug-in-Hybrid nahezu identisch. Durch die Tanks und die Batterie verliert der Nutzer keinen Stauraum. Auch der aktuelle Brennstoffzellen-BMW hat eine Lithium-Ionen-Batterie. Sie speichert Energie, die beim Bremsen, Bergabfahren oder Ausrollen zurückgewonnen wird – genauso wie beim normalen E-Auto.

Im iX5 Hydrogen hat die Batterie eine Kapazität von etwas weniger als fünf Kilowattstunden. Die Brennstoffzelle liefert bis zu 125 Kilowatt Dauerleistung, womit der Wagen auf 185 km/h beschleunigt werden kann. Mit den zusätzlichen 170 Kilowatt aus der Batterie sind 205 km/h drin. „Selbstverständlich bietet der iX5 Hydrogen die BMW-typische Fahrfreude“, verspricht Guldner. Tatsächlich ist der BMW iX5 Hydrogen im Praxisvergleich der drei Wasserstoff-Pkw der dynamischste in Sachen Beschleunigung. Das liegt auch an der größeren Energiemenge in der Batterie. Während die beiden Modelle aus Asien rund 1,5 kWh als Pufferspeicher einsetzen, sind es bei BMW etwas über fünf Kilowattstunden. Mit diesem Energie-Boost kann man dem 2,5-Tonnen-SUV ordentlich die Sporen geben.

Die Freude am Fahren trübte allerdings der Blick auf die Reichweitenanzeige des Testfahrzeugs aus Bayern. „An einem Morgen bei minus fünf Grad Außentemperatur zerrinnen die Restkilometer derart schnell, dass wir schon eine Leckage am Tank vermuten. Gibt man dem iX5 Hydrogen ein wenig Zeit, korrigiert er die Anzeige wieder nach oben“, heißt es in un-

## c't kompakt

- Bis die Wasserstoffinfrastruktur steht, werden noch Jahre vergehen.
- BMW will die Kombination aus Brennstoffzelle und Wasserstoff als Antriebskonzept in ein Serienfahrzeug bringen.
- Außerhalb Europas sieht das Unternehmen Chancen auf eine erhebliche Nachfrage.

rem Fahrbericht. Der Verbrauch liegt bei 1,19 kg pro 100 Kilometer. Umgerechnet waren das knapp 19 Euro beim damaligen Kilopreis von 15,95 Euro. Der Wasserstoffpreis stieg mit dem Ukraine-Krieg und der einhergehenden Energiekrise von rund 9 auf rund 16 Euro. „Der Preis sollte natürlich auf das Niveau von Benzin und Diesel pro 100 km runtergehen. Das erwarten wir auch, wenn mehr Nutzfahrzeuge Wasserstoff tanken. Zusätzlich dürfte die Produktion von grünem Wasserstoff einen positiven Effekt auf den Preis haben“, sagt Guldner. Zum Redaktionsschluss ist das Kilogramm für rund 17 Euro zu haben. Fährt man über die Grenze nach Österreich, sind es 24 Euro pro Kilogramm.

### Verteilnetze für Wasserstoff

Großanlagen für die Produktion von grünem Wasserstoff aus Wind- und Solarenergie sind hierzulande zwar in Planung, mittelfristig wird ein Großteil über dieselbetriebene Tankschiffe den Weg nach Deutschland finden. Darauf bereitet sich der sogenannte Energy Hub im Hafen von Wilhelmshaven vor. Das Gas kann in nahe-



Foto: Sam Cobb, BMW AG

**Jürgen Guldner** verantwortet bei BMW die Entwicklung des Brennstoffzellen-Pkw. Im Gespräch mit c't erklärt er, warum der Autobauer an die Zukunft des Wasserstoffantriebs glaubt.

Foto: Tom Kirkpatrick, BMW AG



**Brennstoffzellen-Pkw tanken gasförmigen Wasserstoff mit 700 bar Druck. Das entspricht in etwa dem Druck in einer Tiefe von 7000 Metern unter der Meeresoberfläche.**

gelegenen Kavernen gespeichert oder über das Leitungsnetz an Abnehmer transportiert werden. Die Fernleitungsnetzbetreiber erhielten im Oktober von der Bundesnetzagentur die Genehmigung zum Aufbau des sogenannten Kernnetzes. Es besteht aus rund 9000 Kilometer Gasleitungen, von denen 60 Prozent von Erdgas auf Wasserstoff umgerüstet und 40 Prozent neu gebaut werden.

Bis 2032 soll das Kernnetz in Betrieb gehen. Auf europäischer Ebene heißt das vergleichbare Projekt European Hydrogen Backbone. Hier plant man bis zum Jahr 2040 mit einem Leitungsnetz über 53.000 Kilometer in 28 Ländern. Gelingt es, das bestehende Erdgasnetz sowie vorhandene Kavernen und Speicher für den flüchtigen Wasserstoff umzurüsten, sehen Befürworter große Vorteile gegenüber nachhaltigen Formen elektrischer Energie: Transport

über lange Strecken und Speicherung über längere Zeiträume. Denn einerseits schwankt die erzeugte Energiemenge aus solarer und Windenergie übers Jahr und ist schlecht speicherbar, andererseits müssen zum Transport lange Stromtrassen gebaut werden. Hier könnten Wasserstoffnetze, die indes auch schwer umzusetzen sind, einen interessanten Puffer darstellen.

### Effizienzverluste

Ein Nachteil beim E-Auto mit Wasserstoff bleibt allerdings: mangelnde Effizienz. Während man die Energie vom Windrad oder Photovoltaik-Zellen direkt und mit geringen Verlusten in die Batterie eines E-Autos laden kann, sieht das beim Wasserstoff anders aus. Elektrolyse, Speicherung, Transport, Kühlung und Kompression erfordern Energie. Von der ursprünglich eingesetzten Energie kommt laut


Guldner die Hälfte im Auto. Experten des umweltaugen Lobbyverbands Transport & Environment kommen lediglich auf 30 Prozent.

Für den BMW-Experten überwiegen die Vorteile von Wasserstoff als Energiespeicher. Vor allem die Langzeitspeicherung hebt Guldner hervor. „Zudem hat der Brennstoffzellen-Pkw einen kleineren Rohstoff-Fußabdruck in der Herstellung“, sagt der BMW-Experte. Das liege vor allem an der kleineren Batterie, die weniger Ressourcen benötigt.

Dafür benötigen die Polymer-Elektrolyt-Membranen in der Brennstoffzelle eine Platinbeschichtung. Das Edelmetall ist sowohl selten als auch teuer. Doch es dient als Katalysator für die elektrochemische Reaktion, wenn Sauer- und Wasserstoff aufeinandertreffen und elektrische Energie freisetzen. „Wir arbeiten daran, die Platinmenge weiter zu reduzieren“, sagt Guldner. Aktuell entspricht der Bedarf pro Fahrzeug in etwa der Platinmenge, die für zwei Katalysatoren großer Dieselfahrzeuge benötigt wird. Genau von dort möchte Guldner das Edelmetall aus Katalysatoren von Altfahrzeugen zurückholen.

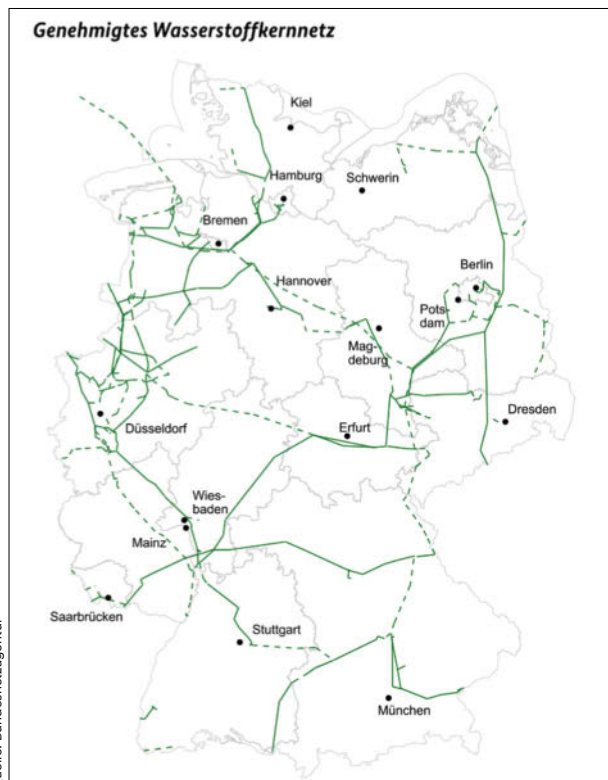
### Kurzer Tankvorgang

Bei den vielen Hürden stellt sich die Frage: Was ist das Hauptargument für Kunden, sich ein Brennstoffzellenfahrzeug anzuschaffen? „Es ist der Tankvorgang, der in drei, vier Minuten erledigt ist“, antwortet Guldner. Ansonsten habe man die gleiche sportliche Beschleunigung, lautloses Fahren und Emissionen wie bei einem batterieelektrischen Auto. „Es ist perfekt für Menschen, die weder zu Hause noch in der Nähe oder beim Arbeitgeber laden können“, sagt Guldner.

Natürlich hat BMW dabei Länder im Blick, in denen eine elektrische Ladeinfrastruktur in absehbarer Zeit nicht aufgebaut wird. Große Länder wie Brasilien oder Australien mit langen Fahrstrecken könnten sich zu attraktiven Absatzmärkten entwickeln. Falls dort ausreichend Wasserstoff produziert wird. Allerdings will sich Guldner noch nicht auf Absatzländer festlegen und auch eine andere wichtige Zahl lässt er bisher offen: die geplanten Stückzahlen des Wasserstoff BMW. (sha@ct.de) 

*Dirk Kunde sprach mit Jürgen Guldner am Rande des Pariser Autosalons auf Einladung von BMW.*

**Genehmigtes Wasserstoffkernnetz**



Quelle: Bundesnetzagentur

**Im Oktober dieses Jahres genehmigte die Bundesnetzagentur den Ausbau des Wasserstoffkernnetzes mit einer Gesamtlänge von 9040 Kilometern. Es verbindet Industriestandorte, Produktions- und Speicherstätten mit Wasserstoffterminals an der Küste. Die Investitionskosten belaufen sich auf rund 19 Milliarden Euro.**





# SCRUM MASTER DAY

Kernkompetenzen des Scrum Masters auf das nächste Level bringen

19. Februar 2025 • Online

Beim **Scrum Master Day** geht es um folgende Themen:

- ✔ Flow Management
- ✔ Effektive Moderation
- ✔ Challenge it!
- ✔ Story Telling und Decision Stack
- ✔ Konflikt-Mediation für Scrum Master
- ✔ Wirkungsvoll coachen, ohne zu nerven

Die Konferenz richtet sich an **Scrum Master, Product Owner** und **Produktmanagerinnen**, die die agilen Grundlagen kennen und bereits Erfahrung in der Rolle mitbringen.



Jetzt Frühbucher-ticket sichern!

Workshop am 21. Februar 2025

Kooperationspartner

 Agile Academy

 it-agile

[scrum.inside-agile.de](https://scrum.inside-agile.de)

# OKR DAY

Mit gemeinsamen Zielen zu messbaren Erfolgen

13. März 2025 • Online

Entdecke die Welt von OKR – Objectives and Key Results!

OKR ermöglicht es Unternehmen, klare, fokussierte Ziele (**Objectives**) mit messbaren Erfolgen (**Key Results**) zu verbinden. Anders als herkömmliche Ansätze werden OKR nicht von oben diktiert, sondern auf relevanten Unternehmensebenen mit **aktiver Mitarbeitendenbeteiligung** entwickelt.

Die Konferenz richtet sich an **agile Coaches, agiles Management** und **Führungskräfte, Scrum Master, OKR Master** sowie an alle, die sich für das Thema OKR vertieft interessieren.



Jetzt Frühbucher-ticket sichern!

Workshop am 27./28. Januar 2025

Kooperationspartner

 it-agile

[okr.inside-agile.de](https://okr.inside-agile.de)

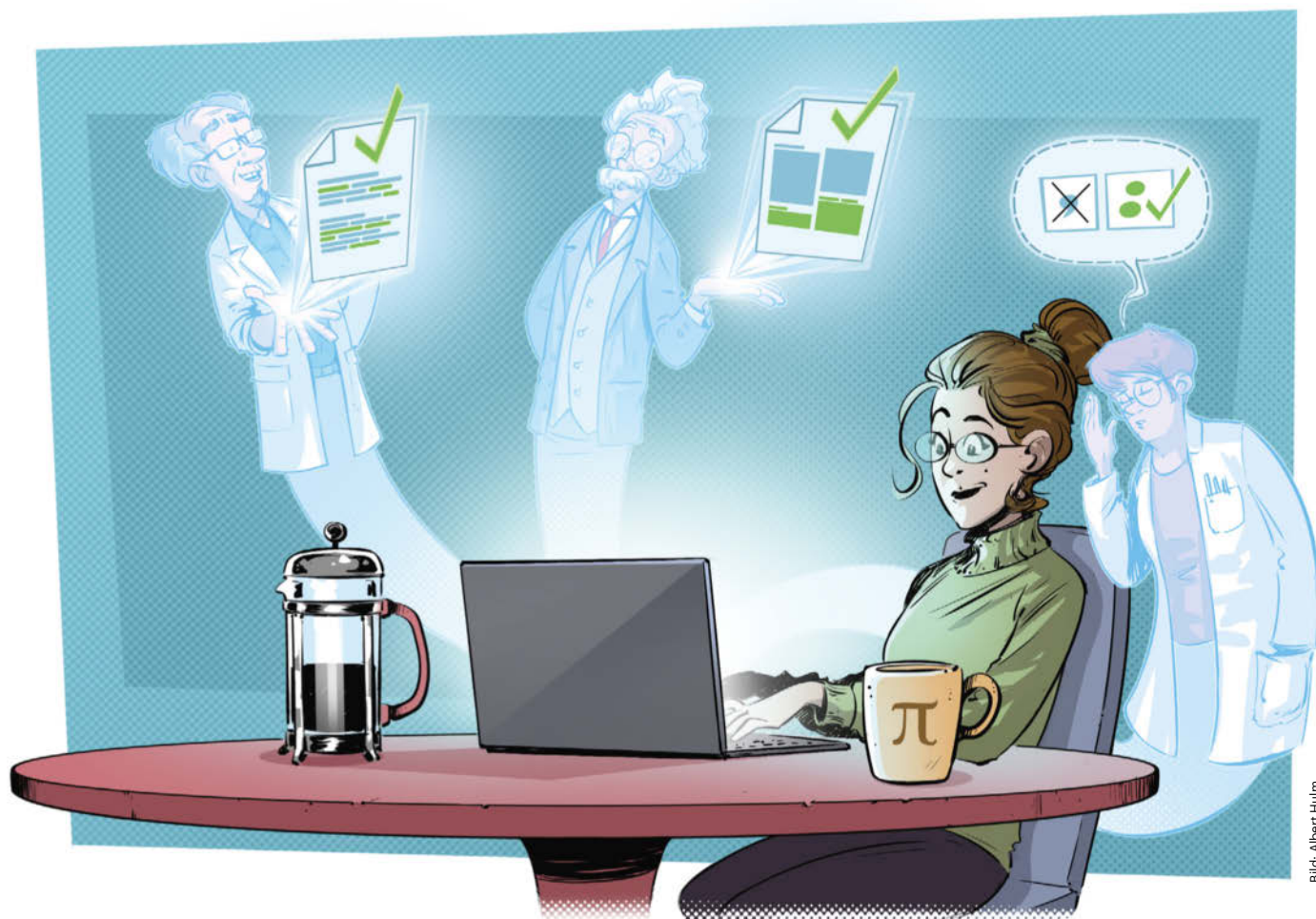


Bild: Albert Hulm

# Im Tandem zum Erfolg

## KI als Ideengeber, Mentor und Korrekturleser beim wissenschaftlichen Schreiben

**Beim wissenschaftlichen Schreiben geht es darum, sich intensiv mit dem gewählten Thema auseinanderzusetzen und akademische Gepflogenheiten einzuüben. Darf man da überhaupt eine künstliche Intelligenz zu Hilfe nehmen? Unser Leitfaden zeigt, wie KI-unterstütztes Texten den Lernerfolg nicht mindert, sondern fördert, und welche Regeln dabei zu beachten sind.**

Von Dr. Anika Limburg

Zwei Jahre nach Veröffentlichung von ChatGPT sind viele Hochschullehrer immer noch skeptisch gegenüber generativer KI. „Wer mit KI schreibt, schummelt!“ lautet ein verbreitetes Vorurteil. Tatsächlich sind ChatGPT und Kollegen durchaus in der Lage, ganze Textpassagen plausibel im wissenschaftlichen Duktus zu formulieren – vorausgesetzt, sie wurden mit ausreichend vielen Fachtexten und einem klaren Auftrag gefüttert.

Allerdings gilt auch beim wissenschaftlichen Schreiben, dass längst nicht alles sinnvoll und ratsam ist, was theoretisch möglich wäre. Eine Seminar-, Bachelor- oder Masterarbeit größtenteils von einem KI-Schreibtool verfassen zu lassen, birgt die Gefahr von Plagiaten, Copyright-Verletzun-

gen, Fehlern und Unwahrheiten. Denn Sprachmodelle eignen sich nicht für Recherchen, weil sie lediglich darauf trainiert sind, sprachlich korrekte Texte zu verfassen. Außerdem setzen sich Autoren, die große Teile ihrer Arbeit mit KI-generierten Texten bestreiten, weniger intensiv mit ihrem Thema auseinander als Personen, die ihren Text selbstständig verfassen. Wer der KI die Arbeit mehr oder weniger überlässt, lernt kaum dazu. Wenn Autoren ihre Texte schließlich nicht mehr verantworten können, verliert Wissenschaft ihre Verlässlichkeit. Ganze Arbeiten durch KI schreiben zu lassen, ist daher wissenschaftlich unredlich.

Viele Szenarien von KI beim Schreiben sind jedoch durchaus im Einklang mit guter wissenschaftlicher Praxis. Das Po-



tenzial für Entlastung und Qualitätssteigerung ist groß. KI hat deshalb schon lange Einzug in wissenschaftliche Schreibprozesse gehalten: Wissenschaftler lassen sich von KI-Output inspirieren, prüfen ihn kritisch und entwickeln ihn für die eigenen Zwecke substanziell weiter.

## Bevor es losgeht

Viele Hochschulen haben bereits Richtlinien dafür formuliert, ob und wie sie KI-Hilfe in wissenschaftlichen Arbeiten erlauben. Bevor sie mit dem Schreiben loslegen, sollten Hochschulangehörige also nach solchen Vorgaben suchen. Oft findet man sie unter dem Namen „KI-Leitlinie“, „KI-Handreichungen“ oder „KI-Empfehlung“. Gelegentlich informieren auch aktuelle Fassungen der an Unis üblichen Eigenständigkeitserklärungen darüber, welcher KI-Einsatz zulässig ist. Das Prüfungsamt ist eine gute Anlaufstelle, wenn man solche Informationen sucht.

Auch wenn Ihre Hochschule die Nutzung von KI-Output nicht verbietet, müssen Sie alle mithilfe von KI erstellten Inhalte eindeutig kennzeichnen – schließlich geht es beim Schreiben im Studium darum, dass man lernt, es eigenständig zu tun. Und selbst wenn die Nutzung von KI-Output generell erlaubt ist, lohnt es, mit dem Betreuer darüber zu sprechen. Möglicherweise sieht er KI beim Schreiben als Zeichen mangelnder Eigenständigkeit und vergibt eine schlechtere Note. Andererseits könnte der Dozent das Einspannen von KI auch als innovativ und professionell ansehen und eher mehr Punkte vergeben.

Die KI-Richtlinie kann auch von der wissenschaftlichen Disziplin abhängen: Während die Geisteswissenschaften oft größeren Wert auf Eigenständigkeit und Eloquenz legen, stehen in den Naturwissenschaften Struktur und Präzision im Vordergrund. KI kann in beiden Kontexten Unterstützung bieten – vorausgesetzt, Sie entwickeln ein für Ihre Disziplin spezifisches Verständnis der Möglichkeiten von KI-Werkzeugen.

## KI als Tutor

Indem Sie im Dialog mit der KI Vorschläge hinterfragen und alternative Perspektiven ausprobieren, entsteht eine Arbeitsweise, die unser menschliches Denken erweitert. Wie ein guter Tutor kann KI beraten, Feedback geben und Ideen liefern. Wer KI in dieser Weise nutzt, macht sich nicht angreifbar und lernt dabei viel. Vom ersten



**Das KI-Werkzeug GoThesis will den Nutzer in allen Phasen einer Arbeit begleiten. Im Ratgeber teil des Tools finden sich Tipps rund ums wissenschaftliche Schreiben.**

Brainstorming bis zur letzten Korrektur verbessert die KI den Prozess des wissenschaftlichen Schreibens in seinen einzelnen Phasen auf ganz unterschiedliche Weisen, die wir im Folgenden beleuchten.

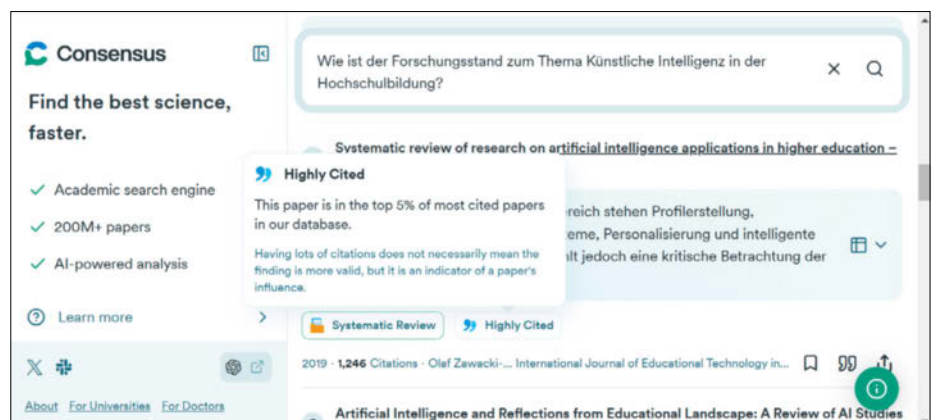
Den Ausgangspunkt für eine gute Arbeit bildet in den meisten Disziplinen eine Frage. Sie muss präzise formuliert sein, auf dem wissenschaftlichen Diskurs aufbauen und sollte gut zu bearbeiten sein. Beim Formulieren der Ausgangsfrage kann das KI-Tool GoThesis helfen. Zu einem Thema oder einer Titeldie schlägt es Fragestellungen vor, die den Untersuchungsschwerpunkt konkretisieren. GoThesis und alle im Folgenden genannten Werkzeuge lassen sich zumindest eingeschränkt kostenlos nutzen; Sie finden sie über [ct.de/ym5e](https://ct.de/ym5e).

Für das Beispielthema „Bildung in Zeiten künstlicher Intelligenz“ schlug GoThesis uns folgende Fragestellung vor: „Welche ethischen und sozialen Herausforderungen entstehen durch den Einsatz von KI in der Hochschullehre, insbesondere im Hinblick auf Datenschutz und

Privatsphäre?“ Weil die zentrale Frage steuert, was in der Arbeit im Vordergrund steht, sollte sie unbedingt den eigenen Interessen und Fähigkeiten entsprechen – schließlich wollen Sie sich eine ganze Zeit lang intensiv mit der Erforschung dieser Frage befassen. Nehmen Sie sich also beim Formulieren Zeit. Es lohnt sich, mehrere Fragen zu generieren. Die KI liefert geduldig immer weitere Vorschläge. Lassen Sie sich so lange Varianten generieren, bis Sie rundum zufrieden sind.

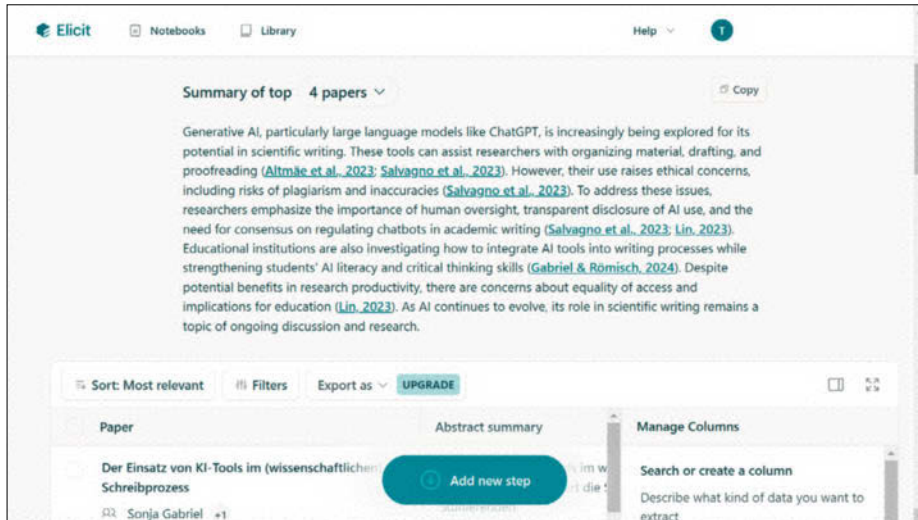
Um im nächsten Schritt zu prüfen, was die Forschungsliteratur zur gewählten Fragestellung hergibt, eignet sich Consensus. Das Tool erstellt einen gut strukturierten Forschungsüberblick mit Quellenangaben. Dabei offenbaren sich unterschiedliche Facetten, die in der Forschungsliteratur diskutiert werden. So zeigt sich auch, ob ausreichend Literatur für den Einstieg verfügbar ist.

Wenn Sie im nächsten Schritt den Chatbot Ihrer Wahl mit der erarbeiteten Ausgangsfrage und dem Forschungsüberblick füttern, zeigt sich, ob Sie diese noch



**Consensus fasst den Forschungsstand zu einem Thema zusammen und liefert dazu Quellenangaben.**





**Das KI-Tool Elicit unterstützt bei der Recherche und fasst Forschungsergebnisse prägnant zusammen.**

etwas erweitern oder im Gegenteil weiter eingrenzen oder präzisieren sollten. Dazu weisen Sie den Chatbot an, Sie als Tutor beim Durchdenken der Frage zu unterstützen. Das erreichen Sie mit einem Prompt wie diesem: „Du bist ein Wissenschaftler in der Rolle eines Mentors, der mich beim Eingrenzen meiner Forschungsfrage und der Entwicklung meiner Gliederung unterstützt. Du hast die Aufgabe, mir kluge Fragen zu stellen, damit ich meine eigene Fragestellung und eine sinnvolle Vorgehensweise durchdenken kann. Sag mir keine Lösungen!“

Den nächsten Meilenstein im Schreibprozess stellt die Gliederung dar. Sobald Sie die Fragestellung festgezurr haben, kann folgender Prompt die Grundlage für die Gliederung liefern: „Erstelle mir auf dieser Basis drei alternative Gliederungen für eine 15-seitige Hausarbeit und hilf mir anschließend als Mentor dabei, meine eigene Lösung zu entwickeln.“

**Hilfe bei der Recherche**

Eine KI-Recherche ist eine gute Ergänzung zur klassischen Datenbankrecherche. Das Tool Elicit liefert nach Eingabe einer Fragestellung einen Überblick über aktuelle Veröffentlichungen und deren generelle thematische Ausrichtung. Für einschlägige Publikationen zum Thema erhält der Nutzer jeweils eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse, wahlweise auch weitere Angaben, beispielsweise bei empirischen Forschungsarbeiten Hinweise zur darin angewandten Methode.

Elicit hilft, wichtige Erkenntnisse zu einer Fragestellung im Blick zu haben und systematisch in die tiefere Recherche ein-

zusteigen. Das Tool erleichtert Ihnen auch die Entscheidung, welche Texte Sie für Ihre Arbeit intensiv lesen und welche Sie lediglich überfliegen.

Ein weiterer guter Helfer ist Openknowledgemaps, das allerdings nur englische Eingaben entgegennimmt. Der Vorteil dieses Tools: Es strukturiert Rechercheergebnisse thematisch und setzt sie zueinander in Beziehung. Einzelne thematische Facetten stellt es als benachbarte Kreise dar. Deren Größe verdeutlicht, wie viele Paper zu einem Thema vorhanden sind. Man erkennt damit schnell Schwerpunkte im Diskurs.

Ein Klick auf einen der Kreise zeigt die darin befindlichen Paper. Anders als der Name Openknowledgemaps vermuten lässt, zeigt das Tool nicht nur frei zugäng-

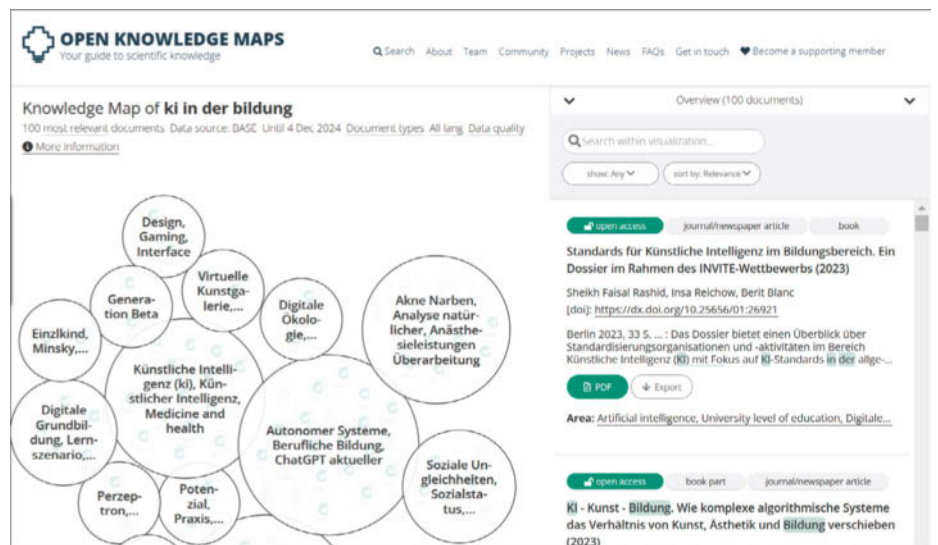
liche Veröffentlichungen an, sondern auch solche, deren Download kostenpflichtig ist. Open-Acess-Paper hebt das Werkzeug dabei durch eine Markierung hervor. Die meisten dieser Veröffentlichungen kann der Nutzer aus Openknowledgemaps heraus öffnen und lesen, für andere gibt das Tool den Downloadlink an. Für Veröffentlichungen, die hinter einer Paywall liegen, erhält der Nutzer eine kurze Zusammenfassung des Inhalts angezeigt.

Die dargestellte Übersicht gibt Orientierung: Man sieht auf einen Blick, welche Paper die einzelnen Facetten eines Themas diskutieren und ob ein bestimmter Beitrag zentrale oder eher randständige Aspekte bearbeitet.

Um fit im Thema der eigenen Seminararbeit zu werden, sollten Sie zentrale Paper sorgfältig und vollständig lesen. Falls das mal schwerfällt, hilft ChatPDF. Per Chatbot kann man sich mit diesem Tool über den Text unterhalten und Fragen dazu stellen. ChatPDF fasst Textpassagen zusammen, erläutert komplexe Zusammenhänge, liefert Beispiele und definiert Fachbegriffe leicht verständlich. So kann man sich mit dem Text auseinandersetzen, bis man ihn verstanden hat. Fremdsprachige Texte kann man sich von ChatPDF übersetzen lassen.

**Keine Angst vorm weißen Blatt**

Spätestens jetzt geht es ans eigentliche Schreiben. Gerade bei den ersten Seminararbeiten kämpfen viele damit, einen Anfang zu finden. Wer beispielsweise Respekt vor der leeren Seite hat und keinen Einstieg ins Schreiben findet, für den mag



**Openknowledgemaps erstellt eine thematische Clustering der Veröffentlichungen zu einem Forschungsgebiet.**

es eine Hilfe sein, die KI um einen ersten Textvorschlag zu bitten. Am besten arbeitet man dabei im selben Chat weiter, in dem bereits die Vorarbeiten entstanden sind, dann verfügt die KI schon über einiges an Kontext. Beschreiben Sie die Textpassage, für die die KI Inspiration liefern soll, so gut wie möglich. Teilen Sie der KI im Prompt mit, wie lang der Abschnitt werden soll, worum es genau geht und in welchem Stil sie den Text formulieren soll. Wer ein Stilbeispiel zur Hand hat, sollte das ebenfalls mit hochladen.

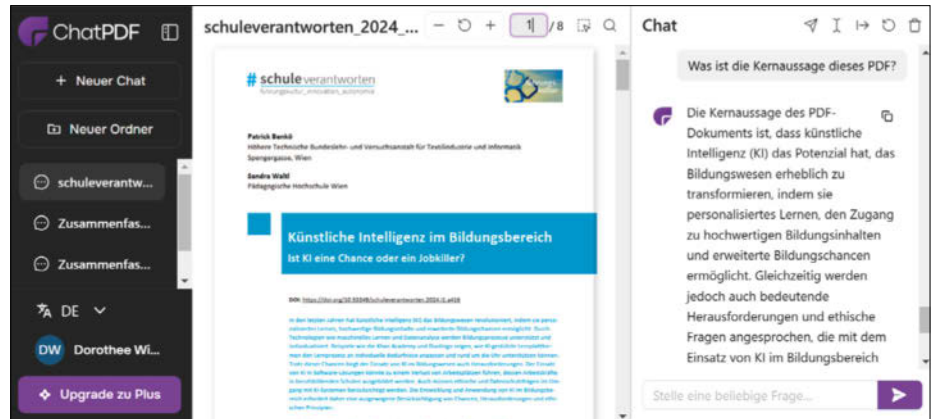
Der Text, den der Chatbot auf so einen Prompt hin produziert, ist wahrscheinlich auf den ersten Blick gar nicht so schlecht. Doch Vorsicht: Auf den zweiten Blick entpuppt er sich in der Regel als oberflächlich, mitunter auch punktuell als falsch. Es geht an dieser Stelle bei der KI-Unterstützung nicht darum, fertigen Text zu übernehmen, sondern eine Vorstellung zu entwickeln, wie man den eigenen Text aufbauen und formulieren möchte.

Fordern Sie mehrere Vorschläge von der KI an. Beim Vergleichen und Abwägen entwickelt sich der eigene Stil. So profitieren Sie von den Vorschlägen der KI, ohne sie direkt zu übernehmen. Das Herausarbeiten eigener Lösungen anhand von einer Reihe alternativer KI-Vorschläge klappt nicht nur für einzelne Formulierungen, sondern auch für Strukturen und Argumente. Diese Form der Unterstützung hebt die KI von einem reinen Hilfsmittel ab und macht sie zu einem Reflexionswerkzeug, mit dem Schreibende sukzessive ihre eigenen Lösungen entwickeln.

Ohne moralische Bedenken lässt sich KI auch für niedrigschwellige Aufgaben beim Schreiben verwenden, sei es beim Diktieren oder Transkribieren gesprochener Sprache, bei einer stilistischen Überarbeitung oder der Formatierung. Schon einfache Prompts können dabei zum guten Ergebnis führen, beispielsweise: „Korrigiere in diesem Text alle Fehler, verändere ihn ansonsten aber nicht!“

### Auf Hochglanz poliert

Sobald die Arbeit Form und Gestalt annimmt, kann KI dabei helfen, sie besser zu machen. Benutzen Sie am besten wieder denselben Chat, den Sie schon für die Vorarbeiten verwendet haben. Den Text einer kurzen Hausarbeit können Sie komplett einfügen, bei längeren Arbeiten empfiehlt sich die Eingabe einzelner Kapitel. Ergänzen Sie die Eingabe um einen Prompt dieser Art: „Du bist ein freundlicher und hilfs-



**Mit ChatPDF kann man über wissenschaftliche Veröffentlichungen diskutieren: PDF hochladen, Fragen stellen und anhand der Antworten tiefer ins Thema einsteigen.**

bereiter Wissenschaftler und Experte für das Thema dieser Arbeit. Was würdest du an dieser Arbeit kritisieren? Was kann ich besser machen? Begründe deine Kritik präzise und gib konkrete Anregungen für die Überarbeitung.“

Falls ein Abschnitt der Arbeit noch nicht ganz rund formuliert ist oder einer Argumentation noch der letzte Schliff fehlt, können Sie Ihre Bedenken im Chat mit der KI erörtern. So lassen sich Gedanken erproben, verfeinern oder auch verwerfen. Die KI verhält sich dabei so wie ein aktiver Zuhörer: Sie paraphrasiert Gesagtes, fragt zurück oder stellt anknüpfende Gedanken zur Verfügung. Paraphrase und Rückfragen regen kritisches Denken an oder helfen dabei, komplexe Gedanken auf den Punkt zu bringen.

Nicht alle Ideen, die die KI einbringt, sind verwertbar. Doch sie regen eigene Gedanken an im Sinne eines sogenannten epistemischen Prozesses, bei dem Autoren neue Ideen entwickeln und sowohl Argumentation wie Sprache schärfen. So verwendet, geht Schreiben mit KI nicht schneller – im Gegenteil hilft die KI, zu kurzes Denken zu vermeiden. Dabei fördert sie die tiefe Auseinandersetzung mit den eigenen Gedanken oder den Fachdiskursen.

### Ein Tool für alles?

Der Markt hält mittlerweile Hunderte, wenn nicht Tausende Tools bereit, die beim wissenschaftlichen Schreiben helfen können. Die in diesem Artikel exemplarisch genannten Helfer haben sich bewährt, doch möglicherweise liegt Ihnen ein anderes Werkzeug mehr. Nehmen Sie sich Zeit bei der Auswahl! Tool-Datenbanken können den Einstieg erleichtern. Sie bieten Übersicht über die vielen Anwen-

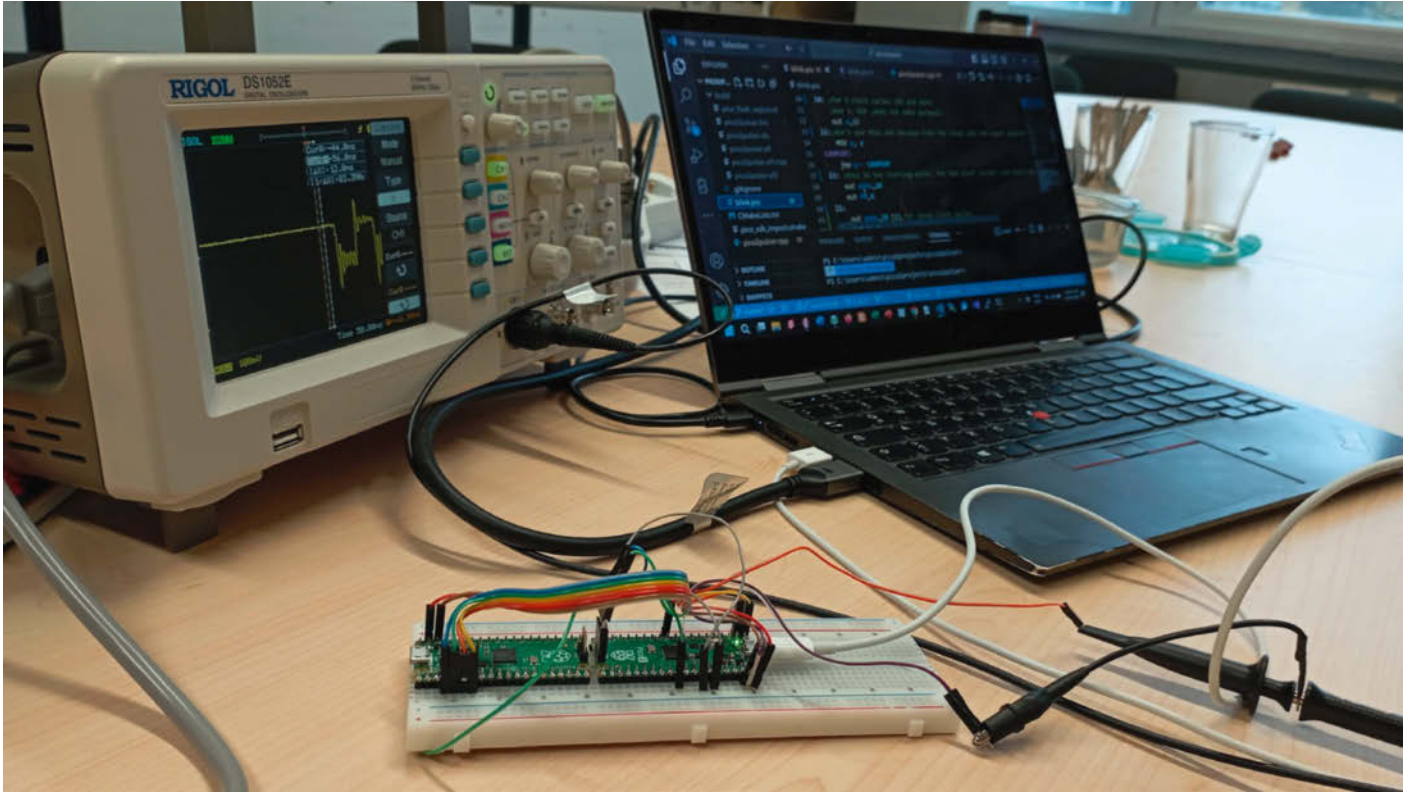
dungsmöglichkeiten. Websites wie Futuretools und There's An AI For That haben eine strukturierte Suchfunktion, die auch Spezialwerkzeuge aufspürt.

Die meisten KI-Helfer kann man in einer kostenlosen Variante zunächst gründlich ausprobieren. Für ein Tool, das man nach eingehender Prüfung intensiv nutzen möchte, lohnt sich vielleicht auch ein Abo der kostenpflichtigen Version. Wer sich nicht bei mehreren Tools registrieren mag, ist mit einem universellen KI-Chatbot wie ChatGPT, Claude oder Gemini fürs wissenschaftliche Schreiben schon ganz gut bedient; allerdings sind deren Recherchefunktionen weit weniger ausgereift als bei spezialisierten Werkzeugen fürs Recherchieren und es kann sogar passieren, dass genannte Quellen gar nicht existieren. Anwendungen wie GoThesis richten sich speziell an Verfasser wissenschaftlicher Arbeiten und wollen diese in allen Phasen des Schreibprozesses begleiten.

Unabhängig von der Wahl des Werkzeugs gilt: Man kann den KI-generierten Ergebnissen nicht unbesonnen über den Weg trauen. Wer KI zum wissenschaftlichen Schreiben nutzt – und dafür gibt es viele gute Gründe – der muss sich im Thema auskennen und bereit sein, KI-Output auf Herz und Nieren zu prüfen und für die eigene Argumentation zu überarbeiten. Auch mit stets höflich vorgetragener, aber eventuell deutlicher Kritik am eigenen Werk muss man rechnen und umgehen können. Behält man selbst als Pilot das Steuer in der Hand, dann ist der Mehrwert eines KI-Copiloten groß, einerseits als Entlastung von Routinearbeiten und andererseits für bessere Ergebnisse. (dwi@ct.de) **ct**

**Alle genannten Tools: [ct.de/ym5e](https://ct.de/ym5e)**





# DIY im Labor

## Die kreativen Methoden der Experimentalphysik

**Experimentalphysiker arbeiten nicht immer in überdimensionierten Laboren, sondern viele bauen ihre Experimente selbst und nutzen dafür überraschende Werkzeuge: Raspi und PIC32 sind die Grundlage für Steuerseinheiten, Pappschachteln und Fußbodenkork dienen als Verkleidung. Wir werfen einen Blick in ein Physiklabor und entdecken unkonventionelle Verfahren in der experimentellen Physik.**

Von Sabrina Patsch

**D**er CERN ist eine Forschungseinrichtung der Superlative. Der Large Hadron Collider (LHC), der größte Teilchenbeschleuniger der Welt an der schweizerisch-französischen Grenze, hat einen Umfang von 27 Kilometern. Die fast 700 Gebäude auf dem Campus des europäischen Kernforschungszentrums haben eine Gesamtgrundfläche von 44 Hektar – so viel wie der Vatikan. Auch andere Forschungsprojekte beeindrucken mit ihrer Größe: Die 66 Teleskope des ALMA-Teleskopverbands (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) in der chilenischen Wüste bedecken die Fläche eines Fußballfeldes. Der Magnetfeldkäfig des Fusionsreaktors Wendelstein 7-X in Greifswald misst fast sechs Meter.

Demgegenüber steht die Realität der meisten Experimentalphysiker. Das typische Labor an einer Forschungsein-

richtung rangiert zwischen geräumigem Wohnzimmer und Studentenwohnung. Forschungsgelder sind knapp bemessen; Physiker müssen also kreativ werden, um Geld zu sparen. Angereichert wird dies durch den angeborenen Spieltrieb, der vielen Experimentatoren innewohnt.

Das Ergebnis sind Steuermodule in abgegrabbelten Pappschachteln und Raspi als Kontrolleinheiten für teure Laser-Dinge, die man in einer modernen Forschungseinrichtung womöglich nicht erwartet. Wir haben einen Blick in ein Physiklabor geworfen und erkundet, wo sich dort Mikroelektronik, innovative Programmierung und DIY-Lösungen verstecken.

### Besuch an der Uni Kassel

Wir sind zu Besuch an der Universität Kassel. Der Hauptcampus am Holländischen

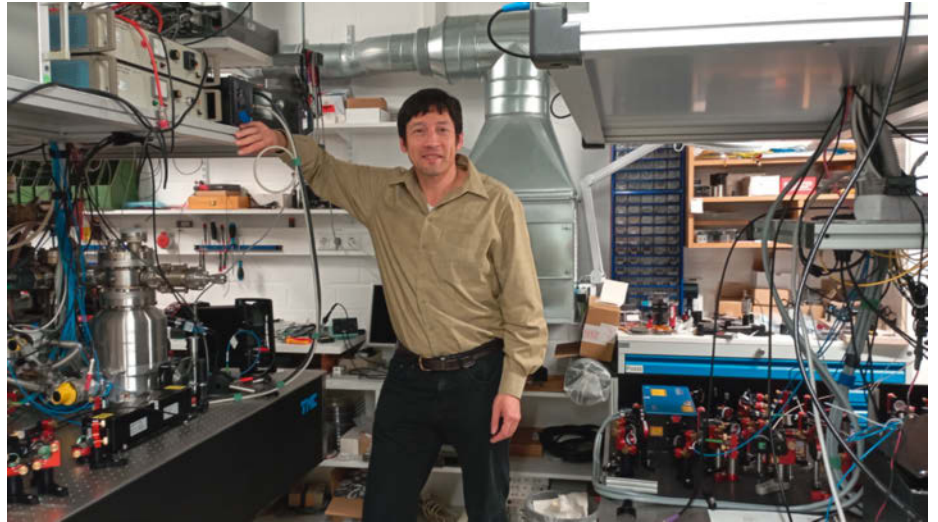


Platz beeindruckt mit seinen pittoresken roten Backsteingebäuden, einem idyllischen Bach und grünen Wiesen direkt neben dem Hörsaal. Etwa sieben Kilometer weiter südwestlich befindet sich der Campus Oberwehren, der vielgliedrige Komplex trägt den Namen „Allgemeines Verfügungszentrum“, kurz AVZ. Hier herrscht 70er-Jahre-Charme: Das Gebäude besteht aus rechteckigen Klötzen, die Fassade ist grau, die gelben Jalousien haben schon bessere Tage gesehen. Das Gebäude will uns sagen: Ich bin nicht hübsch, ich bin funktional. Willkommen am Fachbereich Physik.

Uns begrüßt Kilian Singer, Professor für Experimentalphysik an der Universität Kassel, sein Schwerpunkt ist die Licht-Materie-Wechselwirkung. Er trägt ein Hemd und Jeans, sein schwarzes Haar ist leicht zerzaust. In seiner Arbeitsgruppe forschen derzeit zwei PostDocs, also promovierte Wissenschaftler, fünf Doktoranden und eine Handvoll Studenten – eine recht übliche Größe für die meisten Arbeitsgruppen der Kasseler Physik.

### Gigantische Atome steuern mit Mikrocontrollern

Er führt uns in eines seiner Labore. Der Raum ähnelt einem Wimmelbild: Drei große Metalltische stehen im Zentrum, darauf montiert sind diverse Gerätschaften, von winzigen Spiegeln zu wuchtigen, silbernen Metallzylindern, den Vakuumkammern. In der Ecke steht ein Schreibtisch mit drei Bildschirmen, Regale über-

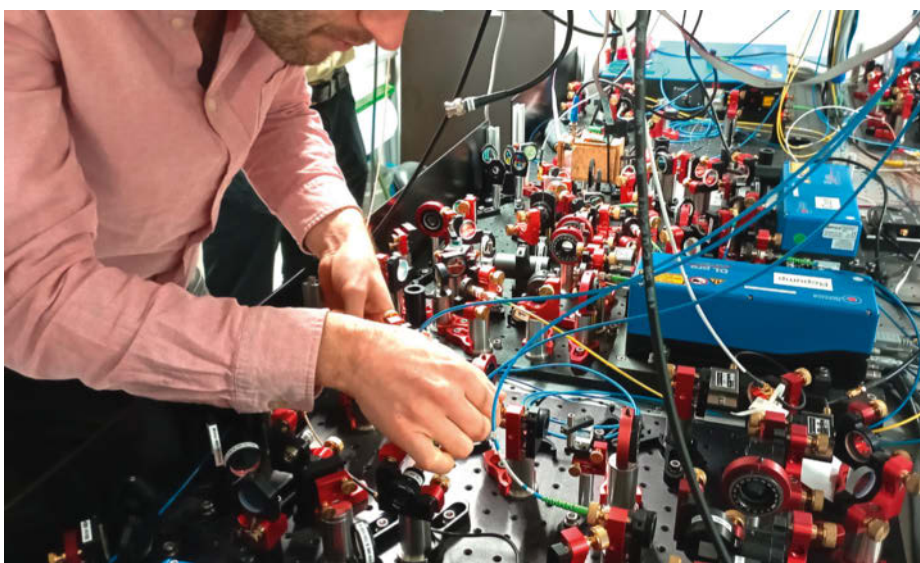


**Kilian Singer ist seit 2015 Professor für Experimentalphysik an der Universität Kassel. In diesem Labor erforscht er sogenannte Rydberg-Atome.**

wuchern die Wände, überall liegen diverse Werkzeuge, Papiere, Bauteile und Schachteln verteilt.

Hier führt das Team Experimente mit sogenannten Rydberg-Atomen durch (siehe Infokasten). Neben teuren Geräten nach Industriestandard finden sich hier auch diverse Mikrocontroller: Raspberry Pi, Arduino und PIC32. Die Physiker benutzen sie, um das Experiment zu steuern: Laser, Mikrowellen und Magnetfelder an- und ausschalten, Kameras triggern oder andere Bauteile ansteuern, die die Form und das Spektrum von elektromagnetischen Pulsen kontrollieren.

Einen großen Teil dieses Experiments steuert das Team mit einem PIC32, einem 32-Bit-Mikrocontroller von Microchip Technology. Der eingebaute DMA (Direct Memory Access) ermöglicht den Datentransfer zwischen Speicher- und Peripherieeinheiten und die Kontrolle der Geräte in Echtzeit. „Wir haben aus dem PIC32 einen Pulssequenzer gebaut. Damit können wir elektromagnetische Pulse präzise ein- und ausschalten, um die Atome zu kontrollieren“, sagt Singer. Ein einfacher Verschluss, fachsprachlich ein Shutter, steuert zum Beispiel den Laserstrahl: Ein Föhnchen geht hoch oder runter, um den



**Doktorand Stefan Aull justiert die Spiegel, die den Laserstrahl präzise durch das Experiment leiten.**

### c't kompakt

- Mit Mikrocontrollern steuern viele Physiker ihre Experimente: Sie schalten Laser, Mikrowellen und Magnetfelder an- und aus oder triggern Kameras.
- Mitunter nutzen Physiker kreative Materialien, um ihre Experimente zu bauen. Dazu gehören alte Verpackungen, Butterbrotpapier und ausgediente Lautsprecher.
- Da nicht alle Physik-Studenten im Studium Programmieren lernen, muss selbst geschriebene Software zur Steuerung von Experimenten intuitiv und leicht erweiterbar sein.

## Rydberg-Atome und Chiralität

Rydberg-Atome sind die Giganten der atomaren Welt. Mit bis zu einem Mikrometer Durchmesser können sie sich mit einem Bakterium messen. Um Rydberg-Atome herzustellen, führen Forscher dem äußersten Elektron eines Atoms, in diesem Fall des Elements Rubidium, so viel Energie zu, dass es besondere Eigenschaften erhält: Das Elektron ist weit vom Kern entfernt, das Atom reagiert sensibel auf elektrische und magnetische Fehler und es ist im Vergleich zu weniger stark angeregten Zuständen sehr stabil.

Das Team von Kilian Singer versucht, die Elektronen von Rydberg-Atomen auf

besondere, schraubenförmige Bahnen zu bringen. Diese könnten dabei helfen, Moleküle voneinander zu trennen, die sich wie Spiegelbilder zueinander verhalten, sogenannte chirale Moleküle. Diese Aufgabe ist für die Medizin essenziell. Eine Version eines Moleküls kann beispielsweise eine heilende Wirkung haben, während die spiegelbildliche Variante dem Körper schadet. Dass diese zwei Varianten eines Moleküls im Wirkstoff Thalidomid des Beruhigungsmittels Contergan nicht voneinander getrennt wurden, hat in den 60er-Jahren dazu geführt, dass Tausende Kinder mit Fehlbildungen zur Welt kamen.

Strahl wahlweise passieren zu lassen oder zu blockieren.

Kilian Singer hat seine Leidenschaft für das Basteln ins Labor getragen und solche Lösungen angeregt oder selbst entwickelt. Er kam Ende der 90er-Jahre während seiner Promotionszeit in Heidelberg zum ersten Mal in Kontakt mit Mikroelektronik. „Ein anderer Doktorand hat immer diese Chips programmiert, da kannte ich das noch gar nicht“, erzählt er. „Für meine Promotion hat er dann meinen Doktorhut dekoriert.“ Traditionell bekommen Absolventen zu ihrer Promotion einen selbst gebastelten Doktorhut geschenkt, den Kollegen mit persönlichen Gegenständen und Erinnerungen schmücken. „Er hat Rydberg-Atome aus LEDs auf meinen Hut geklebt. Das fand ich total cool und ich wollte wissen, wie er das gemacht hat.“

Zuvor hatte Singer lediglich mit dem Parallel Port eines Computers gearbeitet. Später nutzte er den MC68332 von Motorola, der damals vor allem in der Automobilindustrie üblich war, um elektromagnetische Pulse zu timen. Während seiner PostDoc-Zeit, also einer Forschungsstelle nach seiner Promotion, in Ulm entwickelte er Steuerelemente aus Mikrochips. „Mit FPGAs haben wir unsere eigene Chip-Entwicklung gemacht“, also einem Field-Programmable Gate Array [1]. Das ist ein programmierbarer, integrierter Schaltkreis, der zwar sehr flexibel, jedoch auch komplex ist. „Damit haben wir Elektroden und Pulse geschaltet und einen Ionenfallen-Quantencomputer gesteuert“, sagt er.

### Wochenendprojekt Raspi Pico

Bis heute bastelt der Professor noch gern selbst. „Für Ihren Besuch habe ich ein altes Projekt wieder ausgegraben“, erzählt er, während er diverse Gerätschaften auf den Tisch der Kaffeeküche hievt: ein Notebook, einen Raspberry Pi Pico 2 und ein Oszilloskop, also ein Gerät, das elektrische Signale sichtbar macht (siehe Aufmacherbild). Das Projekt habe er vor einigen Jahren einem Doktoranden gegeben, der hätte es aber nie abgeschlossen. Kurzentschlossen habe er es nun selbst am Wochenende umgesetzt.

Der Raspi Pico nutzt PIOs (Programmable Input Output), um die I/O-

Pins individuell zu steuern. „Das macht den Pico sehr flexibel. Den Assemblercode hab ich tatsächlich mithilfe eines heise-Artikels programmiert.“ [2] Das System erreiche eine Zeitauflösung von 2,5 Nanosekunden bei 28 Kanälen und 64 Nanosekunden Reaktionszeit. Das ist relevant, um schnelle Prozesse, wie die Anregung von Elektronen, zu steuern und auf Messergebnisse zu reagieren, etwa um Fehler zu korrigieren. „Der Chip ist fantastisch. Ich glaube, mit dem werde ich fast alle meine Experimente upgraden.“

Um den Tisch verteilt sitzen drei Doktoranden von Kilian Singer, die ihrem Chef beim Basteln zusehen. Einer davon ist Moritz Göb. Er hatte vor dem Studium keine Erfahrung mit Elektronik, wie die meisten Physiker. „Anfangs habe ich mich sehr überfordert gefühlt. Ich habe viel gezweifelt und mich gefragt: Mach’ ich das richtig?“, erzählt Göb. Zur Einführung gab ihm ein erfahrener Kollege einen Elektronik-Crashkurs. „Wir haben einen Nachmittag nebeneinander gesessen und gleichzeitig die gleiche Schaltung gelötet. Danach war mein Training beendet.“ Mittlerweile lötet er zu Hause seine eigenen Gitarren-Effektgeräte zusammen. „Ich habe auch einmal die Lampe meiner Oma repariert, da war ein Steuerelement kaputt. Früher hätte ich das nicht gekonnt“, sagt er.

### Kaufen oder basteln?

Ob Experimentalphysiker ihre Geräte kaufen oder selber bauen, hängt von diversen Faktoren ab. DIY-Lösungen sind günsti-



**Doktorand Moritz Göb prüft die Kabel an einem Steuerelement, das die Gruppe aus einem PIC32 gebaut hat.**



ger, was besonders relevant ist für Forschungsgruppen, denen weniger Finanzmittel zur Verfügung stehen. Gleichzeitig können auch unerfahrene Studenten problemlos damit arbeiten. „Wenn was schiefgeht, hat man ein paar Euro verloren, keine Tausende“, sagt Singer. Am Ende sind die Produkte maßgeschneidert und erledigen genau die Aufgabe, die man lösen wollte. Manchmal führen solche Projekte sogar zu Ausgründungen. „Ein ehemaliger Kollege von mir hat das Unternehmen Swabi an Instruments mitgegründet. Die Geräte, die er heute kommerziell vertreibt, haben mit genau solchen Bastelprojekten an der Uni begonnen“, sagt er.

Ausgründungen, aber auch Karrierewechsel, befristete Verträge oder schlichtweg das Ende einer Ausbildung sind Gründe, warum Studenten und Forscher eine Arbeitsgruppe üblicherweise nach wenigen Jahren verlassen. Für DIY-Projekte kann das fatale Folgen haben. „Wir hatten einen Mitarbeiter, der eine Experimentsteuerung aus einem FPGA gebaut hat“, sagt der Professor. „Die hat super funktioniert, aber nach seiner Promotion hat er die Gruppe verlassen. Wenn man da jetzt was ändern will, muss man sich erst mühselig einarbeiten und dafür hat niemand Zeit.“

Heute würden Studenten aber immer weniger Elektronik-Erfahrung mitbringen. Die heutige Technologie erfordere solche Fähigkeiten nicht mehr, meint Singer. „Es gibt ja schon alles. Warum sollte ich eine Taschenrechner-App programmieren, wenn ich mir in wenigen Sekunden eine herunterladen kann, die hundertmal schöner und besser ist als alles, was ich machen könnte?“ In der Forschung sei das nicht anders. „Früher haben wir Diodenlaser noch selbst gebaut. Heute ist es billiger und es geht schneller, den fertigen Laser zu kaufen“, sagt der Experimentator.

### Ein Motor aus einem Atom

Solche Laser stehen auch im nächsten Labor der Arbeitsgruppe, im Keller. Am Ende eines langen, nackten Betontunnels erreichen wir eine schwere Brandschutztür. Diese führt zu einer kleinen Schleuse: erst die eine Tür schließen, dann die zweite Tür öffnen, um den Laser nicht durch Druckwellen zu stören. Auch in diesem Raum stehen mehrere schwere Labortische. Schwarze Rollos, wie es sie auch im Baumarkt zu kaufen gibt, verdunkeln die Experimente, die darauf stehen. In diesem



**Kreatives Recycling: Aus einer alten Verpackung wird die Verkleidung eines Steuerelements auf Basis eines PIC32.**

Labor steht die kleinste Wärmekraftmaschine der Welt.

Der Stirlingmotor ist, nach der Dampfmaschine, die zweitälteste Wärmekraftmaschine. Sie wandelt Wärme in mechanische Energie um, indem sie Gas mithilfe eines Kolbens zwischen mehreren Kammern hin- und herschiebt: Eine Kammer kühlt das Gas ab und komprimiert es, die andere erhitzt es, wobei sich das Gas ausdehnt. 2016 konstruierte Kilian Singer gemeinsam mit Kollegen einen Stirlingmotor aus nur einem Atom, ihre Ergebnisse veröffentlichten sie im renommierten Fachmagazin „Science“. Sie fing das geladene Teilchen, das Ion, in einer Falle aus vier kegelförmig zulaufenden Elektroden, worin es hin und her wackelte und dabei Arbeit verrichtete.

Die erste Version der Falle baute Singer aus handelsüblichen Injektionsnadeln. Solch kreative Lösungen sind in der Experimentalphysik nicht unüblich. Um den Strahl eines Lasers zu zerstreuen, nutzen Physiker einfaches Butterbrot Papier. Verkleidungen für selbstgebaute Steuerelemente verstauen sie in übrig gebliebenen Pappschachteln. „Ich habe Laser-Shutter aus einer alten Lautsprechermembran gebastelt“, sagt Doktorand Moritz Göb. „Wenn sie nach vorn schwingt, blockiert ein Fähnchen den Laserstrahl. Zieht sie sich zurück, ist der Laser frei.“ Auch sein Kollege Stefan Aull hat schon solche Tricks benutzt. „Um eine temperaturstabile Zelle zu isolieren, habe ich Fußbodenkork benutzt, den ein Kollege von seiner Renovierung übrig hatte“, sagt er.

### Das Master-Kontroll-Programm

Selbstgebastelt ist bei der Wärmekraftmaschine insbesondere die Kontrollsoftware. Master-Kontroll-Programm nennt Singer es, nach dem despotischen Herrscher der Computerwelt im Film „Tron“. Seinen Anfang nahm das Programm 2005, als der damalige Nachwuchsforscher anderen Gruppenmitgliedern die Software zur Experimentsteuerung schrieb. „Immer, wenn das Programm hängen geblieben ist, musste ich es reparieren. Deshalb wollte ich ein Programm schreiben, das so einfach ist, dass niemand etwas falsch machen kann“, sagt er. Das Programm benutzt er noch heute, ebenso wie seine ehemaligen Kollegen und Kooperationspartner von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB). Noch ist der Quellcode unter Verschluss, aber in Zukunft möchte die Gruppe auf Open Source umstellen. „Das ist in der Forschung die beste Lösung, wenn wir wollen, dass die Software gepflegt und weiterentwickelt wird. Denn unsere Doktoranden verlassen die Gruppe ja irgendwann.“

Das Programm hat eine grafische Bedienoberfläche, zu der Nutzer gewünschte Funktionalitäten einfach hinzufügen können: Eine Funktion ist ein Button, ein Array ein Bild, eine Boolesche Variable eine Checkbox. Das Programm speichert alle Parameter und garantiert so, dass die Experimente reproduzierbar sind. „Die Position eines Drehkopfs konnte man früher leicht vergessen oder falsch notieren. Das kann mit dem Programm nicht passieren“, sagt der Forscher. Außerdem





Bild: Tron (1982), Regie: Steven Lisberger, Disney Studios

**Das Master-Kontroll-Programm ist der Haupt-Antagonist aus dem Science-Fiction-Film Tron (1982).**

könnten Wissenschaftler das Experiment so von zu Hause aus steuern, was besonders in der Pandemie sehr hilfreich gewesen sei.

**Fehlende Programmiergrundlagen in der Physik**

Notwendig ist die intuitive Bedienung der Software, weil es im Physikstudium häufig keine verpflichtenden Programmierkurse gibt. Deshalb vermeidet Singer in seinem Code fortgeschrittene Methoden, wie Polymorphismen oder Vererbung. „Wenn da steht: laser.set('on') versteht jeder, was passiert“, sagt er. Ein bis zwei Wochen hätten Studenten, um sich in das Programm einzuarbeiten. Danach sollten sie in der Lage sein, das Programm selbstständig an ihre Bedürfnisse anzupassen.

Unter den fehlenden Programmierkursen leiden vor allem die Studenten. „Der ProgrammierEinstieg war die Hölle“, erinnert sich Promotionsstudent Stefan Aull. Er besuchte in der Schule den Informatikunterricht und lernte während seines Bachelorstudiums in Jena das Programmieren in freiwilligen Nebenfächern. „Programmierung ist eine der Sprachen der Physik. Es ist schlimm, dass diese Grundlagen im Studium fehlen“, sagt er. Viele lernten es deshalb nach dem Prinzip „learning by doing“. Das Ergebnis sei in vielen Fällen schlampiger Code. „Physiker bauen alles hemdsärmelig zusammen, das ist furchtbar.“

Kilian Singer hat sich Programmieren als Kind selbst beigebracht. „Meine alten 8-Bit-Computer, C64 oder Amstrad-CPC

464, haben ohne Programmierung gar nichts gemacht“, sagt er. „Ich konnte damals nicht einmal Englisch. Da stand ‚run‘ und dann kamen da so Runen auf dem Bildschirm, so habe ich mir das gemerkt.“ Als Kind verbrachte er ein Jahr damit, ein Programm zu schreiben, das Musik komprimiert, lieh sich dafür Programmier- und Mathematikbücher über die Fernleihe aus. „Ich dachte damals, ich wäre der Erste, der so etwas versucht hat. Am Ende klang es wie ein Orgelkonzert.“ Die Transformation hatte die zeitliche Struktur kaputt gemacht. Trotzdem habe er dabei viel gelernt. „Manche Sachen muss man langsam erlernen. Dazu gehören auch Rückschrit-

te. Man lernt nicht von heute auf morgen Programmieren oder Quantenphysik“, sagt er.

In dem Prozess habe er Strategien zur Problemlösung gelernt, die heute für ihn als Wissenschaftler wertvoll seien. „Durchhaltevermögen ist ein ganz großer Lehrmeister. Ich hatte mich als Kind daran gewöhnt, dass erst einmal nichts funktionierte. Aber irgendwann hat man den Dreh raus und das ist ein großartiges Glücksgefühl“, sagt er. „Und so ist es auch in der Forschung. Es sind die harten Probleme, die es wert sind, gelöst zu werden. Wären sie einfach, hätte sie schon längst jemand anders gelöst.“ Auch außerhalb der Forschung sind diese Fähigkeiten wertvoll, schließlich verfolgt nur ein kleiner Teil der Physik-Studierenden nach ihrem Abschluss eine Karriere in der Forschung. Programmier- und Elektronikkenntnisse sind zweifelsfrei ein Vorteil für Industriebjobs. Vielleicht ist es aber gerade die Mischung aus Kreativität, Durchhaltevermögen und der Fähigkeit, sich selbstständig neues Wissen anzueignen, die Physiker zu den universellen Problemlösern macht, als die sie so oft geschätzt werden. (spa@ct.de) **ct**

**Literatur**

- [1] Michael Linsenmeier, FPGA für Maker, Make Magazin 7/2024, S. 16
- [2] Michael Stal, I/O on Steroids – PIO, die programmierbare Ein-/Ausgabe des Raspberry Pi Pico, Heise Developer

**Weitere Infos zur Forschungsgruppe:**  
[ct.de/ykhv](http://ct.de/ykhv)



**Doktorand Moritz Göb bedient das Master-Kontroll-Programm und entwickelt es als Teil seiner Forschung weiter.**

# WILLKOMMEN IM NEUEN IOT-ÖKOSYSTEM

Mit LoRaWAN und C-Programmierung  
über lange Distanzen messen und steuern



Heft +  
LoRaWAN-  
Set

Im Make Special LoRaWAN führen Sie 15 Artikel Schritt für Schritt in die Hardware, LoRaWAN, The Things Network und ihre Programmierung ein. Es wird Schritt-für-Schritt erklärt, wie Sie aus den mitgelieferten LoRaWAN- und Sensormodulen einen Umweltsensorknoten entwickeln und noch vieles mehr.

## DARUM GEHT'S:

- ▶ Einstieg in STM-Mikrocontroller
- ▶ Programmieren mit der STM32CubeIDE
- ▶ Spannungen, Temperatur und Luftfeuchte messen
- ▶ Mit LoRaWAN senden und empfangen
- ▶ Daten im The Things Networks verarbeiten
- ▶ Werte mit TagUI visualisieren
- ▶ Refresher: Programmieren in C

Make Special LoRaWAN inkl. Experimentierset für 64,90 €



[shop.heise.de/make-lorawan24](https://shop.heise.de/make-lorawan24)

JETZT  
BESTELLEN!







# Grafik-Downgrade

## Röhren-Unschärfe-Filter für authentischen Pixellook bei Retrospielen

2D-Pixelgrafik der 80er- und 90er-Jahre versprüht auch heute noch ihren Charme, doch sie war nie dafür gedacht, gestochen scharf auf einem 4K-Flachbildfernseher gezeigt zu werden. Dank diverser Displayfilter erstrahlen Spiele wie früher auf einem Röhrenfernseher.

Von Dennis Schirmmacher

Aktuelle 3D-Spiele wirken auf modernen Fernsehern mit 4K-Auflösung äußerst beeindruckend. Auch wer ein Retrospiel wie „Super Mario World“ vom Super Nintendo Entertainment System (SNES) per Emulator spielt, bekommt ein scharfes Bild serviert, doch die simple Pixelgrafik wirkt deplatziert. Klar, die 2D-Pixeloptik ist von Natur aus klotzig, das Problem ist aber die knackscharfe Darstellung auf einem Flachbildfernseher, die es früher bei Röhrenmonito-

ren und Fernsehern nicht gab und somit bei der Gestaltung der Spiele nicht berücksichtigt wurde. Dadurch wirkt das Bild unnatür-

lich und nicht so, wie man es von früher in Erinnerung hat.

Ein Kathodenstrahlröhrenbildschirm (Cathode Ray Tube, CRT) erzeugt Bilder

gänzlich anders als Flachbild-TVs und hat nicht zuletzt eine deutlich geringere Auflösung als 4K-Fernseher. Auch die analoge Videosignalübertragung etwa via Composite-Kabel spielt dem CRT-Look zu.

Frisch aus  
**c't Nerdistan**



Die Kombination dieser Faktoren erzeugt eine typische Unschärfe. Das ist bei Retrospielen vorteilhaft, denn es kaschiert die harten Kanten einzelner Pixel und lässt sie miteinander verschmelzen, was in einer harmonischeren Visualisierung endet (siehe Vergleichsbild unten).

Entwickler haben diese Limitierungen sogar bewusst benutzt, um etwa Transparenzeffekte vorzutauschen: Erst durch das Verschwimmen einzelner Bildpunkte wirkt etwa ein Wasserfall in „Sonic the Hedgehog“ transparent. Das Verschmelzen einzelner bunter Pixel kann auch eine höhere Farbtiefe suggerieren. Diesen Effekt nennt man Dithering. Davon profitiert unter anderem die Darstellung von NES-Spielen, denen technisch bedingt nur eine Palette aus 56 Farben zur Verfügung steht. Die Grafik wirkt dadurch detaillierter und nicht so flach wie auf einem modernen, knackscharfen Fernseher.

Diese Eigenheiten von CRT-TV's kann man mit Filtern und Shadern auf Flachbildfernsehern nachstellen. Das funktioniert bereits mit einem vergleichsweise günstigen Raspberry Pi 4 und der kostenlosen Emulatorsoftware RetroArch. Darüber hinaus haben wir uns die Displayfilter vom MiSTer-Projekt [1], das Retrospiele auf FPGA-Basis via Hardware emuliert, dem FPGA-Handheld Analogue Pocket [2] und dem Luxus-Videoscaler Retrotink 4K [3] angeschaut.

Die Filter zu installieren und zu aktivieren, ist keine Raketenwissenschaft. Mit den richtigen Einstellungen rekonstruieren Sie Ihre Kindheitserinnerungen originalgetreu.

### CRT-Hintergründe

Der typische Look von CRT-Fernsehern basiert auf mehreren Faktoren: Charakteristisch ist vor allem, dass sie Frames zeilenweise mit Halbbildern (Interlaced) und nicht wie Flachbildfernseher mittels Vollbildern (Progressive) aufbauen. Bei Röhren zeichnet ein Elektronenstrahl das Bild Zeile für Zeile auf den Schirm. Zusätzlich spielt die Lochmaske eine wichtige Rolle für die CRT-Ästhetik. Dabei handelt es sich um ein dünnes Gitter, das den gesamten sichtbaren Bereich abdeckt. Damit Bildpunkte in der jeweils korrekten Farbe leuchten, lenken die Löcher im Gitter die Elektronenstrahlen für die Grundfarben Rot, Grün und Blau (RGB).

Da Flachbild-TV's Bilder progressiv darstellen, muss der Interlaced-Eindruck

simuliert werden. Das gelingt über Scanlinefilter. Solche Filter fügen nach jeder sichtbaren Zeile eine schwarze ein, im Wechsel für gerade und ungerade Zeilen. Über verschiedene Parameter kann man etwa beim Retrotink 4K unter anderem die Dicke der Scanlines anpassen.

Flachbildfernseher haben keine Lochmaske, aber auch dieses Merkmal kann man über Displayfilter nachstellen. Damit das auf Subpixelbasis überzeugend gelingt und der feine Gittereffekt realistisch erscheint, muss der Filter mit 4K-Auflösung berechnet werden.

Doch Scanline- und Lochmaskenfilter schlucken viel Leuchtkraft, sodass das Bild erst mit einer High-Dynamic-Range-Ausgabe (HDR) mit gesteigerter Helligkeit angenehm anzuschauen ist. In der Regel können alle modernen 4K-TV's HDR-Inhalte darstellen, doch am beeindruckendsten wirken die Filter auf einem OLED-TV mit 4K-Auflösung und HDR.

### RetroArch

Um den unverwechselbaren CRT-Look zu bekommen, gibt es je nach Gerät mehrere Möglichkeiten: Im Folgenden demonstrieren wir das Einrichten und Aktivieren von

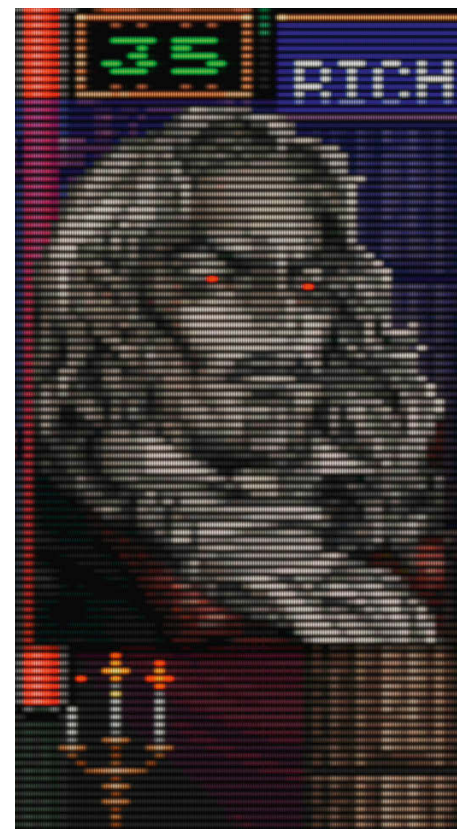
### c't kompakt

- Klassische 2D-Pixelgrafik sieht auf 4K-TV's deplatziert aus.
- Verschiedene Displayfilter simulieren den Look eines Röhrenfernsehers.
- Solche Filter gibt es in der Emulatorsoftware RetroArch, dem Analogue Pocket, dem MiSTer-Projekt und dem Videoscaler Retrotink 4K.

Displayfiltern stellvertretend mit einem Windows-PC mit der Emulationssoftware RetroArch. Das klappt auch unter Linux und macOS.

Die Darstellung von Scanlines und Lochmasken in RetroArch basiert auf mehreren übereinander gelegten Shadern. Alternativ kann man zusätzliche Filter einschalten, die die analoge Videoübertragung über etwa S-Video-Kabel simulieren.

Vor allem in 4K fordern aufwendige Filter wie „CRT-Royale“ die Grafikkarte aber immens. Damit ist etwa ein Raspberry Pi 4 überfordert, simple Scanlinefilter schafft er aber. Steht genügend Leis-



Moderne Flachbildfernseher bilden 2D-Pixelgrafik zu akkurat ab und die Darstellung wirkt sehr kantig (links). Mit CRT-Displayfiltern verschwimmt die Abbildung und sie wirkt harmonischer und sogar detaillierter (rechts).



Ohne Displayfilter erstrahlt der Game-Boy-Klassiker „Tetris“ in Schwarz/Weiß (links). Das sieht falsch aus! Erst mit dem richtigen Filter wirkt die Darstellung originalgetreu (rechts).

tung zur Verfügung, bilden einige Filter wie MBZ\_O\_SMOTTH-ADV\_GDV-NTSC sogar den Rahmen von CRT-Bildschirmen ab, auf denen sich der Bildinhalt spiegelt. Das sieht ziemlich beeindruckend aus (siehe Screenshot S. 134). Einige Effekte simulieren obendrein die Wölbung einer Bildröhre. In unseren Versuchen stemmte das eine GeForce RTX 2070 problemlos.

Standardmäßig bringt RetroArch einige Filter und Shader mit. Um diese auf den aktuellen Stand zu bringen, wählen Sie in den RetroArch-Optionen unter „Main Menu/Online Updater“ den Punkt „Update Slang Shaders“ aus. Besonders

gut hat uns das optionale Preset-Paket „CyberLab CRT-Royale Death To Pixels Shader“ gefallen (Download siehe [ct.de/yyfp](http://ct.de/yyfp)), das aber erst an einem 4K-TV mit HDR zur Höchstform aufläuft.

Diese Filter sehen fantastisch aus und laufen sogar auf einem Raspi 4. Nach dem Herunterladen müssen Sie lediglich die Dateien aus den Ordnern „filter“ und „shaders“ in die gleichnamigen Ordner im Installationspfad von RetroArch kopieren.

Für eine optimale Darstellung müssen Sie die Videoeinstellungen von RetroArch anpassen: Starten Sie dafür die Emulationssoftware und rufen Sie das Quick-

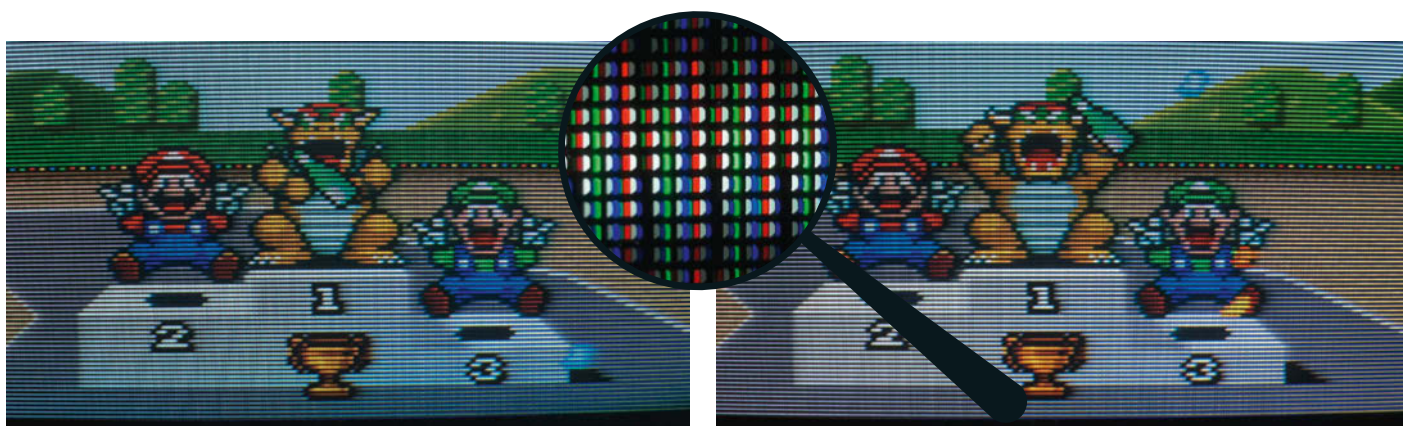
menü über die F1-Taste auf. Unter Settings/Video/Scaling stellen Sie sicher, dass die Option „Integer Scale“ deaktiviert ist. „Aspect Ratio“ stellen Sie auf „4:3“ und „Crop Overscan“ muss ebenfalls deaktiviert sein. Als Videotreiber haben wir mit „vulkan“ die besten Erfahrungen gemacht. Für eine brillantere Darstellung sollten Sie in den Einstellungen unter Video HDR aktivieren. Erscheint die Darstellung ausgewaschen oder zu dunkel, können Sie im HDR-Menü von RetroArch unter anderem die maximale Leuchtkraft Ihres HDR-Fernsehers eintragen.

Stimmen die Einstellungen, starten Sie einen beliebigen Retrotitel und rufen das Quickmenü erneut auf. Unter „Shaders/Load Preset“ finden Sie die Profile. Ein Klick reicht aus, um einen Displayfilter zu aktivieren. Die Filter zum Simulieren der Signalqualität verschiedener analoger Videokabel finden sich unter „Setting/Video/Video Filter“. Die Kombination von Shader plus Video Filter erzeugt eine äußerst authentische CRT-Darstellung, die Sie durch die verschiedenen Presets und Einstellmöglichkeiten dem eigenen Geschmack anpassen können.

Praktisch: Im Quickmenü können Sie unter „Overrides“ Shader/Filter-Kombinationen für einzelne Titel speichern, so dass etwa „Super Mario World“ mit einem anderen Filter als „Sonic the Hedgehog“ dargestellt wird.

### Analogue Pocket

Auf dem Handheld Analogue Pocket muss die aktuelle Firmware laufen. Denn erst seit der Ausgabe 2.0 sind die Displayfilter auch für die openFPGA-Cores verfügbar, die Sicherheitskopien von ROMs von einer



Dank seiner 4K-Auflösung kann der Videoscaler Retrotink 4K Lochmasken von CRT-Fernsehern äußerst überzeugend simulieren. Links sehen Sie „Super Mario Kart“ auf dem Sony-CRT PVM-20L5 und rechts das bis zur Lochmaske nahezu identische PVM-20L5-Profil des Retrotink 4K.





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

Jetzt 5 × c't lesen

für 20,25 €  
statt 27,25 €\*

\* im Vergleich zum Standard-Abo

30%  
Rabatt!



## c't MINIABO DIGITAL AUF EINEN BLICK:

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

Jetzt bestellen:  
[ct.de/nerdwissen](https://ct.de/nerdwissen)





SD-Karte abspielen. Ohne diese Firmware funktionieren die Filter nur mit Original-Spielmodulen.

Ist die Firmware aktuell, müssen Sie lediglich das Overlaymenü über die Taste mit dem Analogue-Logo aufrufen und unter „Core Settings/Display Mode“ den gewünschten Filter auswählen. Dort gibt es unter anderem Displayfilter für bestimmte Handhelds wie Nintendos Game Boy und Segas Game Gear. Etwa mit dem „Original GB DMG“-Filter erstrahlt der Bildschirm im charakteristischen monochromen Grün/Grau und mit der typischen Pixelstruktur des Original-Game-Boys aus den 90ern.

Weil der Bildschirm des Analogue Pocket mit 1600×1440 Bildpunkten exakt die zehnfache Auflösung des Game Boys hat und so eine pixelperfekte Skalierung ermöglicht, fällt die Abbildung im Zusammenspiel mit der grünlich-monochromen Darstellung ungemein überzeugend aus. Man fühlt sich direkt in die Kindheit zurückversetzt.

### MiSTer

Um via FPGA emulierte Spiele authentischer erscheinen zu lassen, drücken Sie während eines laufenden Games die Taste F12, um das MiSTer-Menü aufzurufen. Drücken Sie dann auf dem Gamepad einmal nach rechts und öffnen „Video processing“. Dort finden sich verschiedene Scanline- und Shadow-Mask-Filter (Lochmaske). Diese erzeugen einen sehr authentischen CRT-Look. Auf Wunsch können Sie

in der Konfigurationsdatei MiSTer.ini die Bildausgabe in HDR aktivieren (`hdr=1`), sodass die Darstellung mit Scanlines und Lochmaske nicht zu dunkel ausfällt.

Zusätzlich gibt es noch Interpolationsfilter, um die Darstellung weicher und unschärfer erscheinen zu lassen. Außerdem kann man über eine Gammakorrektur die Helligkeit an die von Röhren-TVs annähern. Weil das FPGA-Board mit seinem HDMI-1.4-Ausgang maximal Full-HD-Auflösung liefern kann, fällt aber vor allem die Lochmaskensimulation nicht hundertprozentig überzeugend aus.

### Retrotink 4K

Dank der 4K-Bildausgabe in HDR trumpft der professionelle Videoscaler Retrotink 4K mit einer nahezu perfekten Abbildung von Lochmasken verschiedener Röhrenfernseher auf. Die Community hat dafür bereits Vorlagen erstellt, die man lediglich durch einen Klick aktivieren muss. Das Communitymitglied Kuro Houou hat sich die Mühe gemacht und neben der Lochmaske und den Scanlines auch die Farbdarstellung von beliebten Röhren-TVs wie dem Sony PVM-20L5 in Filtern nachgebildet. Dafür hat er eigenen Angaben zufolge mit einem Colorimeter die Originalgeräte gemessen. Die Bildqualität ist phänomenal und kaum vom Original zu unterscheiden (siehe Vergleichsbild auf S. 132).

Wie bei den RetroArch-Displayfiltern gibt es auch Filter, die Composite- oder S-Video-Signale simulieren. Obendrein können Sie unter anderem noch Einstel-



**Mit genügend GPU-Power berechnen einige Shader in RetroArch sogar Spielgelungen im Rahmen des Bildschirms und eine Wölbung der Bildröhre.**

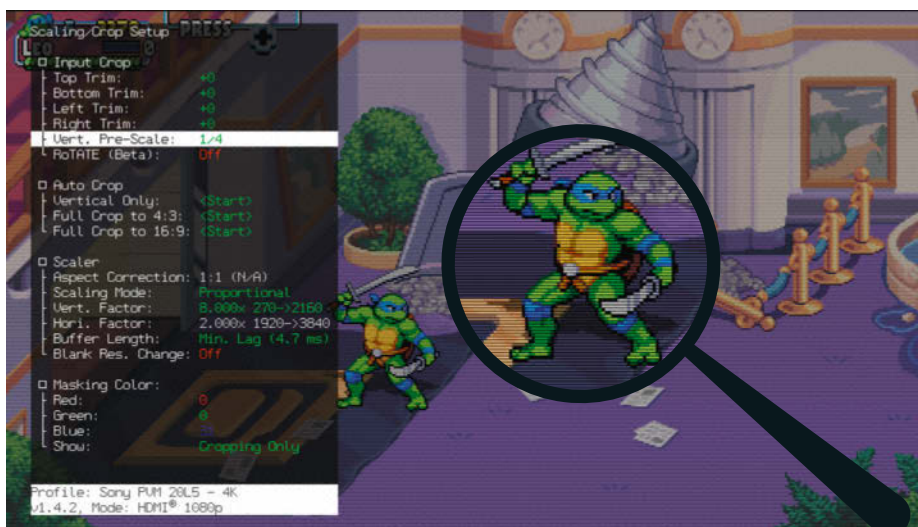
lungen für eine horizontale Unschärfe vornehmen und sogar das bei einigen CRT-Modellen typische Überstrahlen der RGB-Farbwerte (Color Bleed) simulieren. Natürlich sind auch Anpassungen der Gammakurve möglich. Wer möchte, kann die vorhandenen Presets mittels diverser Optionen dem eigenen Geschmack anpassen oder sogar eigene Filter erstellen und abspeichern. Weil dem Videoscaler eine dedizierte Grafikeinheit zum Berechnen von Shadern fehlt, sind jedoch keine rechenintensiven spiegelnden Displayrahmen wie bei RetroArch darstellbar.

### Fazit

Auf Flachbild-TVs wirkt die Abbildung von Retro-Pixelgrafik zu akkurat und flach – die Magie von früher geht verloren. Erst durch die Unzulänglichkeiten von CRT-TVs und analogen Videokabeln verschmelzen die Bildpunkte zu einem stimmigen Ganzen.

Dank der vorgestellten Filter und Einstellungsmöglichkeiten kann man das Spielerlebnis aus der Kindheit originalgetreu aufleben lassen. Am Ende ist es natürlich eine Geschmacksfrage und einige mögen den extrem sauberen Pixellook auf modernen Fernsehern, während andere die CRT-Ästhetik bevorzugen.

(des@ct.de) 



**Das Spiel „Teenage Mutant Ninja Turtles: Shredder’s Revenge“ aus 2022 läuft in 1080p. Weil die Grafikkassetts in 270p angelegt sind, kann der Videoscaler Retrotink 4K die Grafik sauber herunterrechnen (PreScale mit dem Faktor 1/4), sodass die Darstellung mit Scanlines ungemein authentisch erscheint.**

### Literatur

- [1] Dennis Schirmmacher, Konsolen-Kloner, FPGA-Projekt MiSTer mit Retro-Videospielen ausprobiert und optimiert, c’t 19/2023, S. 150
- [2] Kjell Norton, Game Boy aus der Zukunft, Mobile Spielkonsole Analogue Pocket getestet, c’t 7/2022, S. 124
- [3] Dennis Schirmmacher, Wunderschöne Pixel-Erinnerungen, Luxus-Videoscaler Retrotink 4K für Retro-Spielkonsolen, c’t 19/2024, S. 124

**Download RetroArch-Shader: [ct.de/yyfp](https://ct.de/yyfp)**



# DDUX

Konferenz für Digital Design und UX Professionals  
Dortmund • 25./26. Juni 2025

## Digital Design. Verbindet.

Ganzheitlich gut gestaltete digitale Produkte und Lösungen sind der Schlüssel für erfolgreiches Business. Das erfordert **spezifisches Know-how** und **neue Konzepte** der Zusammenarbeit von **Produktentwicklern**, **Technologieexpertinnen** und **UX Designern**.

Für unsere Konferenz suchen wir Vorträge und Workshops.  
**Jetzt Beitrag einreichen!**



Workshops am 27. Juni 2025

[www.dd-ux.de](http://www.dd-ux.de)

Veranstalter



MAIBORNWOLFF



Mit freundlicher Unterstützung der  
Wirtschaftsförderung der Stadt Dortmund



dpunkt.verlag

Kooperationspartner



GERMAN UPA  
Berufsverband der Deutschen Usability  
und User Experience Professionals



VERBAND  
DEUTSCHER  
INDUSTRIE  
DESIGNER



UNTERNEHMEN STÄRKEN  
NUTZENDE BEGEISTERN



# Die Konferenz für Enterprise-JavaScript

Mannheim • 7./8. Mai 2025



[enterjs.de](http://enterjs.de)

Veranstalter



dpunkt.verlag



Bild: Rudolf A. Bleha

# Aus dem Fenster in den Apfel

## Homebanking von Windows auf den Mac umziehen

**Nutzer einer Homebanking-Software auf dem Windows-PC zögern häufiger als andere, auf den Mac umzuziehen. Die Sorge vor dem Verlust langjährig gepflegter Datensammlungen ist groß. Unsere Anleitungen für gängige Programme helfen beim Systemwechsel.**

Von Markus Montz

**W**er gerne von Windows auf den Mac wechseln möchte, steht schnell vor der Frage, ob tatsächlich alle wichtigen Daten den Weg in macOS mitgehen. Im

Vorlauf unseres Schwerpunktes zu diesem Betriebssystemwechsel [1] hatten wir im c't-Club-Newsletter gefragt, was Sie vom Umstieg abhält. Darauf und im Nachgang teilten uns viele von Ihnen mit, dass sie der mögliche Verlust von Finanzdaten aus ihrer langjährig gepflegten Homebanking-Software vor solch einem Umzug zurückschrecken ließe.

Wir sind daher mit sieben Homebanking-Programmen für den Windows-Desktop testweise auf den Mac gewechselt. Gab es eine eigene Mac-Version, haben wir diese bevorzugt und ansonsten ein Windows in einem Virtualisierungstool auf dem Mac installiert. Das Ziel war dabei, möglichst alle Daten mitzunehmen. Das probierten wir mit dem Open-Source-Programm Hibiscus von Olaf Willuhn sowie mit ALF Banco, Banking4 von Subsembly,

dem Lexware Finanzmanager, Matricas Moneyplex, StarMoney von Star Finanz und Wisio Mein Geld von Buhl Data, samt deren durchweg verschlüsselten und durch Passwort gesicherten Nutzerdatenbanken.

Als Plattformen dienten uns zwei Notebooks mit Windows 11 beziehungsweise macOS 15.1.1. Letzteres war mit 24 GByte RAM sehr gut ausgestattet, der nicht mehr ganz aktuelle M2-Prozessor relativiert das Ganze wieder etwas. Mit 16 GByte RAM sollten Sie ebenfalls gut fahren, von 8 GByte raten wir auch aus anderen Gründen ohnehin ab. Die Datensicherungen in unserer Software enthielten mehrere Bankverbindungen, davon wies das Hauptkonto ungefähr zwei Jahre an Umsatzdaten mit über 2000 Einzelposten auf. Einem Teil davon hatten wir testweise Kategorien zugewiesen.



Unsere Verbindungen waren allesamt durch PIN/TAN-Verfahren abgesichert. Nicht getestet haben wir mangels Chipkarten gesonderte HBCI-Zugänge, zumal diese in den kommenden Jahren bei immer weniger Banken im Angebot sein dürften und der Sicherheitsvorsprung mittlerweile gering ist. Es spricht aber alles dafür, dass Sie auch diese problemlos mit auf den Mac nehmen können.

Der Mac erhielt außerdem das kostenlose Virtualisierungstool Universal Turing Machine (UTM) samt Windows 11 Pro, deren Installation wir im Schwerpunkt in c't 24/2024 erklärt haben [2]. Dem Windows in UTM wiesen wir 8GByte RAM und 64 GByte SSD-Platz zu. Das sollte auch für größere Datenbanken und weitere Software reichen. UTM braucht stets Zugang zum Internet: Installieren Sie aus dem einen der beiden virtuellen DVD-Laufwerke, die der Explorer in der virtuellen Windows-Installation anzeigt, die darin liegenden utm-guest-tools. Gegebenenfalls müssen Sie UTM unter macOS auf Anfrage noch Zugriffsrechte für das Netzwerk erteilen.

Um einen externen USB-Datenträger in einer laufenden UTM zu mounten, müssen Sie entsprechenden Anfragen von macOS und UTM zustimmen, wenn Sie diesen einstecken. Das können Sie über das USB-Stecker-Symbol oben rechts in UTM auch nachträglich tun. Unseren Adapter von USB-C auf USB-A am Mac mussten wir ebenfalls für UTM freigeben.

## Wir können auch Mac!

Hibiscus, Banking4 und Moneyplex bringen eigene Mac-Versionen mit. Starmoney gibt es zwar ebenfalls für den Mac, allerdings entwickelt Star Finanz seit Januar 2024 das größtenteils mit der Windows-Version gleichwertige Programm nicht mehr weiter und hat alle Abos gekündigt. Dazu später mehr.

Am einfachsten machte uns den Umzug Subsemblies **Banking4**, mit dem wir in der Version 8.6.4 arbeiteten. Erfreulicherweise können Sie Ihre Lizenz auf beliebig vielen Windows-PCs und Macs gleichzeitig einsetzen und müssen sie für den Mac nicht neu kaufen. Der „Datentresor“, in dem Banking4 seine Daten ablegt, ist zudem vollständig interoperabel. Man kann ihn also auf einem externen Datenträger, einem Netzlaufwerk oder in einer selbst gewählten Cloud ablegen und vom Windows-PC ebenso synchronisieren wie vom Mac.

Banking4 unterstützt Dropbox, Google Drive, OneDrive und WebDAV sowie die iCloud. Letztere können Sie mit dem Apple-Tool „iCloud“, das Sie im Microsoft-Store finden, auch am Windows-PC einbinden. Das war unser Mittel der Wahl. Wichtig: Greifen Sie nicht von zwei Installationen gleichzeitig auf denselben Datentresor zu. Das kann zu Synchronisationskonflikten führen. Ebenso sollte keine Synchronisation stattfinden, während Sie den Datentresor geöffnet haben.

Nachdem Sie Banking4 von der Subassembly-Homepage heruntergeladen (ct.de/yqu8), auf dem Mac installiert und freigeschaltet haben, starten Sie das Programm. Anstatt einen neuen Datentresor einzurichten, klicken Sie einfach auf „Datentresor“ und „Öffnen“ in der Menüleiste und navigieren zur iCloud oder einem beliebigen anderen Speicherort wie zum Beispiel einem USB-Stick, auf den Sie den Datentresor kopiert haben. Wenn Sie neue Sicherungspfade festlegen möchten, also die Banking4-Daten beispielsweise auf der Festplatte speichern wollen, wählen Sie „Importieren“ statt „Öffnen“.

Anschließend öffnen Sie den Datentresor vom Startbildschirm aus und finden Ihre Datenbank so vor, wie Sie diese kennen, inklusive Einstellungen, Wertpapierkursdaten und hinterlegter PINs. Alternativ können Sie auch ein Backup erstellen, kopieren und wieder einspielen, zum Beispiel über einen Stick.

Geringfügig mehr Aufwand erfordert der Umzug, wenn Sie Olaf Willuhns **Hibiscus** (getestete Version 2.10.23) mit der obligatorischen Java-Plattform Jameica (Version 2.10.4) als Homebanking-Software nutzen. Das kostenlose Open-Source-Programm legt bei jedem Programmende ein Backup an, das unter Windows standardmäßig im Verzeichnis C:\Benutzer\\.jameica liegt und das Sie lediglich in der neuesten Ver-

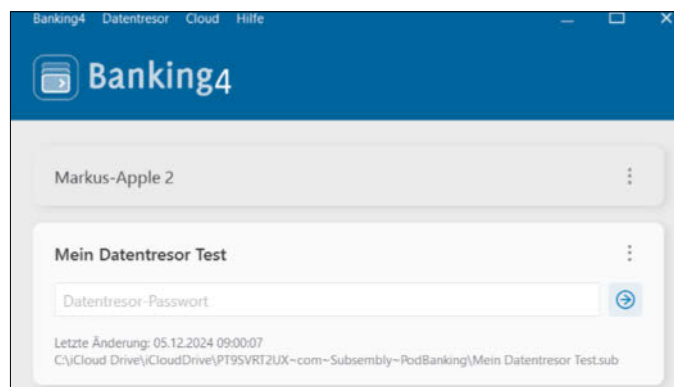
## ct kompakt

- Viele Windows-Nutzer haben bei einem Umzug auf den Mac Sorge um die Datenbestände ihrer Homebanking-Software.
- Unser Test belegt, dass solch ein Umzug grundsätzlich unproblematisch läuft.
- Auch Programme, die es nur für Windows gibt, funktionierten in der virtuellen Maschine auf dem Mac ohne Schwierigkeiten.

sion auf einen Datenträger Ihrer Wahl kopieren müssen. Grundsätzlich können Sie Hibiscus aber auch über eine Cloud oder ein Netzlaufwerk zwischen PC, Mac oder einem Linux-PC synchronisieren, mit denselben Einschränkungen wie bei Banking4. Hibiscus unterstützt außerdem SQL-Datenbanken, mit der Nutzer auch auf mehreren Rechnern parallel arbeiten können (ct.de/yqu8).

Die Installation von Jameica/Hibiscus auf dem Mac funktioniert am einfachsten mit dem Komplettpaket von Sebastian Richter, das auch Willuhn selbst empfiehlt (ct.de/yqu8). Für unser M2-Gerät wählten wir die Version für Silicon-Prozessoren ab M1, die 64-bit-Version lief aber ebenfalls. Beim Öffnen des Downloads meldet sich zunächst der Gatekeeper von macOS, weil Jameica weder aus dem App Store noch von einem identifizierten Entwickler stammt. Brechen Sie ab, klicken Sie in den Systemeinstellungen auf „Datenschutz und Sicherheit“, scrollen dort ganz nach unten zu „Sicherheit“ und erlauben Jameica die Installation.

Klicken Sie beim ersten Start in der Menüleiste auf „Datei / Backups verwalten“ und „Backups wiederherstellen“,



Über die iCloud können Sie Ihre Banking4-Daten einfach von den Macs ziehen.



**MacOS verweigert bei Moneyplex und Jameica die Installation, bis man sie per Systemeinstellung erlaubt.**

navigieren Sie zum Zip-Archiv auf Ihrem Datenträger und öffnen es. Hibiscus stellt nun die Datenbank auf dem Mac samt der Zugänge wieder her und legt per Default ein neues Backup-Verzeichnis unter `~/library/.jameica` an, das Sie nach Belieben anpassen können.

Etwas tüfteln mussten wir mit **Moneyplex** von Matrica, weil die Anleitung auf der Homepage in Teilen veraltet war ([ct.de/yqu8](http://ct.de/yqu8)). Dennoch lässt sich Moneyplex gut auf den Mac verlagern. Zunächst brauchen Sie eine Lizenz für den Mac, die Sie gegebenenfalls zusätzlich zu Ihrer Windows-Lizenz und für dieselbe Edition erwerben müssen. Laut Homepage können Sie auf Anfrage auch zeitlich begrenzte Testversionen erhalten, damit ließe sich der Umzug ausprobieren.

Unter Windows führen Sie zunächst ein Upgrade auf die Vorabversion von Moneyplex 25 durch (Beschreibung über [ct.de/yqu8](http://ct.de/yqu8)). Wir bekamen mit der frisch installierten Version 20 keine Verbindung zu den Bankenservern, auch auf dem Mac nicht, mit Version 25 lief es dann einwandfrei. Danach schließen Sie das Programm, hangeln sich im Datei-Explorer über Programme (`x86`)\Moneyplex zum letzten Backup durch und entpacken dieses auf einen Transfer-Datenträger. Den Ordner nennen Sie „mdata“. Nehmen Sie außerdem die Datei „settings.ini“ aus dem Moneyplex-Hauptverzeichnis mit; sie enthält die Einstellungen.

Auf dem Mac laden Sie Moneyplex von der Matrica-Homepage herunter ([ct.de/yqu8](http://ct.de/yqu8)) und müssen nun wie bei Jameica zunächst den Gatekeeper besänftigen. Anschließend bringen Sie das Programm auf die Vorabversion von Moneyplex 25. Starten Sie es neu und brechen den Assistenten

ab, sobald Sie eine Bankverbindung einrichten sollen. Beenden Sie Moneyplex, klicken im Finder auf „Gehe zu“ und „Gehe zu Ordner“, geben „~/library“ ein und bestätigen. Dort suchen Sie das Verzeichnis „moneyplex“ und kopieren den Ordner „mdata“ vom Stick hinein. Anschließend löschen Sie die Einstellungsdatei (`Mac64 Lokal*.ali`) im Verzeichnis „moneyplex“ und überschreiben die settings.ini mit Ihrer Datei. Beim nächsten Programmstart können Sie mit Ihren Daten nahtlos weiterarbeiten.

Wenn das Gefrickel mit Dateien und Pfaden Sie wegen seiner Fehlermöglichkeiten abschreckt, können die drei Programme auch in einer Windows-VM auf dem Mac laufen. Dort importieren Sie den Datenbestand mit den gewohnten Funktionen.

**Wir brauchen Maschinen!**

Entscheiden Sie sich für eine VM, wechseln Sie im Prinzip nur den Windows-Rechner. In der einfachen Variante erstellen Sie ein Backup Ihrer Banking-Daten und spielen dieses im Windows in UTM auf dem Mac wieder ein. Sie können aber auch in einem deutlich aufwendigeren Prozess Ihre vorhandene Windows-Installation in UTM umziehen; eine Anleitung dafür finden Sie unter [3].

**ALF Banco** in der aktuellen Version 9 bringt eigens eine Umzugsfunktion mit, die Daten und Einstellungen für die Bankzugänge portiert. Als Nutzer klicken Sie dazu im Programm auf dem bisherigen System auf „Datei“ und „Umzug auf neuen Rechner“. Wir haben die Daten direkt auf einen Stick kopiert.

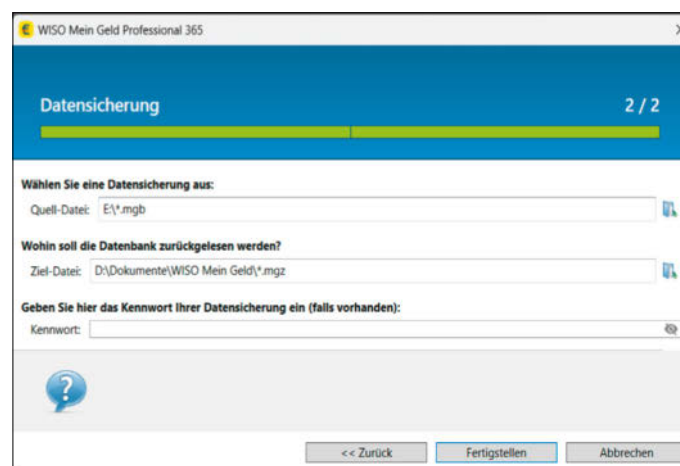
Anschließend installieren Sie ALF Banco (Download unter [ct.de/yqu8](http://ct.de/yqu8)) im virtualisierten Windows auf dem Mac. Nach dem ersten Programmstart registrieren Sie

sich und können Ihre Daten über den „Rechner-Umzug“ vom Stick wiederherstellen. Dazu klicken Sie auf die Zip-Datei, das Programm erledigt nach einer Abfrage der gewünschten Speicherverzeichnisse den Rest. Alternativ zum „Rechner-Umzug“ können Sie über die Datensicherung und -wiederherstellung gehen.

Falls der Import nicht klappt, lässt sich die Datenbank auch aus dem Zip-Archiv extrahieren. Das finden Sie unter `<Benutzername>\DB`. Die Datenbankdatei namens `hbdatt*.alfdb9` kopieren Sie in ein Verzeichnis Ihrer Wahl. Nach dem Start von ALF Banco legen Sie einen Benutzer „mit vorhandener Datenbank“ an und klicken sich zu der Datei durch.

Im **Lexware Finanzmanager 2025** erstellen Sie einfach über das Menü „Datei“ und „Datensicherung erstellen“ ein Backup, am besten gleich auf einem externen Datenträger oder Netzlaufwerk. Laden Sie den Finanzmanager in der Windows-VM herunter ([ct.de/yqu8](http://ct.de/yqu8)), installieren ihn und registrieren sich. Beim ersten Start fragt er, ob Sie Daten wiederherstellen möchten. Im nächsten Schritt wählen Sie das Backup und legen fest, welche Komponenten die Software in die neue Datenbank übernehmen soll. Alternativ können Sie sie auch selbst aus dem Speicherverzeichnis auf dem Windows-PC kopieren und in der VM wieder einspielen.

Ähnlich simpel gestaltet sich der Umzug mit **Wiso Mein Geld 365** in der Version 30.1.0.62. Buhl Data bringt den VM-Betrieb sogar von sich aus für Mac-User ins Spiel. Erstellen Sie in Ihrer ursprünglichen Windows-Installation unter „Datei / Datensicherung“ ein Backup auf einem externen Datenträger. Wenn Sie den Datentresor in die Sicherung einschließen, müssen Sie nicht einmal die Passwörter neu eingeben.



**Eine Datensicherung stellen Sie in der VM auf dem Mac genauso einfach wieder her wie auf dem Windows-PC.**

Anschließend installieren Sie Wiso Mein Geld über den Download unter [ct.de/yqu8](https://ct.de/yqu8) im virtualisierten Windows, schalten sich nach dem ersten Programmstart frei und gelangen dann in das Auswahlfenster für die Datenbanken. Über „Suchen“ klicken Sie sich zur mgb-Wiederherstellungsdatei auf dem externen Datenträger durch, öffnen diese und importieren sie in ein Verzeichnis Ihrer Wahl.

### StarMoney: Mac-App oder VM?

**StarMoney** (aktuell Version 14) stellt den Exoten in dieser Übersicht dar. Star Finanz hat die Vollversion für den Mac Anfang 2024 eingestellt und stattdessen eine stark reduzierte sogenannte StarMoney App für Mac herausgebracht ([ct.de/yqu8](https://ct.de/yqu8)). Sie ist auf grundsätzliche Banking-Aufgaben wie Überweisungen und Umsätze beschränkt. Man kann zwar Kategorien zuweisen, Auswertungen sind jedoch nicht möglich. Wertpapierdepots fehlen ganz.

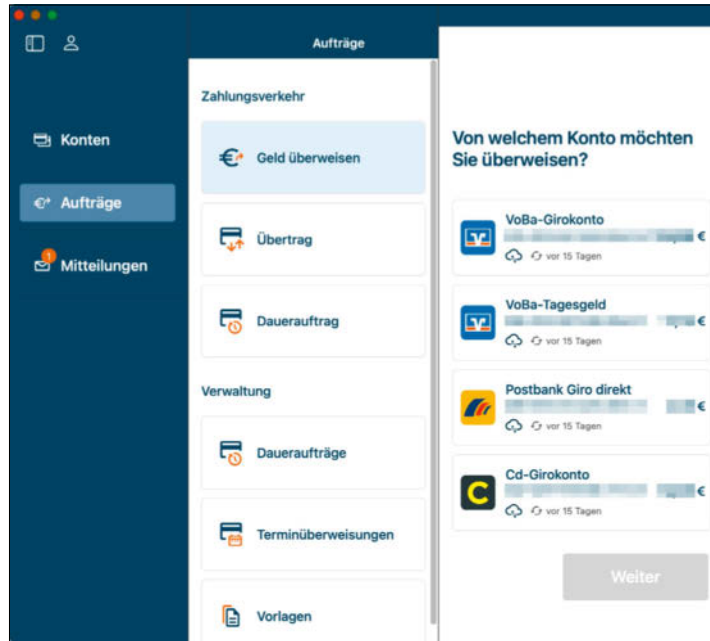
Wenn Sie das nicht stört, können Sie Ihre Umsätze samt Kategorien über die Cloud von Star Finanz synchronisieren. Es genügt, wenn Sie die dafür erforderliche „Star Money Flat“ für einen Monat buchen. Unter Windows stoßen Sie die Synchronisation unter „Einstellungen/Synchronisation“ an, auf dem Mac unter „StarMoney/Einstellungen/Synchronisation“.

Wer mehr will, muss zur virtuellen Maschine greifen. Star Finanz weist ebenfalls auf diese Option hin und nennt zwei Virtualisierungstools. Der Herausgeber schränkt allerdings ein, dass er seine Windows-Software grundsätzlich nicht in VM-Umgebungen testet und keine Garantie übernimmt, dass diese dort dauerhaft stabil läuft. Wir kamen mit einer Installation im UTM-Windows problemlos ans Ziel.

Unter Windows sichern Sie die Daten entweder unter „Einstellungen/Datenbanksicherung“ auf einem Datenträger und spielen diese im StarMoney-Startbildschirm wieder ein. Alternativ können Sie diese Sicherung auch schon auf dem Startbildschirm des Programms unter Windows erstellen. Möglichkeit drei: Sie kopieren Ihr Sicherungsverzeichnis. Das heißt standardmäßig `C:\ProgramData\StarMoney 14\profil`, wenn Sie keinen individuellen Ablageort festgelegt haben.

### Fazit

Die gute Nachricht: Alle Kandidaten haben bestanden. Einige erforderten mehr Aufwand, andere weniger. Am ele-



**StarMoney für den Mac gibt es nur noch in einer sehr abgespeckten Variante, die keine Budgets oder umfangreichen Auswertungen bietet.**

gantesten funktioniert es mit Banking4, Hibiscus und Moneyplex, die eine eigene Mac-Version mitbringen. Mit den beiden erstgenannten Programmen können Sie über ein Netzlaufwerk sogar von einem Windows-PC und Mac gleichermaßen auf Ihre Daten zugreifen, nur nicht gleichzeitig. Von der Mac-App StarMoney raten wir hingegen ab, sofern Sie sich nicht auf die Grundfunktionen des Onlinebankings beschränken wollen. Ansonsten eignet sich die Windows-Version in einer VM deutlich besser.

Denn der Betrieb in einer VM, in unserem Fall unter UTM, lief mit ALF Banco, dem Lexware Finanzmanager, StarMoney und Wiso Mein Geld durchweg reibungslos. Besitzern einer langjährig gepflegten Datenbank empfehlen wir trotz unserer

guten Erfahrungen, die Funktionsfähigkeit in der VM selbst zu testen. Die Lizenz haben Sie ja ohnehin. Zu den guten Nachrichten gehört außerdem, dass Sie in allen Varianten mit und ohne VM im Notfall auf einen Windows-PC zurückkehren können, wenn Ihnen der Betrieb dort doch lieber ist.

([mon@ct.de](mailto:mon@ct.de)) **ct**

### Literatur

- [1] Hartmut Gieselmann, Umzug ins Apfelhaus, Für wen ein Umzug auf macOS infrage kommt und was Sie beachten sollten, c't 24/2024, S. 52
- [2] Dušan Živadinović, Einfachverglasung, Windows 11 auf dem Mac virtualisieren, c't 24/2024, S. 66
- [3] Axel Vahldiek, Fliegender Wechsel, Windows-Umzug mit dem aktuellen WiMAGE, c't 16/2023, S. 124

**Downloads und Anleitungen:** [ct.de/yqu8](https://ct.de/yqu8)

## Export und Import

Wenn Sie von Windows auf den Mac wechseln, ist das eine gute Gelegenheit, auf eine andere Homebanking-Software umzusteigen. Das kann zum Beispiel interessant werden, wenn Sie eine nur für den Mac erhältliche Desktop-Software wie Money Money, Outbank oder Bank X reizt.

Das Problem ist, dass Sie Ihre Daten aus dem Homebanking-Programm unter Windows in ein Format exportieren müssen, das das neue Programm auf dem Mac oder auch unter Windows möglichst vollständig einlesen kann. Dafür existieren von CSV bis hin zum XML-basierten Stan-

dard „camt“ vielfältige Optionen. Dennoch müssen Sie damit rechnen, dass die neue Software die Daten anders liest als erwartet oder nicht alle Daten übernimmt.

Anfällig für Datenverlust sind vor allem selbst benannte Umsatzkategorien, mit denen man seine Ausgabenstruktur im Blick behält oder Budgets erstellt. Zudem unterstützt nicht jede Software jedes Format, sodass jedes Programmpaar etwas anders zusammenarbeitet. In einer kommenden c't-Ausgabe sehen wir uns diese Herausforderung exemplarisch etwas genauer an.



# Ersatz für Sparvorwahlen

## Festnetzkosten mit alternativen Telefonanbietern drücken

**Am 1. Januar 2025 werden die letzten Sparvorwahlen (Call by Call) abgeschaltet. Hohe Verbindungspreise bei Festnetzanschlüssen lassen sich aber auch mit günstigen VoIP-Tarifen ausdribbeln. Wir haben Praxistipps zur Konfiguration der Fritzbox und günstige Angebote fürs Festnetz zusammengetragen.**

Von Urs Mansmann

Nach über 25 Jahren ist zum 1. Januar 2025 Schluss mit Call by Call. Das Verfahren war denkbar simpel: Vor der Telefonnummer wählte man eine Sparvorwahl nach dem Format 010xy oder 0100xy und telefonierte damit über das Netz des gewählten Anbieters zu dessen Preisen. Wenn keine Anmeldung erforderlich war, erschienen die Gespräche auf der normalen Telefonrechnung. Das Ganze funktionierte allerdings nur an Telekom-Anschlüssen.

Wer zu bestimmten Anrufzielen hohe Minutenpreise zahlt, braucht nun Ersatz für Call by Call. Für Festnetzanschlüsse, nicht nur der Telekom, ist die komfortabelste und günstigste Lösung das Einrichten eines zusätzlichen VoIP-Accounts auf dem Router. Eine Fritzbox kann man mit wenigen Hand-

griffen darauf programmieren, dass sie bestimmte Anrufe automatisch über einen solchen VoIP-Account leitet.

Das Sparpotenzial ist dabei erheblich. Üblicherweise nehmen Breitbandanbieter knapp 20 Cent pro Minute für Anrufe in die Mobilfunknetze; in der Flatrate sind diese Telefonate nur bei wenigen Angeboten enthalten. Die günstigsten VoIP-Anbieter rufen dafür nur 3 bis 3,5 Cent pro Minute auf, in der Nebenzeit ist voip2gsm sogar noch günstiger. Ähnlich sieht es bei vielen Auslandszielen aus. Dabei gilt die Faustregel: Je exotischer das Land, desto größer das Preisgefälle.

Um einen zusätzlichen VoIP-Provider auf Ihrer Fritzbox einzurichten, müssen Sie ein günstiges Angebot finden. In der Tabelle auf Seite 141 haben wir einige Angebote sowie die Preise für Telefonate ins Festnetz, die Mobilfunknetze und die wichtigsten Länder zusammengetragen.

Wenn Sie sich für eines der Angebote entschieden haben, müssen Sie dort ein Benutzerkonto eröffnen und erhalten dann Zugangsdaten, also Benutzername, Passwort und die Adresse des SIP-Servers. SIP steht für Session Initiation Protocol und ist das Standardprotokoll für die Abwicklung von VoIP-Verbindungen. Mit den Zugangsdaten richten Sie den Dienst auf der Fritzbox ein. In manchen Fällen müssen Sie für eine Freischaltung der neuen Rufnummer bestimmte Nachweise vorlegen, etwa aktuelle Rechnungen Ihres

Energieversorgers oder Internetanbieters. Damit kommen die Anbieter vor allem Auflagen der Bundesnetzagentur zur Identitäts- und Adressprüfung nach.

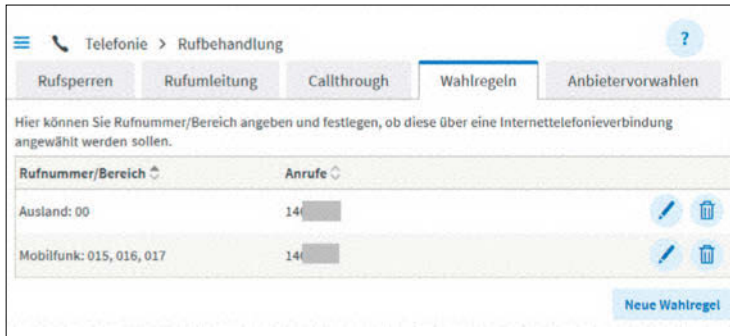
Sobald Sie das Konto angelegt haben, erhalten Sie die Zugangsdaten. Weil man sie auch an fremden Routern einrichten könnte und damit auf Ihre Kosten telefonieren kann, sollten Sie sie vor unbefugtem Zugriff gut schützen. Als Nächstes legen Sie mit diesen Daten in der Fritzbox eine zusätzliche Rufnummer an, den Menüpunkt finden Sie in der Bedienoberfläche unter „Telefonie/Eigene Rufnummern“. Klicken Sie dort auf „neue Rufnummer“.

In der nun erscheinenden Maske suchen Sie im Ausklappmenü zunächst Ihren VoIP-Anbieter. Taucht dieser nicht in der Liste auf, wählen Sie „anderer Anbieter“. Unter „Rufnummer für die Anmeldung“ und „Interne Rufnummer in der Fritz!Box“ tragen Sie die Rufnummer ein, die Sie vom Anbieter erhalten haben. Füllen Sie Benutzername, Authentifizierungsname und Passwort so aus, wie vom Anbieter angegeben. Falls Sie nur einen Benutzernamen bekommen haben, kann der Authentifizierungsname leer bleiben.

### VoIP-Zugang einrichten

Falls Sie zuvor „anderer Anbieter“ gewählt haben, müssen Sie zusätzlich die Adresse eingeben, über die der VoIP-Dienst zu erreichen ist. üblicherweise im Format sip.<registrar>.<tlld>. Der Registrar ist die Instanz, die Telefonnummern und Verbindungen des jeweiligen Anbieters verwaltet. Einträge für Proxy- und sogenannte STUN-Server können frei bleiben, wenn die Anleitung des VoIP-Anbieters keine Vorgaben hierfür enthält. Sobald Sie auf „Weiter“ klicken, wird der VoIP-Zugang in der Fritzbox hinterlegt. Lassen Sie den Haken bei „überprüfen“ stehen, dann wird direkt eine Testverbindung aufgebaut. Scheitert sie, müssen Sie zur vorigen Maske zurückkehren und Ihre Eingaben korrigieren. Sobald die Testverbindung erfolgreich war, können Sie Telefonate über das neu eingerichtete VoIP-Konto führen.

**Viele VoIP-Anbieter verlangen eine Verifizierung per Anruf, bevor sie eine bereits bestehende Rufnummer als Absenderrufnummer freigeben.**



**Auf der Fritzbox können Sie mit Wahlregeln festlegen, über welches SIP-Konto Anrufe zu bestimmten Zielen geführt werden.**

tion mit der Fritzbox funktioniert, in unserem Test liefen Telefonate darüber aber einwandfrei. Bei den anderen Anbietern war die Tonqualität zwar grundsätzlich in Ordnung, eine Audioübertragung per Uralt-Codec G.711 mit 3 kHz Audiobandbreite ist aber technisch sehr rückständig.

**Fazit**

Festnetzanbietern mit überhöhten Minutenpreisen für Anrufe in die Mobilfunknetze und ins Ausland kann man mit geringem einmaligen Aufwand und ohne Komfortverlust ein Schnippchen schlagen. Die Fritzbox lässt sich mit wenigen Handgriffen so konfigurieren, dass sie automatisch den günstigsten Weg für das jeweilige Anrufziel wählt. Sind VoIP-Konto und Wahlregeln erst einmal eingerichtet, muss der Anwender sich nicht umstellen und kann wie gewohnt per Tastatur, aus dem Telefonbuch oder per Kurzwahltaste wählen. (uma@ct.de) **ct**

**Günstige VoIP-Angebote (Auswahl)**

Anbieter	MDTel	NeXt Mobile	voip2gsm
Tarif	ClouFon	einfachVoIP Basic	VoIP
URL	cloufon.de	einfachvoip.de	voip2gsm.eu
Anrufpreise, Cent pro Minute Festnetz / Mobilfunknetz für ausgewählte Länder			
Deutschland	1,5 / 3,2	0,9 / 3,5	0,4 / 3 <sup>2</sup>
Australien	1,4 / 2,9	1,5 / 6	2,4 / 4,2
Belgien	2,8 / 2,8	9 / 5	7,2 <sup>1</sup> / 20 <sup>1</sup>
Dänemark	1,5 / 33	1 / 2	2 / 5,5 <sup>1</sup>
Frankreich	1,4 / 3,2	0,9 / 5	1,1 / 3,4
Großbritannien	1,89 / 7	1,5 / 3,6	1 / 1,8
Italien	0,99 / 12 <sup>1</sup>	1 / 9	1 <sup>1</sup> / 10 <sup>1</sup>
Niederlande	2 / 3,8	0,9 / 5	1,5 / 6 <sup>1</sup>
Österreich	2 / 2,8	3 / 5	1,5 / 4 <sup>1</sup>
Polen	1,2 / 1,8	2 / 14	1,6 / 2,9
Schweiz	2 / 24,9	2,5 / 59	3,9 / 9,8 <sup>1</sup>
Spanien	2 / 2,2	1 / 3,5	1,2 <sup>1</sup> / 3,4
Tschechien	1,9 / 3,8	1,94 / 8	1,8 / 3,2
Türkei	2,5 / 12,9	19 / 29	5 <sup>1</sup> / 30 <sup>1</sup>
USA <sup>3</sup>	0,99 / 0,99	2 / 19	1,8 / 1,8
Funktionen und Kosten			
Taktung erster Takt/Folgetakt	60/60 s	60/60 s	30/30 s
Preisansage optional	✓	✓	✓
HD Voice verfügb.	–	–	✓
eigene Festnetznummer anzeigen lassen	✓	✓	✓
Zahlungswweise	Prepaid	Prepaid	Prepaid
autom. Guthabenaufladung optional	–	✓	–
monatliche feste Kosten	–	0,99 € Mindestumsatz	–
<sup>1</sup> günstigere Preise für bestimmte Mobilfunknetze oder Regionen			
<sup>2</sup> günstigere Preise zu Nebenzeiten <sup>3</sup> ohne Alaska und Hawaii			

Ein VoIP-Konto ohne eigene Rufnummer lässt sich nur für ausgehende Anrufe nutzen, deswegen müssen Sie die Rufnummer in den Einstellungen der Fritzbox keinem Ihrer Telefone zuweisen. Sie müssen aber definieren, welche abgehenden Anrufe künftig über den neuen VoIP-Account abgewickelt werden sollen. Sind beispielsweise Telefonate ins Festnetz über Ihren Versorger kostenfrei, leiten Sie nur Telefonate in Mobilfunknetze über den zusätzlichen VoIP-Dienst. Das legen Sie unter Telefonie/Rufbehandlung fest. Dort finden Sie die Registerkarte „Wahlregeln“. Sie können an dieser Stelle vorgeben, für welche Vorwahlen Sie eine erstellen wollen. Einige häufig gebrauchte Gruppen sind dort bereits angelegt, beispielsweise Ferngespräche (Vorwahl: 0) Ausland (00) oder Mobilfunk (015, 016, 017).

Wenn Sie beispielsweise Mobilfunk- und Auslandsgespräche über den neu angelegten VoIP-Anbieter leiten möchten, legen Sie zwei Wahlregeln an. Wählen Sie zunächst den Bereich „Mobilfunk“, suchen dann unter „verbinden über“ den neu angelegten SIP-Anbieter, und schließen Sie die Auswahl über „Weiter“ ab. Diesen Schritt wiederholen Sie für Auslandsgespräche.

Bei dieser Gelegenheit stellen Sie möglicherweise fest, dass Sie für den bisherigen Anschluss und den neuen die gleiche interne Nummer vergeben haben. Dadurch müssten Sie raten, welcher Anschluss der richtige ist. Um das zu beheben, können Sie den neuen Anschluss mit dem Menüpunkt „Eigene Rufnummern“ aufrufen – dort erkennen Sie ihn am Anbieter – und unter „Interne Rufnummer in der Fritz!Box“ oder „Internetrufnummer“ eine beliebige Nummer eintragen, denn diese dient nur der internen Verwaltung. Wenn Sie bei dieser Gelegenheit zusätzlich einen Anzeigenamen vergeben, wird dieser bei abgehenden Anrufen im Display von DECT-Telefonen sowie in der internen Anrufliste der Fritzbox dargestellt. So

können Sie kontrollieren, ob die Anrufe über den richtigen Anbieter laufen.

Alle hier vorgestellten VoIP-Tarife ermöglichen, beim Angerufenen eine Rufnummer anzeigen zu lassen. Üblicherweise setzt man hier die eigene Festnetznummer ein, damit Rückrufe am richtigen Anschluss landen und der Angerufene erkennt, wer ihn erreichen will. In einigen Fällen ist dazu eine Freischaltung erforderlich. Dabei prüfen die Anbieter per Anruf, ob der Kunde tatsächlich Zugriff auf die Rufnummer hat, um zu verhindern, dass irreführend falsche Rufnummern angezeigt werden.

**Guthabenverwaltung**

Die hier vorgestellten Dienste arbeiten alle nach dem Prepaid-Prinzip. Sie müssen Geld einzahlen, bevor Sie ausgehende Telefonate führen können. Wie bei Prepaid-Konten üblich haben Sie die Wahl zwischen verschiedenen Zahlungswegen, etwa Kreditkartenzahlung, Banküberweisung oder PayPal und bekommen im Onlinekundenservice das Guthaben angezeigt.

Bei einem Minutenpreis von 3 bis 3,5 Cent kann man mit einer Aufladung von 10 Euro rund fünf Stunden in die Mobilnetze telefonieren. Beim Standardpreis von 19 Cent pro Minute, den viele DSL- und Kabelanbieter aufrufen, wäre schon nach 52 Minuten Schluss. Bei voip2gsm kosten Telefonate in die Mobilfunknetze am Wochenende derzeit sogar nur 1,5 Cent pro Minute, das ist konkurrenzlos günstig.

Für Kostensicherheit und -transparenz sorgt dabei die bei allen Anbietern optional wählbare Preisansage für den Minutenpreis der jeweils gewählten Verbindung. Diese ist dem Verbindungsaufbau vorgeschaltet, erst nach der Ansage wird der Anruf aufgebaut.

Erstaunlicherweise bietet von den vorgestellten Anbietern nur voip2gsm HD-Voice mit dem Codec G.722 für eine hohe Sprachqualität an. In den Einstellungen heißt es zwar, dass der nicht in Kombina-

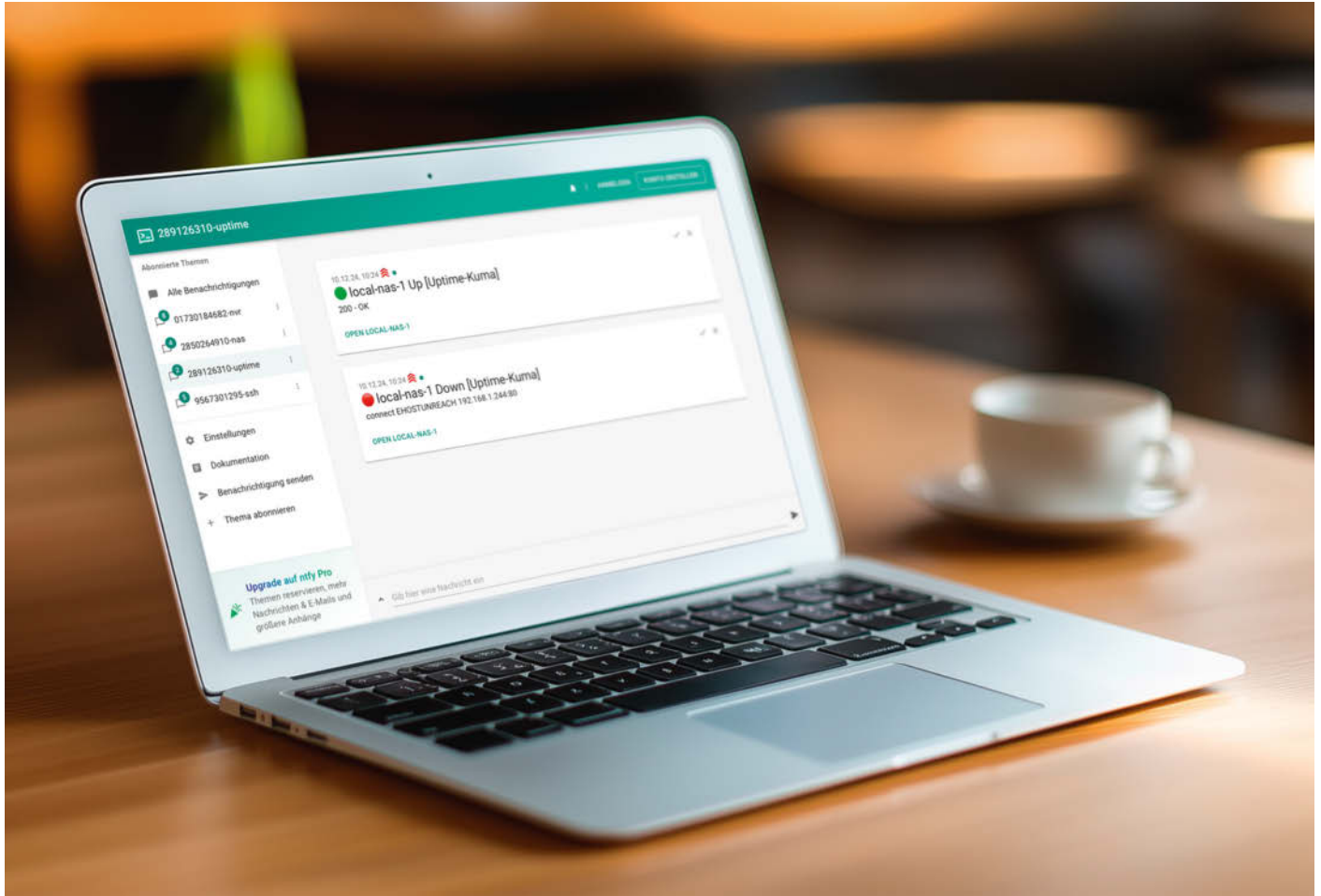


Bild: KI, Collage ct

# Ping!

## Push-Benachrichtigungen für das Homelab mit ntfy

**Wer viele Dienste selbst hostet und informiert bleiben will, profitiert von einem Benachrichtigungstool wie ntfy, das Nachrichten einsammelt und per Push an das Smartphone schickt.**

Von Niklas Dierking

**N**extcloud meldet per Mail, dass das wöchentliche Backup erfolgreich war. Die Monitoring-App schlägt per Telegram-Bot Alarm, weil die Website nicht mehr erreichbar ist oder der Linux-Server informiert per Skript, das einen Webhook anschubst, über einen womöglich verdächtigen SSH-Login. Was für ein Nachrichtenschungel!

Leider bringen Anwendungen, die im Dauerbetrieb laufen, kein einheitliches Repertoire mit, um Administratoren über wichtige Ereignisse zu informieren. Das ist aber wichtig, um Probleme frühzeitig zu erkennen und nicht erst, wenn sich Nut-

zer beschweren. Was es braucht, ist ein Trichter, der Benachrichtigungen an zentraler Stelle entgegennimmt und dann weiterleitet. Am besten macht es Ping auf dem Smartphone.

Diese Aufgabe kann das in Go geschriebene Open-Source-Projekt ntfy übernehmen (siehe ct.de/yjt6). Im Kern ist ntfy ein Pub-Sub-Benachrichtigungsdienst auf HTTP-Basis, der Nachrichten empfängt und als Push-Benachrichtigung an Smartphone-Apps oder Browser sendet. Nachrichten können von Skripten, dem ntfy-CLI oder über ein API angestoßen werden und sind in Themen organisiert, die man abonnieren kann.

Es gibt mehrere öffentliche ntfy-Instanzen, allen voran ntfy.sh des Entwicklers Philipp C. Heckel (@binwiederhier bei GitHub). Die Benutzung ist grundsätzlich kostenlos. Man muss dann aber seinen Themennamen kryptisch gestalten. Sonst könnte man von fremden Nachrichten geflutet werden, weil er gleichzeitig als Passwort dient. Server wäre folglich ein denkbar schlechter Name für ein Thema, w7in-



HoPKs5HujX ist gut, weil kaum erratbar. In diesem Artikel erklären wir deshalb für ntfy, wie Sie einen eigenen Benachrichtigungsserver aufsetzen und den Zugriff auf Ihre Themen absichern.

## Erster Push

Am schnellsten wird das Prinzip klar, wenn man ntfy ausprobiert: Rufen Sie im Browser `ntfy.sh/app` auf und aktivieren Sie oben links die Desktop-Benachrichtigungen. Danach müssen Sie die Seite neu laden. Klicken Sie dann auf die Schaltfläche „Thema abonnieren“ und vergeben den Namen für ein Thema, beispielsweise „hallovonct“.

Das Thema taucht anschließend in der Liste Ihrer Abonnements auf und Sie können Nachrichten senden. Das geht fix mit dem Kommandozeilenwerkzeug `curl`:

```
curl -d "Hi" ntfy.sh/hallovonct
```

Ersetzen Sie im obigen Befehl `hallovonct` durch den Namen Ihres eigenen Themas oder hinterlassen Sie uns dort einen Gruß. Sie können Themen nicht nur über die Web-App auf `ntfy.sh/app` abonnieren, sondern auch über die gleichnamigen kostenlosen Apps für Android und iOS (siehe [ct.de/yjt6](https://ct.de/yjt6)). Nachrichten fließen in beide Richtungen, Themen können also auch über die mobilen Apps befüllt werden. Laut dem Entwickler funktioniert die Android-App etwas besser und bringt mehr Features mit.

„Hi“ ist eine denkbar einfache Nachricht. Aussehen und Ausspielung von Nachrichten lassen sich aber flexibel anpassen, beispielsweise indem man eine Priorität und einen Titel vergibt oder die Nachricht mit Tags versieht, aus denen in der Push-Benachrichtigung dann Emojis werden (siehe Screenshot auf Seite 143).

Wer mag, formatiert seine Push-Benachrichtigungen mit Markdown oder schickt Anhänge mit, etwa Bilder von einer Überwachungskamera. Der komplette Funktionsumfang lässt sich hier nicht erschöpfend abbilden. Das tut der Abschnitt „Publishing“ in der ausführlichen ntfy-Dokumentation (siehe [ct.de/yjt6](https://ct.de/yjt6)).

## Kostenlos, bezahlen oder selbst aufsetzen?

Mit den Features, die bei der kostenlosen Version von ntfy.sh mit dabei sind, dürften die meisten Hobbyadmins auskommen, es gibt allerdings auch einige Einschränkungen. Dazu gehört unter anderem die

Obergrenze von 250 Nachrichten pro Tag. Dateien im Anhang dürfen nicht größer als 2 MByte sein. Für die meisten Nutzer wiegt vermutlich am schwersten, dass man keine Themen „reservieren“ kann.

Damit ist gemeint, dass grundsätzlich alle Nutzer Nachrichten an Themen schicken und die auch abonnieren können. Abgesehen davon, dem Thema einen schwer zu erratenden Namen zu geben, gibt es also keinen Schutz. Themen mit Benutzername und Passwort vernageln oder den Zugriff durch ACLs (Access Control List) einschränken, klappt auf ntfy.sh nur mit dem kostenpflichtigen Angebot ntfy Pro, das es ab 5 Euro pro Monat bei jährlicher Abrechnung gibt (6 Euro bei monatlicher Abrechnung).

Wer allergisch auf Google reagiert, könnte sich daran stören, dass Pushes von ntfy.sh standardmäßig über Googles Firebase-Cloud-Messaging-Dienst übertragen werden. Dadurch kann die ntfy-App auf Android-Smartphones als Hintergrundprozess laufen und verbraucht weniger Energie.

Um die volle Kontrolle über die eigenen Benachrichtigungen zu bekommen, kann man auch eine eigene ntfy-Instanz betreiben. Wir zeigen, wie Sie ntfy mit Docker auf einem Linux-Server installieren, die Weboberfläche transportverschlüsselt mit dem Reverse-Proxy Caddy ausliefern, Ihre Themen vor neugierigen Augen schützen und ntfy sogar als Benachrichtigungsbrücke für Dienste nutzen, die nur E-Mail sprechen.

## Server vorbereiten

Mitbringen müssen Sie etwas Linux- und Docker-Grundwissen sowie eine eigene Domain. Dieser Anleitung dient Ubuntu

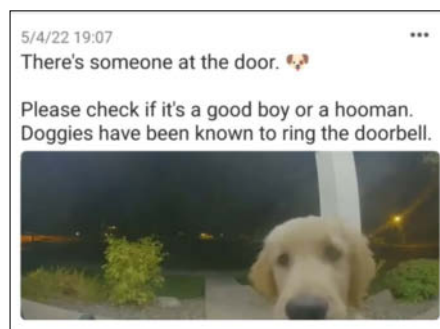


Bild: ntfy.sh

**Der Hund begehrt Einlass. Eine Nachricht muss nicht nur Text sein, sie kann auch ansprechend gestaltet werden und Bilder als Anhang enthalten, beispielsweise von einer Überwachungskamera.**

## ct kompakt

- Als Admin möchte man immer informiert zu sein, was im Gerätezoo vor sich geht.
- ntfy, abgekürzt für notify, ist ein Open-Source-Projekt, das Benachrichtigungskanäle bündelt.
- Je nach Anwendungsfall können Sie eine öffentliche ntfy-Instanz kostenlos nutzen, ein Abo für mehr Features abschließen oder es sogar selbst hosten.

Server 24.04 auf einem schmalen Mietserver als Grundlage. Es sollte aber auf allen Systemen funktionieren, die Docker ausführen können. Andere Installationsmethoden finden sich in der Dokumentation, die wir unter [ct.de/yjt6](https://ct.de/yjt6) verlinkt haben.

Legen Sie zunächst die nötigen DNS-Einträge für ntfy an. Es braucht mindestens einen A-Record, der auf die IP-Adresse Ihres Servers verweist. In diesem Artikel nutzen wir die Beispieldomain `ntfy.example.com`.

Wenn Sie später Benachrichtigungen via SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) anstoßen wollen, müssen Sie zusätzlich zwei weitere Einträge erstellen, damit Mails den Weg zu ihrer ntfy-Instanz finden. Sie brauchen einen A-Record mit dem Namen `mx1.ntfy.example.com` und einen MX-Record mit dem Namen `ntfy.example.com`, der mit der Priorität `10` auf den Mailserver `mx1.ntfy.example.com` verweist.

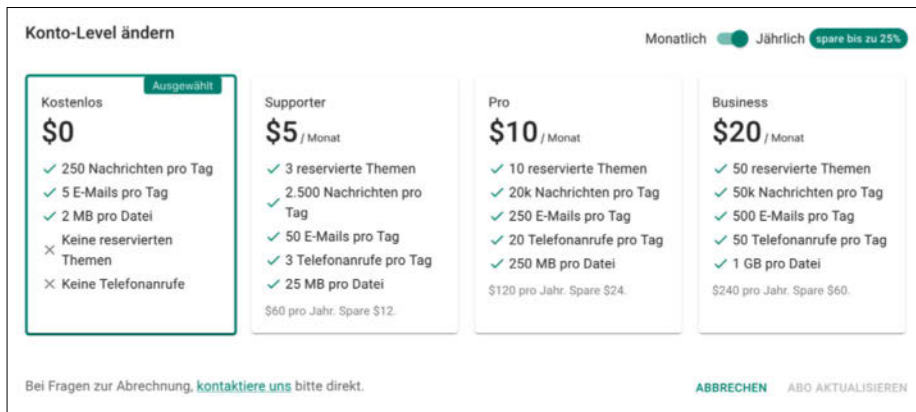
Die öffentliche ntfy.sh-Instanz verarbeitet täglich tausende Nachrichten und läuft auf einem einzigen virtualisierten Server mit 8 vCPUs und 16 GByte Arbeitsspeicher. Für Ihr persönliches ntfy reicht locker die günstigste Servervariante im Portfolio Ihres bevorzugten Hosters.

Loggen Sie sich via SSH auf Ihrem Server ein und bringen Sie als root oder mit `sudo` vorangestellt das Betriebssystem auf den neuesten Stand:

```
apt update && apt upgrade
```

Anschließend fügen Sie Dockers GPG-Schlüssel hinzu:

```
apt install ca-certificates curl
install -m 0755 -d /etc/apt/keyrings
curl -fsSL ↵
```



Die kostenlose Variante von ntfy reicht für viele Anwendungsfälle bereits aus. Wer mehr will, kann ein Abo abschließen oder hostet ntfy selbst.

```

$ curl -s https://download.docker.com/linux/ubuntu/gpg -o /etc/apt/keyrings/docker.asc
$ chmod a+r /etc/apt/keyrings/docker.asc
    
```

Dann kommt das Docker-Repository zu den Paketquellen und die Container-Engine aufs System:

```

$ echo "deb [arch=$(dpkg --get-architecture) signed-by=/etc/apt/keyrings/docker.asc] https://download.docker.com/linux/ubuntu $(. /etc/os-release && echo "$VERSION_CODENAME") stable" | sudo tee /etc/apt/sources.list.d/docker.list > /dev/null
$ apt update
    
```

```

$ apt install docker-ce docker-ce-cli containerd.io docker-buildx-plugin docker-compose-plugin
    
```

Neben dem Container mit dem ntfy-Server braucht es noch einen Reverse-Proxy, der ein TLS-Zertifikat von Let's Encrypt besorgt und die ntfy-Weboberfläche transportverschlüsselt ausliefert. Unsere Wahl ist auf Caddy gefallen, der auch in der ntfy-Dokumentation empfohlen wird und besonders leicht zu konfigurieren ist.

### Mein eigenes ntfy

Um die Installation zu erleichtern, haben wir ein GitHub-Repository erstellt, das eine Docker-Compose-Vorlage sowie Konfigurationsdateien für Caddy und ntfy enthält. Laden Sie die Dateien mit dem folgenden Befehl herunter:

```

$ git clone https://github.com/ndi-ct/ntfy-caddy
    
```

Bevor Sie damit die Container einrichten, sind einige Anpassungen fällig. Zunächst ist die Datei Caddyfile im Verzeichnis /ntfy-caddy/caddy dran. Mit Ihrem bevorzugten Texteditor ersetzen Sie die beiden Beispieldomains in der ersten und zweiten Zeile durch die eigene Domain.

Im Verzeichnis /ntfy-caddy/ntfy/config braucht die zentrale Konfigurationsdatei server.yml Aufmerksamkeit. Die Beispielformate in den ersten zwei Zeilen müssen auf die eigene Domain umgesetzt werden:

```

default-host: ntfy.example.com
base-url: "https://ntfy.example.com"
    
```

Wenn Apps Benachrichtigungen auch via SMTP anstoßen sollen, dann entfernen Sie die vorangestellten Kommentarzeichen in den Zeilen, die mit smtp beginnen und

tragen bei smtp-server-domain ebenfalls die eigene Domain ein:

```

smtp-server-listen: ":25"
smtp-server-domain: "ntfy.example.com"
smtp-server-addr-prefix: "ntfy-"
    
```

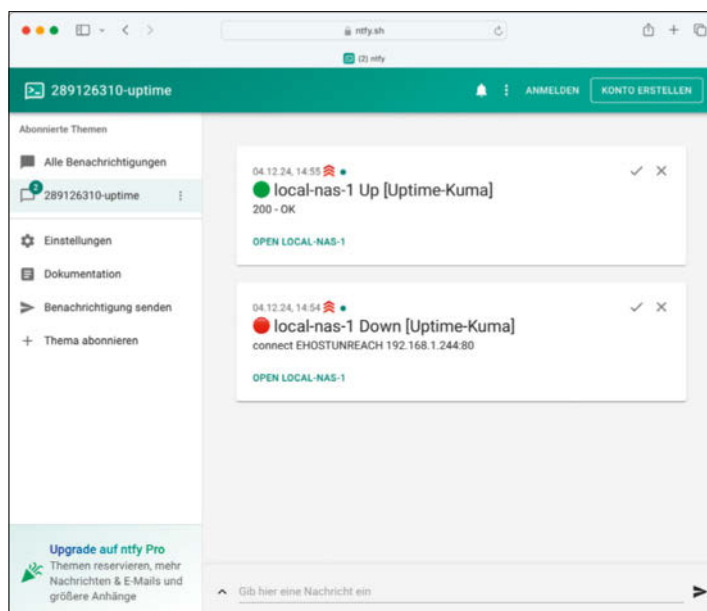
So konfiguriert wird später der integrierte SMTP-Server von ntfy aktiv und nimmt Mails an Themen an. Der Inhalt der Nachricht wird dann an die Clients ausgespielt, die das Thema abonniert haben. Für jedes Thema erstellt ntfy eine eigene Mailadresse, das Thema hallovonct@ntfy.example.com.

Den Wert ntfy- in der letzten Zeile können Sie ändern. Das Präfix dient als Schutz vor Spam. Wenn es beispielsweise secret- lautet, lässt ntfy nur Nachrichten an secret-hallovonct@ntfy.example.com durch.

Der SMTP-Server macht ntfy zu einem praktischen Benachrichtigungsmittler für externe Dienste, die selbst keine Nachrichten mittels HTTP-Requests oder Webhooks absetzen können.

Grundsätzlich kann ntfy nicht nur aus eingehenden Mails Push-Benachrichtigungen machen (E-Mail publishing), sondern auch Benachrichtigungen als Mail über einen externen SMTP-Server verschicken (E-Mail notifications). Wie das funktioniert, erklärt die ntfy-Dokumentation, die wir unter ct.de/yjt6 verlinkt haben.

Wenn Sie keinen Wert auf die integrierte Weboberfläche legen, beispielsweise weil Sie die Angriffsfläche verringern wollen, dann entfernen Sie das Kommen-



Die Monitoring-Software Uptime Kuma hat bemerkt, dass ein Server nicht mehr erreichbar ist. Durch ntfy geht sofort ein Push in die Web-App und auf das Smartphone. Später kommt auch die Entwarnung.

tarzeichen in der Zeile `web-root: "disable"`. Die `ntfy`-Instanz ist standardmäßig so konfiguriert, dass jeder ein Thema anlegen darf und jeder Themen lesen und schreiben kann. Wenn Sie das nicht wollen, müssen Sie den Wert `read-write` hinter dem Schlüssel `auth-default-access`: ändern.

Für ein privates `ntfy`, das Sie allein benutzen, ist es am einfachsten, `read-write` durch `deny-all` zu ersetzen und über das `ntfy`-Kommandozeileninterface einen Nutzer mit Administratorrechten anzulegen. Der darf sämtliche Themen erstellen, lesen und schreiben.

Wie das funktioniert, erfahren Sie im folgenden Absatz, aber zunächst ist es an der Zeit, den Containerverbund aus Caddy und `ntfy` zu starten. Im Wurzelverzeichnis des geklonten Repositoriums genügt der folgende Befehl:

```
docker compose up -d
```

Nach kurzer Wartezeit sollten Sie die `ntfy`-Weboberfläche im Browser erreichen können.

### Wer darf was?

Sind alle Zugriffe standardmäßig blockiert, kann man hier noch keine Themen anlegen. Dafür müssen Sie über das `ntfy`-CLI erst mal einen Benutzer einrichten. Wechseln Sie zurück zu Ihrer SSH-Session im Terminal und von da auf die Kommandozeile des `ntfy`-Containers:

```
docker exec -it ntfy /bin/sh
```

Legen Sie dann einen Nutzer an und geben Sie ihm Administratorrechte:

```
ntfy user add \
--role=admin cttest-admin
```

Ersetzen Sie im obigen Befehl `cttest-admin` durch den Namen, den Sie Ihrem Nutzer geben wollen. Sie müssen jetzt ein Passwort vergeben und bestätigen. Entsprechend legt ein `ntfy user add $nutzernamen` weitere unprivilegierte Nutzer an.

Die Access-Funktion erteilt über Access Control Lists Lese- (`ro`) oder Lese/Schreibrechte (`rw`) für eines oder mehrere Themen:

```
ntfy access cttest-user hallovonct rw
```

Das obige Beispiel erteilt dem Nutzer `cttest-user` Lese- und Schreibrechte für das Thema `hallovonct`. Die vollständige



**Es gibt gute Gründe, warum man den Inhalt von Themen für sich behalten will, etwa wenn sie Logs und Systeminformationen enthalten. Wer in der Weboberfläche ein geschütztes Thema abonnieren will, muss sich authentifizieren.**

Liste aller vergebenen Berechtigungen wirft ein `ntfy access` aus, in diesem Fall den allmächtigen Nutzer namens `cttest-admin` und den Nutzer `cttest-user`, der nur hallovonct lesen und schreiben darf:

```
user cttest-admin (role: admin)
- read-write access to all topics

user cttest-user (role: user)
- read-write access to topic halloct

user * (role: anonymous)
- no topic-specific permissions
- no access to any (other) topics
```

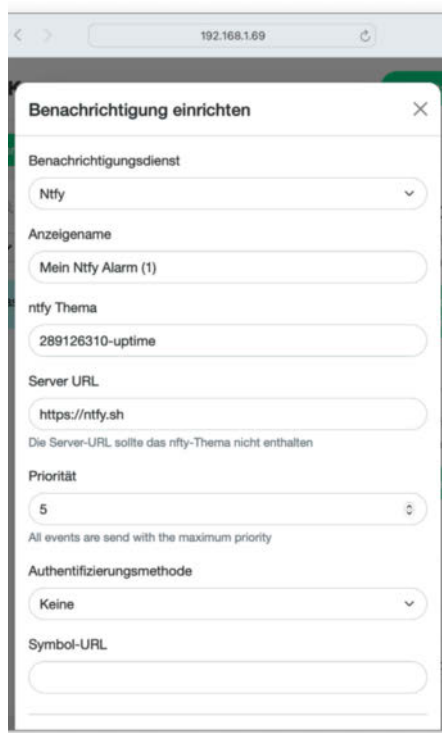
Bereits vergebene Rechte ändern Sie ebenfalls mit `ntfy access`. Eine Liste mit Beispielen fördert ein `ntfy access --help`

hervor, die Dokumentation (siehe [ct.de/yjt6](https://ct.de/yjt6)) schildert es detailliert.

Um sich mit Ihrem Benutzer in der Weboberfläche oder in der App für Mobilgeräte zu authentifizieren, geben Sie im Einstellungsmenü bei „Benutzer verwalten“ Ihren Benutzernamen und Passwort ein. Die Beschreibung des Menüs „Benutzer für kennwort-geschützte Themen hinzufügen/löschen“ ist leicht irreführend benannt. Es erstellt serverseitig keine neuen Benutzer, sondern legt Ihre Zugangsdaten im Browserspeicher ab.

Um mit `curl` eine Nachricht an ein geschütztes Thema zu senden, können Sie die sogenannte HTTP Basic authentication nutzen. Dieses Beispiel schickt die Nachricht `Ich darf das!` als `cttest-user` mit dem Passwort `cttest` (hinter dem Doppelpunkt) an das geschützte Thema `hallovonct`:

```
curl -u cttest-user:cttest -d \
"Ich darf das!" \
https://ntfy.example.com/hallovonct
```



### Ausblick

Sie kennen jetzt die `ntfy`-Grundlagen und wissen, wie Sie einen eigenen Benachrichtigungsserver mit privaten Themen betreiben. Als Nächstes lohnt sich die Lektüre der ausführlichen `ntfy`-Dokumentation, die mit dutzenden Anwendungsbeispielen aufwartet.

Im Abschnitt „Integrations“ finden Sie außerdem eine ganze Menge Plug-ins, die `ntfy` als Benachrichtigungsserver an populäre Dienste wie den Hypervisor Proxmox, den Docker-Image-Updater Watchtower oder den Mediaserver Jellyfin anbinden. Als Admin müssen Sie den `ntfy`-Server sicher und die Software aktuell halten. Tipps und Best Practices dafür warten unter [ct.de/yjt6](https://ct.de/yjt6). (ndi@ct.de) **ct**

**Für ntfy gibt es viele fertige Integrationen, beispielsweise kann Uptime Kuma als Benachrichtigungsserver nutzen.**

**GitHub-Repository zum Projekt, ntfy-Website und -Doku: [ct.de/yjt6](https://ct.de/yjt6)**



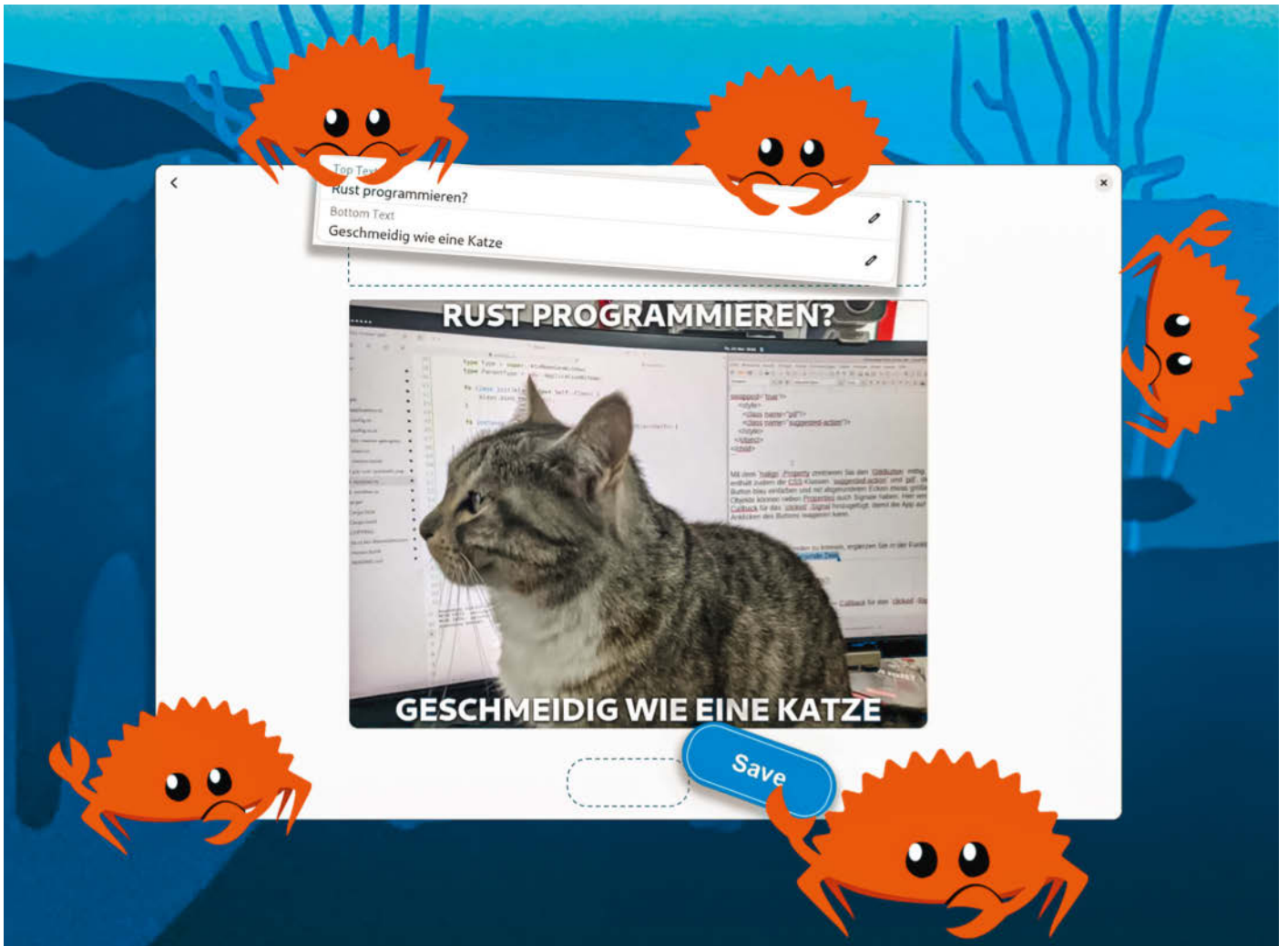


Bild: KI, Collage c't

# Krabbe macht App

## Entwickeln einer modernen App für den Linux-Desktop Gnome in Rust

Die Programmiersprache Rust erfreut sich aufgrund ihrer besonderen Sicherheitsmerkmale immer größerer Beliebtheit und wird mittlerweile auch im Gnome-Projekt eingesetzt. In diesem Artikel zeigen wir Ihnen anhand eines einfachen Meme-Generators, wie Sie mit Rust eine moderne Gnome-App entwickeln und als Flatpak-Paket unter die Leute bringen.

Von Felix Häcker

O bwohl viele Module der Linux-Desktopumgebung Gnome in C geschrieben sind, kann man über Bindings auch andere Programmiersprachen wie Python, JavaScript, Swift oder eben Rust verwenden, um native Apps zu entwickeln. Das Projekt gtk-rs ermöglicht, eine Vielzahl von in C geschriebenen Gnome-Bibliotheken unter Rust zu verwenden, etwa das GUI-Toolkit GTK.

Auch wenn GTK von Gnome entwickelt wird, ist das Toolkit selbst plattformunabhängig und daher auch mit Windows oder macOS kompatibel. Für Gnome-spe-

zifische Designelemente hat das Entwicklerteam vor einigen Jahren die Bibliothek Libadwaita geschaffen, die auf GTK aufbaut. Sie ermöglicht auch die Erstellung von Apps, die sich dynamisch an verschiedene Bildschirmgrößen anpassen.

Wir zeigen Ihnen anhand eines Meme-Generators Schritt für Schritt, wie Sie unter Linux mit Libadwaita und Rust eine einfache Gnome-App entwickeln. Für den Artikel sollten Sie bereits Erfahrung im Programmieren haben, idealerweise in Rust. Eine allgemeine Einführung in die Sprache finden Sie in c't 26/2024 [1]. Wei-



## ct kompakt

- Mit gtk-rs kann man GTK- und Gnome-Apps in Rust programmieren.
- Libadwaita stellt Gnome-spezifische Widgets für schicke, moderne Apps zur Verfügung.
- Gnome Builder hilft mit integrierten Vorlagen, schnell eine neue Flatpak-App zu erstellen.

tere Links für den ProgrammierEinstieg haben wir für Sie unter [ct.de/ygmf](https://ct.de/ygmf) gesammelt.

### Neues Projekt erstellen

Für einen schnellen Einstieg eignet sich die Entwicklungsumgebung Gnome Builder, welche Sie am besten von Flathub installieren [2, 3]. Für die Entwicklung benötigen Sie das Gnome-SDK, welches Sie ebenfalls mithilfe von Flatpak installieren können:

```
flatpak install flathub \
  org.gnome.Sdk//47 \
  org.freedesktop.Sdk.Extension.♯
  ♯rust-stable//24.08
```

Da Flatpak distributionsunabhängig ist, spielt es keine Rolle, welche Linux-Distribution Sie installiert haben. Bei Ubuntu müssen Sie vorher Flatpak installieren und Flathub einrichten, was wir in [3] erklärt haben.

Nachdem Sie Builder gestartet haben, wählen Sie „Neues Projekt anlegen“ und geben `meme-generator` als Projektnamen ein. Wenn Sie eine eigene Domain besitzen, können Sie diese als Anwendungskennung verwenden (`com.example.MemeGenerator`), ansonsten verwenden Sie einfach den Anbieter, bei dem Sie gegebenenfalls Ihr Projekt hosten, zum Beispiel `org.gnome.gitlab.haeckerfelix.MemeGenerator`. Wählen Sie Rust als Sprache und bestätigen Sie mit „Projekt erstellen“.

Wenn Sie das Projekt mit dem „Ausführen“-Button in der Titelleiste (Play-Symbol) kompilieren und starten, sehen Sie ein Fenster mit dem Text „Hello, World!“, welches als Ausgangsbasis für den Meme-Generator dient.

Wie andere Gnome-Bibliotheken sind auch GTK und Libadwaita objekt-

orientiert und basieren auf dem GObject-Typsystem. Widgets werden in einer Hierarchie von Klassen organisiert. Mit `gtk-rs` kann dieses objektorientierte Konzept auch unter Rust genutzt werden, obwohl die Sprache im klassischen Sinne weder Klassen noch Vererbung kennt. Um sich einen Überblick über die gängigsten Widgets beziehungsweise Patterns zu verschaffen, eignet sich die App „Workbench“ hervorragend, die Sie ebenfalls auf Flathub finden. Damit lassen sich in kurzer Zeit einfache Prototypen entwickeln, die man später gegebenenfalls in richtige Apps überführen kann.

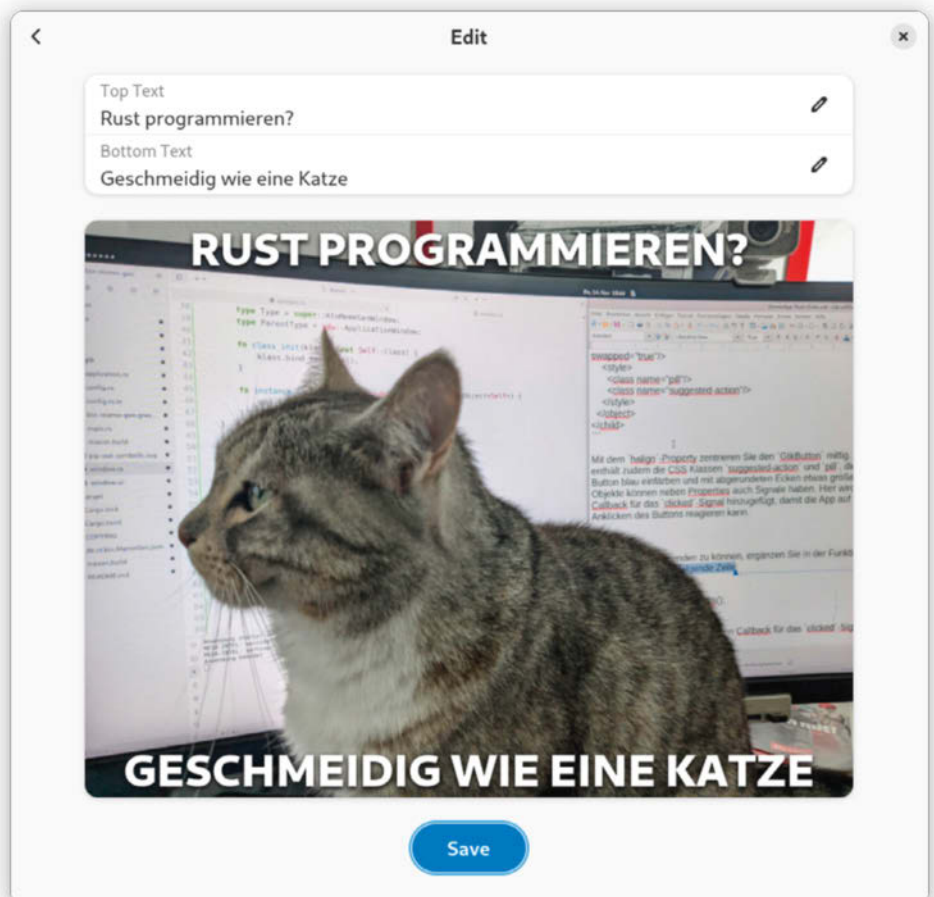
Bedienoberflächen können Sie sowohl im Rust-Quellcode erstellen als auch per XML beschreiben. Letzteres erlaubt eine saubere Trennung von Darstellung und Programmlogik. Das Fenster der App wird in der Datei `src/window.ui` definiert, die dazugehörige Logik befindet sich als Rust-Quellcode in der Datei `src/window.rs`.

Zunächst benötigt man eine Ansicht, die direkt beim Start der App sichtbar ist. Für diesen Zweck gibt es in der Libadwaita-

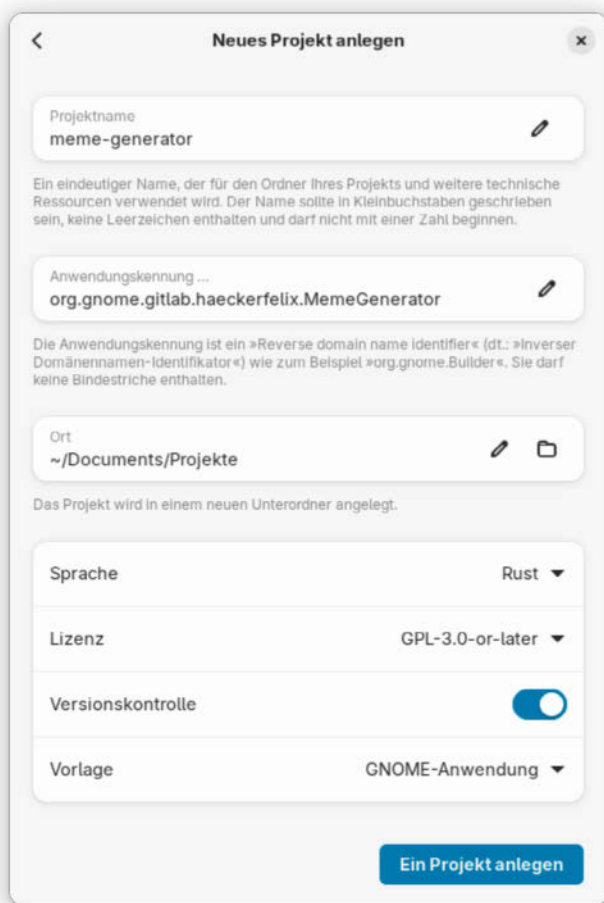
ta-Bibliothek das Widget `AdwStatusPage`, welches einen Titel zusammen mit einem Bild anzeigt. Ersetzen Sie daher in der Datei `window.ui` den Objekt-Block des Text-Labels von `<object class="GtkLabel" id="label">` bis `</object>` durch folgendes Objekt:

```
<object class="AdwStatusPage">
  <property name="title">Generate a ♯
  ♯Meme</property>
  <property name="icon-name">image-x-♯
  ♯generic-symbolic</property>
  <!-- TODO: Open Button -->
</object>
```

Im GObject-Typsystem beschreibt man Objekte durch sogenannte Properties. Im Beispiel werden `title` und `icon-name` festgelegt. Zusätzliche Leerzeichen oder Umbrüche innerhalb der `<property>`-Tags sind nicht erlaubt. Ein passendes Icon finden Sie mit der App „Icon Library“ (Symbol-Bibliothek), die Zugriff auf alle Icons der Designsprache von Adwaita bietet. Auch diese App gibts auf Flathub. Icons, die sich



**Der Meme-Generator erlaubt es, eigene Meme-Vorlagen zu importieren und Texte hinzuzufügen.**



Die Entwicklungsumgebung Gnome Builder erlaubt, mit wenigen Klicks ein neues Gnome-Projekt zu erstellen.

experimentierfreudig: Die Anpassungen, die Sie vornehmen, sind nicht permanent. Beim nächsten Aufruf der App sind alle Modifikationen wieder zurückgesetzt.

Führen Sie wieder das Projekt aus. Wenn sich das Fenster der App öffnet, drücken Sie die Tastenkombination Strg+Umschalt+D, um den GTK-Inspektor zu öffnen. Das funktioniert mit jeder in GTK 4 geschriebenen App. So erhalten Sie auch einen Einblick in die Struktur anderer Anwendungen. Das ist hilfreich, wenn Sie unsicher sind, wie Sie bestimmte Dinge implementieren können.

### Dateien öffnen

Um eine Bilddatei zu öffnen und für das Meme auszuwählen, benötigt die App eine Schaltfläche. Bauen Sie dazu in windows.ui einen GtkButton innerhalb von AdwStatusPage als Kindelement ein, indem Sie `<!-- TODO: Open Button -->` durch folgendes ersetzen:

```
<child>
  <object class="GtkButton">
    <property name="label">Open ↴
  </template></property>
  <property name="halign">center↴
</property>
  <signal name="clicked" ↴
    <handler="open_button_clicked" ↴
    <swapped="true"/>
  </style>
  <class name="pill"/>
  <class name="suggested-action"/>
</style>
</object>
</child>
```

Mit der `halign`-Property zentrieren Sie den `GtkButton` horizontal. Dieser erhält zudem die CSS-Klassen `suggested-action` und

im Abschnitt „Vorinstallierte System-Symbole“ befinden, können Sie direkt verwenden. Andere Icons müssen zusammen mit der App gebündelt werden. Wie das funktioniert, erfahren Sie, wenn Sie in der Detailansicht für ein Icon auf „In einer Anwendung verwenden“ klicken.

Außerdem sollten Sie die `default-height` von `AdwApplicationWindow` von 600 auf 700 Pixel erhöhen, damit das Fenster standardmäßig groß genug ist.

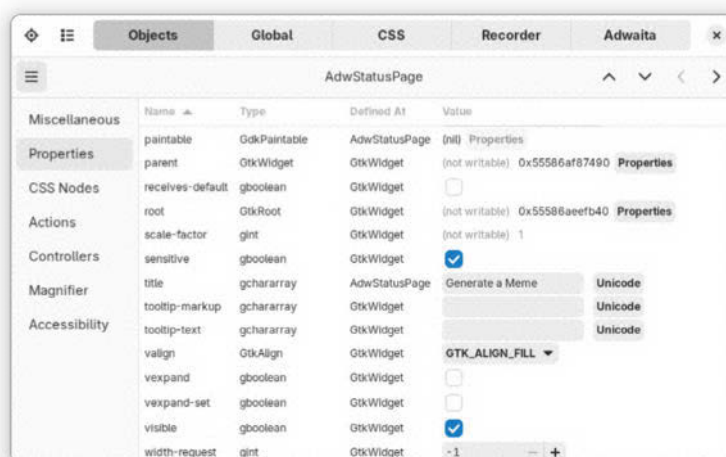
Auf der Rust-Seite müssen Sie in der Datei `window.rs` den Verweis auf das `GtkLabel`, welches Sie durch die `AdwStatusPage` ersetzt haben, entfernen, ansonsten lässt sich das Programm nicht bauen. Löschen Sie folgende Zeilen:

```
#[template_child]
pub label: TemplateChild<gtk::Label>,
```

Jetzt sollten Sie das Projekt wieder fehlerfrei kompilieren und ausführen können. Widgets müssen nicht zwingend im Rust-Code referenziert werden. So tritt `AdwStatusPage` dort nicht auf, da alles dafür Nötige bereits direkt im XML definiert ist.

### Inspizieren

Ein sehr nützliches Werkzeug beim Entwickeln von Gnome-Apps ist der GTK-Inspektor. Mit diesem Tool untersuchen Sie eine beliebige GTK-App zur Laufzeit. Darüber können Sie etwa die Hierarchie der Widgets einsehen oder temporär ihre Properties ändern. Alle Änderungen übernimmt die inspizierte App sofort, sodass Sie direkt sehen, welche Änderung welche Auswirkungen hat. Seien Sie hier ruhig



Der GTK-Inspektor zeigt für beliebige GTK-Objekte alle verfügbaren Properties an, einschließlich jener der Elternklassen, wie hier für `AdwStatusPage`.



# Vorsicht ist besser als Nachsicht!

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

Jetzt  
absichern!



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

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

... und noch viel mehr hilfreiche Artikel

Gleich  
reinschauen



[shop.heise.de/ct-securityeinstieg24](https://shop.heise.de/ct-securityeinstieg24)



```

<template class="MemeGeneratorWindow" parent="AdwApplicationWindow">
  <property name="default-width">800</property>
  <property name="default-height">700</property>
  <property name="content">
    <object class="AdwNavigationView" id="navigation_view">
      <child>
        <object class="AdwNavigationPage">
          <property name="title">Meme Generator</property>
          <property name="child">
            <!-- Bereits vorhandenes AdwToolBarView Objekt -->
            </property>
          </object>
        </child>
        <!-- TODO: Zweite Navigation Page -->
      </object>
    </property>
  </template>

```

**Listing 1: Die Grundstruktur des App-Fensters umfasst eine `AdwNavigationView`, die mehrere Seiten (`AdwNavigationPage`) enthält, in denen sich die Bedienelemente fürs Öffnen und Bearbeiten befinden.**

`pill`, die den Button blau einfärben und mit abgerundeten Ecken etwas größer machen. Objekte können neben Properties auch Signale haben. Hier wird ein Callback für das `clicked`-Signal hinzugefügt, damit die App auf das Anklicken des Buttons reagieren kann. Das Attribut `swapped` erlaubt im Callback mit „self“ auf die `MemeGeneratorWindow`-Instanz zuzugreifen, statt auf den Button.

Um Callbacks verwenden zu können, ergänzen Sie in der Datei `window.rs` in der Funktion `class_init` am Ende folgende Zeile:

```
klass.bind_template_callbacks();
```

In `gtk-rs` hat sich `klass` mit „k“ als Konvention etabliert. Nun können Sie die eigentliche Callback-Funktion für das `clicked`-Signal am Ende des Moduls `imp` hinzufügen. Aus technischer Sicht spielt

es keine Rolle, wo Sie den Codeblock innerhalb des `imp`-Moduls einfügen. Es hat sich jedoch als gängige Praxis etabliert, die `impl`-Anweisungen entsprechend ihrer Vererbungshierarchie aufsteigend zu sortieren. Alle Callbacks müssen mit dem Attribut-Makro `#[template_callback]` markiert werden.

```

#[gtk::template_callbacks]
impl MemeGeneratorWindow {
  #[template_callback]
  async fn open_button_clicked(&self) {
    let filter = gtk::FileFilter::new();
    filter.add_pixbuf_formats();

    let file_dialog = ↵
      ↵gtk::FileDialog::new();
    file_dialog.set_default_filter(↵

```

```

      ↵Some(&filter));
    if let Ok(file) = ↵
      ↵file_dialog.open_future(↵
        ↵Some(&*self.obj()).await {
          //TODO: Mit Bild etwas machen!
        }
      }
    }
  }
}

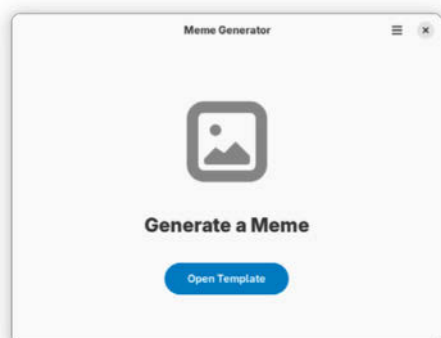
```

Zum Auswählen von Dateien bietet GTK die Klasse `FileDialog`. Ein `gtk::FileFilter` schränkt die Dateiauswahl auf Bildformate ein, die mit der Grafikbibliothek `gdk-pixbuf` geöffnet werden können (`filter.add_pixbuf_formats()`). Die Methode `open_future()` gibt einen Option-Wert mit der Datei zurück, wenn der Nutzer eine ausgewählt hat (siehe Kasten „Flatpak Portale“). Das Suffix `_future` gibt an, dass es sich bei der Methode um ein Future handelt, das Sie mit dem Schlüsselwort `await` asynchron ausführen.

## Bilder anzeigen

Nachdem ein Meme-Template ausgewählt wurde, soll es angezeigt werden. Das übernimmt ein `GtkPicture`-Widget auf einer eigenen Seite. Um mehrere Seiten anzuzeigen und zwischen diesen navigieren zu können, eignet sich das `Libadwaita`-Widget `AdwNavigationView`. Es erlaubt dem Anwender, über einen Zurück-Button oder durch Verwendung von Gesten zur vorherigen Seite zurückzukehren.

Dafür packen Sie in der Datei `windows.ui` den bestehenden Inhalt, die `AdwToolBarView`, in eine `AdwNavigationPage` und fügen Sie diese wiederum der `AdwNavigationView` hinzu. Der Aufbau ist in Listing 1 zu sehen.



**Das `Libadwaita`-Widget `AdwStatusPage` zeigt ein Icon mit einem Titel an.**

## Flatpak-Portale

Flatpak-Apps werden in einer Sandbox ausgeführt, die den Zugriff auf das System beziehungsweise die Benutzerdaten einschränkt. Standardmäßig ist der Zugriff auf das Dateisystem begrenzt und Apps können nicht einfach beliebig Dateien lesen oder schreiben. Hier kommen die sogenannten Portale ins Spiel. Das sind Dienste, die außerhalb der Flatpak-Sandbox laufen und Apps zur Laufzeit Zugriff auf zusätzliche Ressourcen gewähren können. Als Entwickler müssen Sie nicht direkt mit Portalen interagieren,

da dies transparent von dem darunterliegenden Toolkit übernommen wird, zum Beispiel bei GTK durch `GtkFileDialog`. Mit der Methode `open_future` wird automatisch ein Portal aufgerufen, um eine Datei zu öffnen. Den Auswahldialog zeigt dann nicht die App an, sondern das Portal, welches schließlich der App Zugriff auf die ausgewählte Datei gibt. Der Umweg über das Portal stellt sicher, dass eine App nicht nach Gutdünken auf Dateien zugreift, sondern nur mit der Zustimmung des Benutzers.

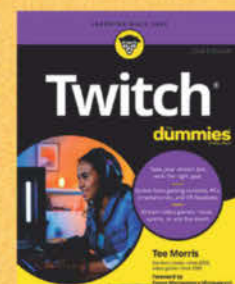
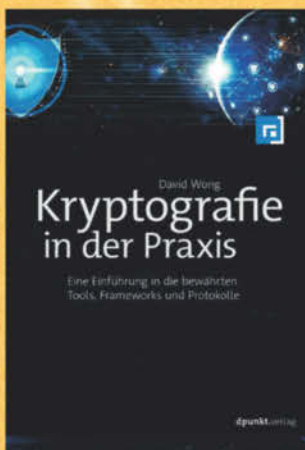
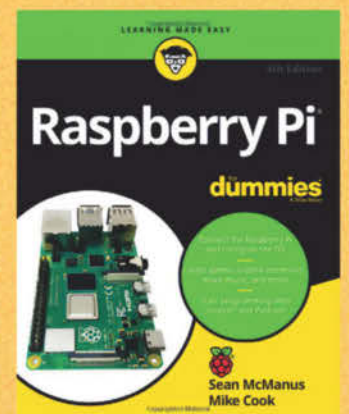
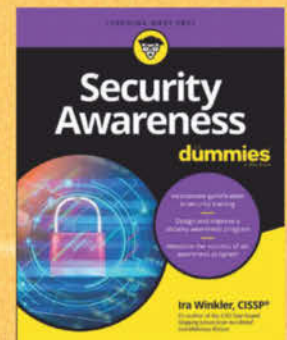


# E-Books im heise shop



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

**Sofort im Zugriff,**  
dauerhaft in Ihrem  
Account gespeichert.



[shop.heise.de/e-books](https://shop.heise.de/e-books)



Das `AdwNavigationView`-Objekt erhält über das Attribut `id` den Namen `navigation_view`, womit man im Rust-Code später darauf zugreifen kann. Jede `AdwNavigationPage` hat einen Titel, der automatisch in der Titelleiste des Fensters angezeigt wird.

Um das Meme anzuzeigen, fügen Sie für das Widget `GtkPicture` eine zweite `AdwNavigationPage` zu der `AdwNavigationView` als Kind-Element hinzu:

```
<child>
  <object class="AdwNavigationPage">
    <property name="title">Meme Edit</property>
  </object>
  <object class="AdwNavigationPage">
    <property name="tag">edit</property>
  </object>
  <property name="child">
    <object class="AdwToolbarView">
      <child type="top">
        <object class="AdwHeaderBar"/>
      </child>
      <property name="content">
        <object class="GtkPicture" id="picture"/>
      </property>
    </object>
  </property>
</child>
```

Das Property `tag` benötigen Sie später, um zu steuern, welche Seite der `AdwNavigationView` sichtbar ist.

Damit Sie auf die zwei Widgets mit Rust zugreifen können, fügen Sie diese in `windows.rs` zu dem von der Builder-Vorlage erzeugten Struct `MemeGeneratorWindow` hinzu (an der Stelle `// Template widgets`). Die Reihenfolge innerhalb des Structs

```
<object class="GtkScrolledWindow">
  <child>
    <object class="AdwClamp">
      <property name="margin-start">12</property>
      <property name="margin-end">12</property>
      <property name="margin-top">12</property>
      <property name="margin-bottom">24</property>
    </object>
    <child>
      <object class="GtkBox" id="edit_box">
        <property name="orientation">vertical</property>
        <property name="spacing">24</property>
        <!-- TODO: Texteingabe AdwPreferencesGroup -->
        <child>
          <!-- TODO: Durch GtkOverlay ersetzen -->
          <object class="GtkPicture" id="picture"/>
        </child>
        <!-- TODO: Save Button -->
      </object>
    </child>
  </object>
</child>
</object>
```

**Listing 2: Ein `GtkScrolledWindow` enthält das Gerüst für die Editier-Ansicht des Meme-Generators.**

spielt hierbei keine Rolle. Mit `#[template_child]` geben Sie an, dass ein Struct-Feld ein Kindelement ist, welches in der XML Datei beschrieben wird.

```
#[template_child]
pub navigation_view: AdwNavigationPage,
#[template_child<adw::NavigationView>
```

```
#[template_child]
pub picture: GtkPicture,
#[template_child<gtk::Picture>
```

Damit sind alle Voraussetzungen gegeben und Sie können das `TODO` in der Methode `open_button_clicked()` durch Folgendes ersetzen:

```
self.picture.set_file(Some(&file));
self.navigation_view.push_by_tag("edit");
```

Mit `set_file()` zeigt das Widget `GtkPicture` das geöffnete Bild an. Und `push_by_tag()` öffnet dann in der `AdwNavigationView` die Seite mit dem dazugehörigen Tag.

### Text hinzufügen

Ein wesentlicher Bestandteil von Memes sind die Texte auf dem Bild. Der Einfachheit halber wird sich die App auf zwei Texte beschränken, je einen am oberen und unteren Rand des Bildes.

Da neben dem Widget `GtkPicture` auch noch weitere Bedienelemente benötigt werden, tauschen Sie in `window.ui` das `picture`-Objekt gegen ein `GtkScrolledWindow` aus, wie es in Listing 2 beschrieben ist.

Wenn der Inhalt des Fensters größer als das Fenster selbst ist, stellt das Widget `GtkScrolledWindow` den Inhalt automatisch scrollbar dar. Das Widget `AdwClamp` zentriert seinen Inhalt horizontal. Mit `GtkBox` können mehrere Widgets vertikal oder horizontal angeordnet werden. Um etwas Abstand zwischen den einzelnen Widgets zu schaffen, ist zusätzlich das Property `spacing` auf 24 Pixel gesetzt. Generell empfiehlt es sich für konsistente Abstände, als Werte Vielfache von 6 zu verwenden (12px, 18px, 24px, ...).

Libadwaita bietet eine Reihe von `..Row`-Widgets für verschiedene Arten von Ein-

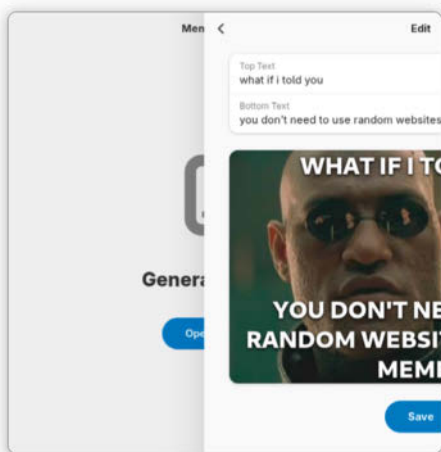
## GTK- und Libadwaita-Widgets (Auswahl)

Widget-Name	Zweck
<code>AdwApplicationWindow</code>	Hauptfenster einer Anwendung
<code>AdwClamp</code>	Kind-Widget zentrieren und dessen horizontale Größe begrenzen
<code>AdwEntryRow</code>	Eingabe von Text
<code>AdwHeaderBar</code>	Titelleiste eines Fensters
<code>AdwNavigationPage</code>	Einzelne Ansichten/Seiten; werden zu einer <code>AdwNavigationView</code> hinzugefügt
<code>AdwNavigationView</code>	Steuert die Anzeige von mehreren <code>AdwNavigationPage</code> -Widgets
<code>AdwPreferencesGroup</code>	Gruppe von <code>PreferencesRow</code> -Widgets, wie zum Beispiel <code>AdwEntryRow</code>
<code>AdwStatusPage</code>	Widget für einen Startzustand mit Überschrift und Icon
<code>AdwToolbarView</code>	Widget mit (Titel-)Leisten oben und/oder unten sowie einem weiteren Widget
<code>GtkBox</code>	Horizontale oder vertikale Anordnung mehrerer Widgets
<code>GtkButton</code>	Anklickbare Schaltfläche
<code>GtkFileDialog</code>	Dialogfenster zum Öffnen oder Speichern von Dateien
<code>GtkLabel</code>	Anzeige von einfachem Text
<code>GtkOverlay</code>	Widget mit anderen Widgets überlagern
<code>GtkPicture</code>	Anzeige eines Bildes
<code>GtkScrolledWindow</code>	Kind-Widget bei nicht ausreichendem Platz scrollen lassen

gaben. Um den Text für die Memes entgegenzunehmen, benötigt die App jeweils eine `AdwEntryRow` für oben und unten. Diese werden zu einer `AdwPreferencesGroup` hinzugefügt, damit sie optisch als eine Gruppe dargestellt werden. Fügen Sie hierfür folgenden Code in der `edit_box` beim Platzhalter `<!-- TODO: Texteingabe ... hinzu:`

```
<child>
  <object class="AdwPreferencesGroup">
    <child>
      <object class="AdwEntryRow">
        <id="top_entry_row">
          <property name="title">
            Top Text</property>
          </object>
        </child>
      <child>
        <object class="AdwEntryRow">
          <id="bottom_entry_row">
            <property name="title">
              Bottom Text</property>
            </object>
          </child>
        </object>
      </child>
    </object>
  </child>
```

Der eingegebene Text soll natürlich auch auf dem Meme erscheinen. Anstatt den eigentlichen Bildinhalt zu manipulieren, legt die App den Text als `GtkLabel`-Widget über das Bild. Dazu ersetzen Sie das `picture`-Objekt durch ein `GtkOverlay`, wie in Listing 3 aufgeführt. Dieses besteht aus einem Hauptwidget, das von mehreren Widgets mit `type="overlay"` überlagert werden kann.



**Das Widget `AdwNavigationView` stapelt einzelne Seiten übereinander. Gesten oder ein Klick auf den Zurück-Button öffnen die vorherige Seite.**

```
<object class="GtkOverlay" id="overlay">
  <property name="hexpand">True</property>
  <property name="halign">center</property>
  <!-- TODO: Zusätzliche CSS Klasse -->
  <child>
    <object class="GtkPicture" id="picture"/>
  </child>
  <child type="overlay">
    <object class="GtkLabel" id="top_label">
      <property name="label" bind-source="top_entry_row">
        <bind-property="text"/>
      <!-- TODO: attributes Property -->
      <property name="justify">center</property>
      <property name="wrap">True</property>
      <property name="wrap-mode">word-char</property>
      <property name="vexpand">True</property>
      <property name="valign">start</property>
    </object>
  </child>
  <child type="overlay">
    <object class="GtkLabel" id="bottom_label">
      <property name="label" bind-source="bottom_entry_row">
        <bind-property="text"/>
      <!-- TODO: attributes Property -->
      <property name="justify">center</property>
      <property name="wrap">True</property>
      <property name="wrap-mode">word-char</property>
      <property name="vexpand">True</property>
      <property name="valign">end</property>
    </object>
  </child>
</object>
```

**Listing 3: Im `GtkOverlay` werden die Textfelder (`GtkLabel`) auf das Bild gelegt und positioniert.**

Die Properties `hexpand` und `halign` dehnen das `GtkOverlay` innerhalb der `GtkBox` horizontal aus und und richten es mittig aus. Das Property `valign` legt fest, dass ein `GtkLabel` am oberen Rand ausgerichtet ist (`start`) und das andere durch den Wert `end` am unteren Ende.

Die beiden `GtkLabel`-Widgets haben mehrere Properties gesetzt, damit Zeilen automatisch umbrochen (`wrap`, `wrap-mode`) und mittig ausgerichtet (`justify`) werden. Eine Besonderheit des GObject-Typsensystems ist, dass Properties verschiedener Objekte miteinander verknüpft werden können. Die Angabe `bind-source` legt fest, welches andere Objekt referenziert wird, in diesem Fall die Eingabefelder (`AdwEntryRow`). Mit `bind-property` wird das gewünschte Property des referenzierten Objekts festgelegt, in diesem Fall `text`.

Gibt eine Person in der App einen Text ein, ändert sie das `text`-Property der `AdwEntryRow`-Objekte, was aufgrund des Bindings automatisch auch das `label`-Property der `GtkLabel`-Objekte aktualisiert, die sich über dem Bild befinden.

Beim Ausprobieren fällt allerdings schnell auf, dass der Text auf dem Bild recht klein und unleserlich ist. Das lässt sich mit den richtigen Pango-Attributen beheben. Pango ist in GTK für das Zeichnen und Layout des Textes zuständig. Für beide Labels wird daher das Property `attributes` mit folgenden Eigenschaften gesetzt:

```
<property name="attributes">
  0 -1 text-transform uppercase
  0 -1 font-desc "Cantarell"
  <bind-property="font-desc" bind-source="top_entry_row">
    <bind-property="font-desc" bind-source="bottom_entry_row">
      Ultra-Bold 25
</property>
```

Die Zahlen `0 -1` geben an, dass das Attribut für den gesamten Text gilt, also von Anfang (`0`) bis Ende (`-1`). Mit `text-transform` wird alles in Großbuchstaben umgewandelt, `font-desc` legt die Schriftart und -größe fest.

Bleibt noch das Problem, dass schwarze Schrift auf dunklen Bildern schlecht lesbar wäre. Glücklicherweise lässt sich dieses Problem mit CSS relativ einfach lösen, indem man den Text weiß färbt und

einen dezenten Schatten hinzufügt. Dazu erstellen Sie im Ordner src eine Datei style.css mit folgendem Inhalt:

```
.meme-text label {
  color: white;
  text-shadow: 0 2px 5px black;
}
```

Die CSS-Datei wird von Libadwaita automatisch erkannt und geladen, wenn Sie die Zeile `<file>style.css</file>` zur Datei `meme-generator.gresource.xml` hinzufügen. Anschließend fügen Sie die CSS-Klasse zu dem `GtkOverlay` Objekt hinzu:

```
<style>
  <class name="meme-text"/>
</style>
```

Damit das Meme die gleichen abgerundeten Ecken und den Schattenwurf hat wie die `AdwPreferencesGroup` darüber, verschachtelt man zusätzlich das `GtkOverlay`-Objekt in einer `GtkBox` mit der CSS-Klasse `card`.

```
<object class="GtkBox">
  <property name="overflow">↵
hidden</property>
  <style>
    <class name="card"/>
  </style>
  <child>
    <!-- GtkOverlay Objekt -->
  </child>
</object>
```

### Meme speichern

Schließlich soll die App das erstellte Meme auch speichern können, damit Sie anschließend das Internet damit erheitern können. Hierfür fügen Sie einen zweiten Button zur `edit_box` hinzu:

```
<child>
  <object class="GtkButton">
    <property name="label">Save↵
</property>
    <property name="halign">center↵
</property>
    <signal name="clicked" ↵
      <handler="save_button_clicked" ↵
      <swapped="true"/>
    <style>
      <class name="pill"/>
      <class name="suggested-action"/>
    </style>
  </object>
</child>
```

Vergessen Sie nicht, in der `window.rs` das Widget `overlay` (`gtk::Overlay`) zu dem `MemeGeneratorWindow-Struct` hinzuzufügen:

```
#[template_child]
pub overlay: ↵
  <TemplateChild<gtk::Overlay>,
```

Für den Speichern-Button benötigt die App innerhalb des Blocks `impl MemeGeneratorWindow` ein zweites Callback. Dieses erstellt unter anderem wieder einen `gtk::FileDialog`, der erneut ein Flat-



Das `GtkOverlay` (rot) enthält das eigentliche Bild, mit zwei überlagerten `GtkLabel`-Widgets (grün) für den Text auf dem Meme.

pak-Portal aufruft, um das Bild zu speichern.

Zum Speichern des eigentlichen Bildes wendet die App einen Trick an, den Sie in Listing 4 sehen: Um nicht auf spezielle Bibliotheken zur Bildverarbeitung zurückgreifen zu müssen, rendert sie das angezeigte `GtkOverlay` samt den Labels direkt als Bilddatei. Um die Breite und Höhe des Bildes zu ermitteln, muss der Skalierungsfaktor (`scale_factor()`) berücksichtigt werden, falls die App auf einem hochauflösenden Bildschirm läuft und die Bedienoberfläche etwa auf 200 Prozent skaliert ist.

Die Callback-Funktion erstellt mit `WidgetPaintable` einen Snapshot, der das angezeigte `GtkOverlay` zu diesem Zeitpunkt wiedergibt. Diesen Snapshot wandelt der Code in einen `RenderNode` um (`snapshot.to_node()`), welcher definiert, wie der Inhalt gerendert wird. Der `RenderNode` lässt sich dann beispielsweise mit Vulkan oder OpenGL rendern.

Mit `renderer()` wird der aktuell verwendete Renderer abgerufen. Dieser gibt den `RenderNode` mit `render_texture()` in eine `GdkTexture` aus, welche dadurch die eigentlichen Bilddaten enthält. Dabei definiert ein `GrapheneRect` die Breite und Höhe der `GdkTexture`. Diese speichern Sie dann mit `save_to_png()` als PNG-Bild ab.

Dies hat zwar den Nachteil, dass die Auflösung des gespeicherten Memes durch die Pixelgröße des dargestellten `GtkOverlay`-Widgets begrenzt ist. In diesem Fall ist das aber vernachlässigbar, da man für Memes in der Regel keine besonders hohe Auflösung benötigt.

### Flatpak exportieren

Um den Meme-Generator anderen Personen zur Verfügung zu stellen, können Sie ihn als Flatpak-Bundle exportieren. Dabei handelt es sich um eine installierbare

```
#[template_callback]
async fn save_button_clicked(&self) {
  let scale_factor = self.overlay.scale_factor();
  let width = (self.overlay.width() * scale_factor) as f32;
  let height = (self.overlay.height() * scale_factor) as f32;

  let paintable = gtk::WidgetPaintable::new(Some(&self.overlay));
  let snapshot = gtk::Snapshot::new();
  paintable.snapshot(&snapshot, width.into(), height.into());

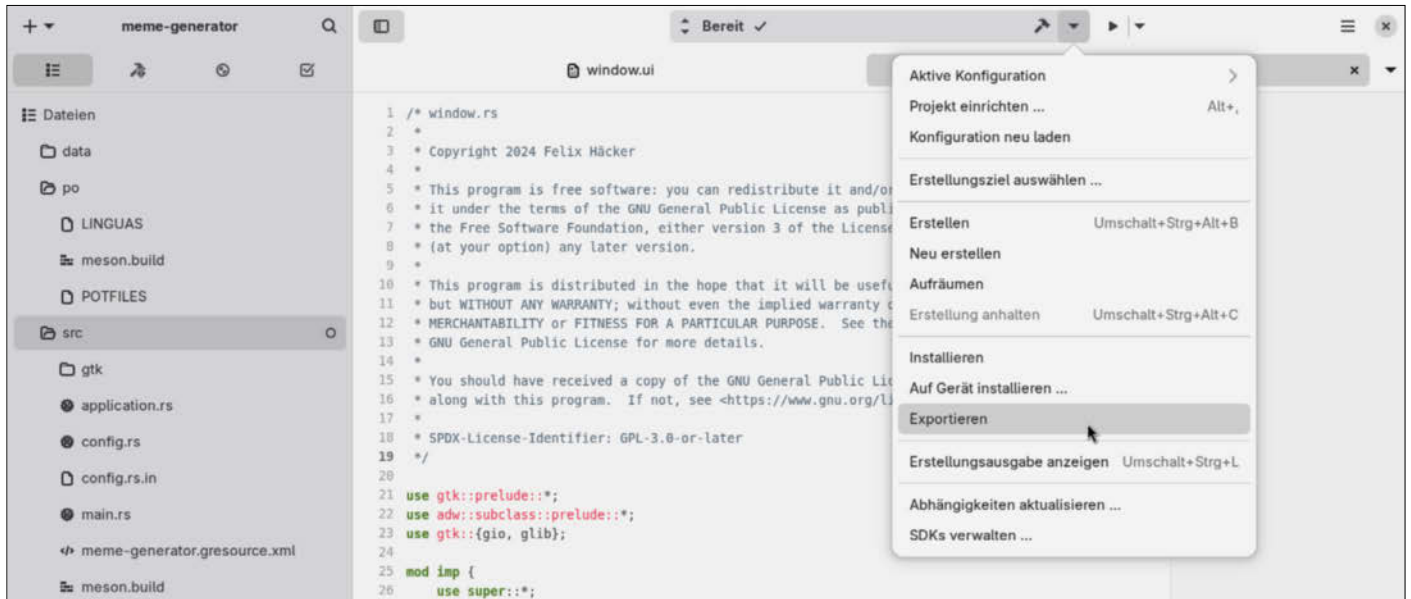
  let node = snapshot.to_node().unwrap();
  let renderer = self.overlay.native().unwrap().renderer().unwrap();

  let rect = gtk::graphene::Rect::new(0.0, 0.0, width, height);
  let texture = renderer.render_texture(&node, Some(&rect));

  let file_dialog = gtk::FileDialog::new();
  if let Ok(file) = file_dialog.save_future(Some(&self.obj())).await {
    texture.save_to_png(file.path().unwrap()).expect("Unable to save file");
  }
}
```

Listing 4: Beim Speichern wird der sichtbare Bereich des `GtkOverlay` als Bilddatei gerendert.





Mit der Exportieren-Funktion erstellen Sie direkt aus Gnome Builder heraus ein Flatpak-Bundle der App.

Datei, in der sich die App befindet. Klicken Sie dazu auf das Dropdown-Menü neben dem „Hammer“-Button in der Titelleiste von Gnome Builder und dann auf „Exportieren“. Eine wichtige Rolle hierbei spielt das Flatpak-Manifest. Diese JSON-Datei liegt im Projektverzeichnis und ist quasi das Rezept, wie die Flatpak-App erzeugt wird. Sie enthält neben den benötigten Abhängigkeiten auch die Berechtigungen, welche die App benötigt [4].

Üblicherweise werden Flatpak-Apps auf Flathub hochgeladen. Für eine Veröffentlichung fehlen dem Meme-Generator jedoch noch ein paar Kleinigkeiten, etwa ein richtiges App-Icon oder Informationen im About-Dialog. Außerdem gibt es im

Menü unter anderem noch einen nicht auswählbaren Punkt „Preferences“.

Dieser Artikel konnte nur die wichtigsten Grundkonzepte behandeln. Ausführliche Erläuterungen zur Entwicklung von Gnome Apps mit Rust finden Sie im gtk-rs-Book (siehe ct.de/ygmf). Probieren Sie doch, die erwähnten Kleinigkeiten zu ergänzen oder die App so zu erweitern, dass man die Schriftgröße und -farbe ändern kann.

Falls dieser Artikel Ihr Interesse geweckt hat und Sie gerne etwas für Gnome entwickeln möchten, ohne gleich eine neue Anwendung zu schreiben, gibt es auch viele bereits existierende Apps, an denen Sie sich beteiligen können. Unter

ct.de/ygmf haben wir für Sie weitere Informationen verlinkt, wie Sie auch als Einsteiger zu Gnome beitragen können.

(ktn@ct.de) **ct**

#### Literatur

- [1] Christoph Voigt, Mit der Krabbe programmieren, Einführung in die Programmiersprache Rust, c't 26/2024, S. 134
- [2] Keywan Tonekaboni, App-Lieferdienste, Software unter Linux installieren, c't 12/2024, S. 28
- [3] Keywan Tonekaboni, App-Store im Terminal, Linux-Apps mit Flatpak installieren und verwalten, c't 15/2024, S. 154
- [4] Tim Schürmann, Päckchen schnüren, Flatpak-Pakete für Linux selbst bauen, c't 1/2021, S. 156

**Quelltext, gtk-rs-Buch und weitere Rust-Links:** [ct.de/ygmf](https://ct.de/ygmf)

## Ihre IT-Feuerwehr im Ernstfall Mit iX gut gerüstet bei Cyberangriffen



Heft + PDF mit  
28% Rabatt

Heft für 19,90 € • PDF für 17,49 €  
• Heft + PDF 26,50 €

[shop.heise.de/ix-notfallguide24](https://shop.heise.de/ix-notfallguide24)

Jetzt  
bestellen!



# Für Wissenshungrige...

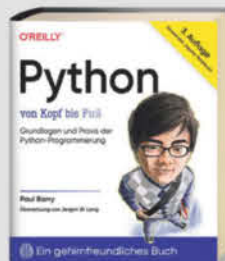
## Ausgewählte Fachliteratur



Mareile Heiting  
**Windows 11 – Das große Handbuch (5. Auflage)**

Das umfassende Handbuch zu Windows 11 bietet Einsteigern und fortgeschrittenen Nutzern alles, um das Betriebssystem sicher und effektiv zu handhaben.

19,90 €



Paul Barry  
**Python von Kopf bis Fuß (3. Auflage)**

Die aktualisierte Auflage bietet unterhaltsame, fundierte Einführung in Python, behandelt Grundlagen, Datenstrukturen, Web-Technologien, Datenanalyse mit Pandas, für leicht fortgeschrittene Einsteiger.

Auch als PDF und ePub erhältlich!

49,90 €

NEU



Charles Petzold  
**Code – Wie Computer funktionieren**

Charles Petzold lüftet das Geheimnis über das verborgene Innenleben und die grundlegende Funktionsweise von Computern – von der Hardware bis zur Software.

Auch als PDF und ePub erhältlich!

39,99 €



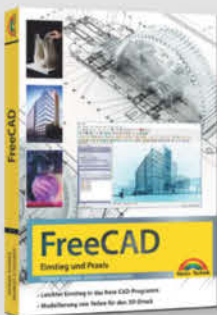
Heinrich Gantenbein, Michael Howard, Simone Curzi

**Microsoft Azure Security**

Bietet bewährte Methoden und Grundprinzipien für sichere Cloud-Anwendungen in Microsoft Azure, einschließlich Entwurf, Entwicklung, Einsatz und Langzeitstrategien gegen Sicherheits Herausforderungen, von Experten erläutert.

Auch als PDF und ePub erhältlich!

59,90 €



Werner Sommer, Andreas Schlenker  
**FreeCAD – Einstieg und Praxis**

Dieses praxisorientierte FreeCAD-Buch ist ein Tutorial und Nachschlagewerk für 2D/3D Modellierung und technische Zeichnungen, deckt 3D-Druck, Gebäudedesign, CNC, FEM ab, inklusive Übungen.

19,95 €

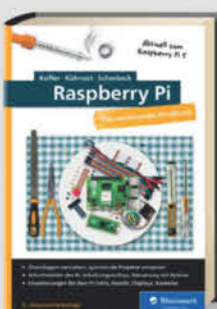


Eric Amberg, Daniel Schmid  
**Hacking – Der umfassende Praxis-Guide (3. Aufl.)**

Aktualisierte 3. Auflage des Guides mit CEHv12 Prüfungsvorbereitung, bietet Workshops, Anleitungen und Tipps zu Hacking-Techniken und Gegenmaßnahmen in sechs Bereichen, ideal als Lehr- und Nachschlagewerk.

49,99 €

BEST-SELLER



Michael Kofler, Charly Kühnast, Christoph Scherbeck  
**Raspberry Pi (8. Auflage)**

Standardwerk in 8. Auflage, aktuell zum Raspberry Pi 5. RasPi-Experten Michael Kofler, Charly Kühnast und Christoph Scherbeck bieten auf über 1.000 Seiten umfassendes Wissen zum Raspberry Pi.

44,90 €



Sophia Sanner, Pit Noack  
**Künstliche Intelligenz verstehen (2. Aufl.)**

Interaktive, spielerische Einführung in KI-Technologien, Schwerpunkt auf Experimentieren, mit handgezeichneten Infografiken, Online-Projekten, deckt von Grundlagen bis Neuronale Netze und Transformers ab, ideal zum Lernen.

29,90 €

NEU



shop.heise.de/highlights2024

PORTOFREI AB 20 € BESTELLWERT INNERHALB DEUTSCHLANDS

© Copyright by Heise Medien.





## Zubehör und Gadgets



### Oxocard Artwork Creative Coding

Lernen Sie die Grundlagen der Computeranimation mit dem ESP32-Chip. Erzeuge beeindruckende visuelle Effekte wie in Spielen und Filmen dank leistungsfähiger Hardware.

Ideal für Einsteiger!

~~69,90 €~~

39,90 €



### Oxocard Science Plus GOLD Edition

Hochwertige Computerplatine mit 8 Sensoren, 16 Werten, Experimentierplatine und offener Programmierschnittstelle zur Beobachtung und Änderung der Programme.

Im praktischen Kreditkartenformat!

119,90 €



### c't 3003-Hipbag/Bauchtasche

Total praktisches c't 3003-Merch. Dieses ultimative Fashion-Statement fällt garantiert überall auf und es passt jede Menge rein. Mit Innentasche und verstellbarem Hüftgurt.

Sieht garantiert ghyle aus!

14,90 €



### Cyber Clean Professional Reinigungsmasse

High-Tech-Masse entfernt 99,99% der Keime, reinigt strukturierte Oberflächen und Zwischenräume, ohne Feuchtigkeit abzugeben. Ideal für empfindliche Oberflächen und elektronische Geräte.

Für Hygiene und Wohlbefinden!

16,90 €



### Nitrokey Passkey

Schützen Sie Ihre Accounts zuverlässig gegen Phishing und Passwort-Diebstahl mit sicherem, passwortlosem Login und Zweifaktor-Authentifizierung (2FA) durch WebAuthn/FIDO2. Praktisches USB-A Mini Format für den Schlüsselbund.

Qualität made in Germany!

34,90 €



### Nitrokey-Secure-Bundle C/C

Der Nitrokey 3A NFC ist ein starker Security Token für mobile Geräte. Der USB-C Daten Blocker schützt vor unerwünschter Datenübertragung. Inklusive c't-Security-Checklisten als PDF.

Schutz gegen Massenüberwachung und Hacker!

64,90 €

AUCH ALS  
USB-A/C-  
VERSION



### c't Jumbotasse „Kein Backup? Kein Mitleid!“

Unsere Tasse erinnert Ihre Kollegen an regelmäßige Updates. Jetzt mit 450 ml für mehr Kaffeegenuss.

Nie wieder Stress ungesicherter Daten: Kein Backup? Kein Mitleid!

Natürlich spülmaschinengeeignet!

17,90 €



### Messbecher „Wissenschaft“

Schluss mit Langeweile in der Küche! Auf diesem Messbecher stehen 14 nerdige Fun Facts. Fragen wie „Wie viel Platz nehmen 30.000 Reiskörner ein?“ werden beantwortet.

Aus hitzebeständigem Borosilikatglas!

19,90 €



# Tipps & Tricks

## Sie fragen – wir antworten!

### Passwort trotz Passkey?

**?** Wenn ich auf dem Android-Handy einen Passkey für mein Amazon-Konto einrichte, kann ich mich dann trotzdem noch per Passwort einloggen? Falls ja: Sind Passkeys dann wirklich ein Schritt zu mehr Sicherheit?

**!** Wenn man bei Amazon einen Passkey einrichtet, bleibt das Passwort wie bei vielen anderen Diensten auch mit all seinen Nachteilen weiterhin bestehen. Mehr Sicherheit und Komfort bietet das Verfahren trotzdem: Das Einloggen geht schneller und sofern man konsequent den Passkey nutzt, verringert man auch die Gefahr, dass man Zugangsdaten auf einer Phishing-Seite eingibt. Denn egal, wie gut sie ansonsten gemacht ist, mit der Frage nach einem herkömmlichen Passwort verrät sie sich als gefälscht.

In c't 18/2023 haben wir die Frage nach dem Fortbestehen des Passworts mit dem Chef der FIDO-Alliance besprochen. Er prophezeit, dass die Eingabe des Passworts künftig ein Risikosalbe sein könnte, auf das Anbieter ähnlich reagieren können wie auf Anmeldeversuche von einem ungewöhnlichen Ort oder auf einem unbekanntem Gerät. *(kst@ct.de)*

### MS-Konto, Hyper-V und die Erweiterte Sitzung

**?** In einer Hyper-V-VM läuft Windows 11 Pro, angemeldet bin ich mit einem Microsoft-Konto. Weil ich Sound, Drucker, Laufwerke und so weiter in die VM durchreichen will, versuche ich, auf eine „Erweiterte Sitzung“ umzuschalten. Das scheitert jedoch: Ich sehe dann zwar den Anmeldebildschirm, doch es fehlt das Eingabefeld für Kennwort oder PIN. In VMs ohne Microsoft-Konto habe ich das Problem nicht.

**!** Ursache ist hier oft, dass Windows „Hello“ für die Anmeldung verwendet, was in virtuellen Maschinen aber nicht funktioniert. Abhilfe: Wechseln Sie vorübergehend wieder zurück zu einer einfachen Sitzung, drücken Sie die Windows-Taste und tippen buchstabenweise „Anmeldeoptionen“ ein, bis der gleichnamige Suchtreffer erscheint. Hier deaktivieren Sie unter „Zusätzliche Einstellungen“ die Option „Für Microsoft-Konten auf diesem Gerät aus Sicherheitsgründen nur Anmeldung mit Windows Hello erlauben (empfohlen)“. Anschließend sollte auch das Anmelden in der erweiterten Sitzung funktionieren. *(axv@ct.de)*

### Microcode- oder BIOS-Update?

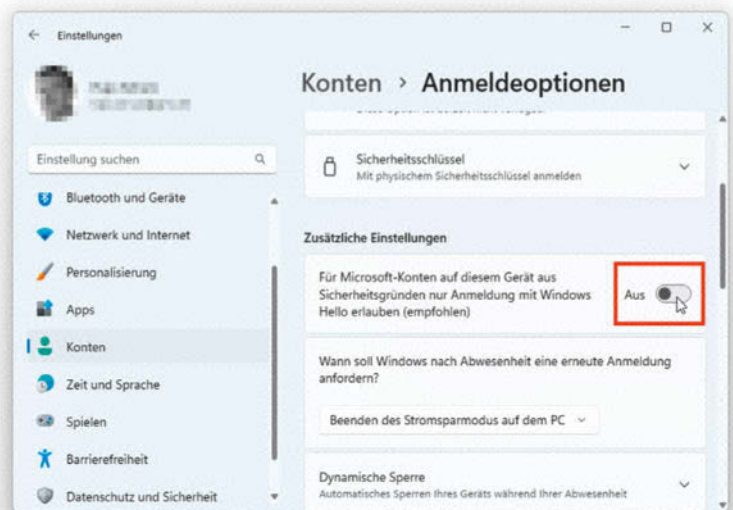
**?** Ich nutze einen Intel Core i5-13600K auf einem Mainboard Gigabyte B760 DS3H. Betriebssystem ist Debian Bookworm. Obwohl ich den Prozessor nicht übertakte, ist er wohl von den Überspannungsproblemen betroffen, von denen Sie

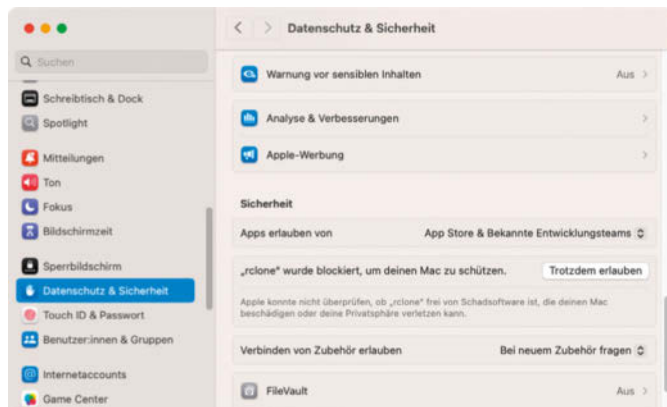
in letzter Zeit öfter berichtet haben. Das anstehende BIOS-Update würde ich aber gerne vermeiden, weil ich die Sorge habe, dass dabei etwas schief laufen könnte. Meine Hoffnung ist, dass die Installation des Debian-Pakets „intel-microcode“ in der neuesten Version ein BIOS-Update unnötig macht. Können Sie mir dazu bitte Ihre Einschätzung geben?

**!** Zunächst einmal ist bei modernen Systemen ein BIOS-Update sehr sicher. Die einfachste Variante ist, die Zip-Datei herunterzuladen, den Inhalt auf einen USB-Stick zu entpacken, ins BIOS-Setup zu gehen und dort mit dem integrierten Updater (bei Gigabyte: Q-Flash) die Firmware zu aktualisieren.

Das Microcode-Update über das Betriebssystem wird in dem Fall nicht ausreichen, weil es nicht nur einen Bug, sondern mehrere gibt, die im Laufe der letzten Monate bekannt wurden (siehe c't 23/2024, S. 40). Und nicht alle stecken im Microcode. An einem BIOS-Update führt also kein Weg vorbei. *(chh@ct.de)*

**In HyperV-VMs funktioniert die Anmeldung via Windows Hello nicht. Für „Erweiterte“ Sitzungen muss man die Pflicht dazu ausschalten.**





**Wer einer unsigned App unter macOS 15.1 die Startgenehmigung erteilen will, muss sich beeilen: Der Knopf „Trotzdem erlauben“ erscheint nur eine Stunde lang.**

Adapter Mediatek MT7922 nicht. Dass der Rechner wie von Ihnen beobachtet beim Aufwachen aus dem Suspend-to-RAM (S3) abstürzt, ist eine Nebenwirkung des defekten Treibers. Als Workaround können Sie im BIOS-Setup Bluetooth einfach abschalten. Eine echte Lösung bringt erst eine neuere Kernel-Version, die die Fehlerursache behebt. (chh@ct.de)

## Langsamen USB-Stick beschleunigen

? Ich trage einen USB-Stick am Schlüsselbund mit mir herum, von dem ein Notfall-Linux startet und der als Mal eben-schnell-Datentransporteur dient. Seit einiger Zeit binden PCs ihn aber nur mit dem langsamen USB 2.0 ein, falls sie ihn überhaupt erkennen. Kann die Elektronik derart verschlissen sein?

! Entsorgen Sie den Stick noch nicht, denn seine Elektronik ist wahrscheinlich intakt. Nehmen Sie einen feinen Zahnstocher, ein angespitztes Streichholz oder notfalls eine aufgebogene Büroklammer. Damit pulen Sie vorsichtig, also mit wenig Kraft, um die Kontakte zu schonen, eventuelle Flusen aus dem Stecker des Sticks heraus. Setzen Sie nach dem ersten Fussel ruhig noch einmal nach: In dem kleinen Raum kann sich unglaublich viel Schmutz verstecken! Bei uns hat die Prokelei geholfen: Ein 128-GByte-Stick spuckte hernach Daten wieder mit den gewohnten 180 statt lahmer 35 MByte/s aus. (ea@ct.de)

## Unsigned Apps auf macOS ab 15.1 starten

? Mit dem Update auf macOS 15.1 hat Apple anscheinend die Möglichkeit deaktiviert, Apps auszuführen, die nicht von Apple signiert sind. Natürlich kann man den Gatekeeper vollständig deaktivieren, aber das scheint mir ein recht riskanter Eingriff ins System zu sein. Oder übersehe ich etwas?

! Auf den ersten Blick hat es tatsächlich den Anschein, dass man unsigned Apps ab macOS 15.1 gar nicht mehr ausführen kann. Aber der Eindruck täuscht: Apple hat es lediglich noch umständlicher gemacht, das Ausführen unsigned Apps zu genehmigen. Auch läuft die Frist zur Startgenehmigung nach einer Stunde ab.

Aber der Reihe nach: Wenn Sie eine unsigned Anwendung installieren, verpasst ihr macOS Sequoia ab Version 15.1 einen Quarantäne-Stempel, der verhindert, dass sie ausgeführt wird. Klickt man drauf, meldet macOS lediglich, dass die Sicherheitsüberprüfung gescheitert ist und deshalb die App nicht gestartet wird. Den Hinweis, dass man die App trotz fehlender Sicherheitsüberprüfung starten kann, verschweigt Apple an dieser Stelle – vermutlich, um möglichst viele Anwender vor Malware zu schützen.

Wenn Sie sichergestellt haben, dass eine unsigned App vertrauenswürdig ist, können Sie ihr trotzdem die Startgenehmigung erteilen. Dazu öffnen Sie in den Systemeinstellungen die Abteilung „Datenschutz & Sicherheit“. Im Abschnitt Sicherheit führt macOS auf, es habe die betreffende App „blockiert, um deinen Mac zu schützen“. Daneben blendet das Betriebssystem eine Stunde lang den Knopf „Trotzdem erlauben“ ein. Klickt man ihn an, muss man sich nur noch authentifizie-

ren, um die Anwendung fortan ohne Umschweife starten zu können.

Falls der Knopf „Trotzdem erlauben“ fehlt, können Sie die App in den Papierkorb werfen und neu installieren. Dann läuft die Frist für die Startgenehmigung von vorn. Alternativ kann man die Startgenehmigung wie bisher mit dem Terminal-Kommando `xattr` erteilen. Das Muster sieht folgendermaßen aus:

```
xattr -r -d com.apple.quarantine \
~/Applications/Unsigned.app
```

Ersetzen Sie im obigen Beispiel „Unsigned.app“ durch den Namen der App, die macOS blockiert. Der Befehl `xattr -r -d` entfernt dann das Quarantäne-Attribut von allen Dateien des angegebenen Pfads und Sie können die App ohne Weiteres starten. (dz@ct.de)

## Rechner wacht unter Linux nicht aus Standby auf

? Ich habe mir kürzlich einen Rechner mit dem AM5-Mainboard Asus TUF Gaming X670E-Plus WIFI und einem Ryzen 9 9900X zusammengebaut. Diesen verwende ich unter Arch Linux mit Kernel 6.11.7. Der PC ist per Ethernet angeschlossen, WLAN und Bluetooth nutze ich nicht. Er wacht nicht aus dem Schlafzustand auf und ich muss ihn dann neu starten. Woran liegt das?

! Die Ursache für den Fehler ist einigermaßen überraschend: Hätten Sie versucht, Bluetooth-Geräte zu benutzen, wäre Ihnen vermutlich schon aufgefallen, dass diese nicht erkannt werden. Bei der Kernel-Version 6.11.7 funktioniert nämlich das Bluetooth-Modul für den auf dem Board verwendeten WLAN/Bluetooth-

Fragen richten Sie bitte an

[hotline@ct.de](mailto:hotline@ct.de)

[c't Magazin](#)

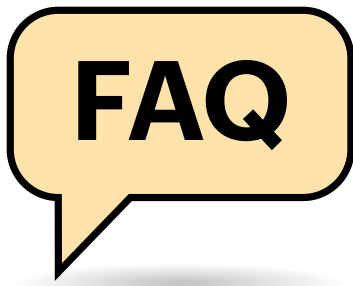
[@ctmagazin](#)

[ct\\_magazin](#)

[@ct\\_Magazin](#)

[c't magazin](#)

Alle bisher in unserer Hotline veröffentlichten Tipps und Tricks finden Sie unter [www.ct.de/hotline](http://www.ct.de/hotline).



# Festplatten und SSDs

**Solid-State Drives mit Flash-Speicher haben in PCs und Notebooks die Festplatten mit ihren rotierenden Magnetscheiben abgelöst. In ein paar Nischen aber finden diese immer noch einen Platz und die Auswahl der richtigen SSD bleibt kompliziert.**

Von Lutz Labs

## Bauformen

**?** Festplatten gibt es in 2,5- und 3,5-Zoll-Gehäusen. Welche Bauformen gibt es bei SSDs und welche Kapazitäten sind heute möglich?

**!** 2,5-Zoll-Festplatten kommen heute fast nur noch als externe USB-Laufwerke in den Handel, Neuentwicklungen gibt es kaum noch. Western Digital hat 2024 eine weitere Scheibe in das Gehäuse gequetscht und damit eine Kapazität von nunmehr 6 TByte erreicht, mehr dürfte es nicht mehr werden. Diese hochkapazitiven 2,5-Zoll-Festplatten sind mindestens 15 Millimeter hoch und damit zu groß für übliche 2,5-Zoll-Schächte, diese fassen nur Laufwerke mit bis zu 9,5 Millimeter Höhe.

3,5-Zoll-Festplatten sind mittlerweile bei 24 bis 32 TByte Speicherplatz angekommen, je nach Aufzeichnungsverfahren. Die Laufwerke haben immer noch dieselbe Höhe von rund 26 Millimeter wie seit Jahrzehnten und passen damit in die verbreiteten Festplattenkäfige von Desktop-Gehäusen, NAS-Systemen und Servern hinein. Bis 2030 wird ihre Speicherkapazität wohl auf rund 50 TByte steigen.

Die meisten heute verkauften SSDs nutzen die Schnittstelle PCI Express (PCIe). Alle Bauteile sitzen auf einer Platine mit den Maßen 22 × 80 Millimetern; das Format nennt sich M.2-2280. Bisher passen maximal 8 TByte Flash-Speicher drauf, die hochkapazitiven Modelle sind auch auf der Unterseite bestückt. Für die höchste Geschwindigkeitsstufe PCIe 5.0 sind bislang (Stand Ende 2024) Kühlkörper notwendig, um die im Betrieb aufgenommene Leistung von bis zu 13 Watt abzuführen; ansonsten würden Controller und Flash-Chips überhitzen.

Weniger verbreitet sind die Formate 2230, 2242 und 22100 mit 30, 42 und 110 Millimeter Länge. Die kleinen mit einer Maximalkapazität von 2 TByte sind vor

allem im Spielkonsolen üblich, die langen in Servern.

2,5-Zoll-Festplatten wurden von SATA-SSDs in dieser Bauform verdrängt, aber auch deren Marktanteil fällt mittlerweile zugunsten der PCIe-SSDs. Es gibt auch SATA-SSDs im M.2-Format, doch spielen diese heute praktisch keine Rolle mehr. Sie funktionieren in vielen modernen Mainboards nicht und auch die maximalen Kapazitäten sind geringer als bei M.2-SSDs mit PCIe-Anschluss.

Vor einigen Jahren gab es auch SSDs in Form von PCIe-Steckkarten, sie waren vor allem für Mainboards ohne M.2-Slot notwendig; mittlerweile sind sie vom Markt verschwunden. Im Handel erhältlich sind hingegen noch PCIe-Adapterkarten für M.2-SSDs. Die günstigsten haben nur einen Steckplatz, solche mit zwei, vier oder noch mehr M.2-Slots gibt es in zwei Versionen: Die teureren Karten mit zusätzlichem PCIe-Switch-Chip funktionieren in beliebigen Rechnern. Die billigeren Karten setzen voraus, dass das Mainboard in der Lage ist, die PCIe-Lanes eines Steck-

platzes auch als mehrere separate PCIe-Ports anzusteuern.

Weitere SSD-Bauformen kommen praktisch nur in Rechenzentren vor. Weit verbreitet sind dort 2,5-Zoll-SSDs mit SAS-, U.2- oder U.3-Anschluss. Den speziell für Server entwickelten Enterprise and Data Center Standard Form Factor (EDSFF) gibt es in verschiedenen Versionen. EDSFF definiert verschiedene Längen, Höhen und Breiten sowie die zulässige Leistungsaufnahme und Kühlanforderungen. In einem nur 4,5 Zentimeter hohen Storage-Server können beispielsweise 32 SSD-Einschübe im Format E1.L mit jeweils 30 TByte stecken, was zu einer Gesamtkapazität von knapp 1 PByte führt.

## Anschlüsse und Protokolle

**?** Von SATA und PCIe habe ich schon einmal gehört. Aber was sind SAS, AHCI oder NVMe?

**!** In Desktop-Rechnern und Notebooks sind die Anschlüsse SATA und PCIe verbreitet, in Servern kommt SAS hinzu. Zur Kommunikation zwischen den Laufwerken und der CPU dient das darauf aufbauende Protokoll, etwa AHCI bei SATA.

Der seit 2009 gültige SATA-III-Standard nutzt eine Schnittstelle mit 6 Gbit/s, netto sind rund 560 MByte/s möglich. Die meisten Festplatten und viele SSDs im 2,5-Zoll-Gehäuse nutzen SATA. Mainboards hatten früher bis zu acht SATA-Ports, mittlerweile sinkt deren Anzahl. Bei der Gelegenheit: SATA steht für Serial ATA, also den seriellen Anschluss eines Laufwerks an den Host-PC; SAS für Serial Attached SCSI, eine moderne und ebenfalls serielle Version des alten SCSI-Anschlusses.

SAS ist sozusagen die Server-Version von SATA, der Anschluss ist bei Festplatten und SSDs im 2,5-Zoll-Gehäuse verbreitet. SAS benötigt spezielle Controller, die über



**In modernen Rechnern sind drei Laufwerkstypen verbreitet: Die schnellen M.2-SSDs, die langsameren SATA-SSDs und die noch langsameren Festplatten.**



SAS-Expander eine große Anzahl von Laufwerken ansprechen können. Es gibt SAS-Laufwerke mit zwei Anschlüssen (Dual-Port), welche an zwei SAS-Controllern oder gar zwei Storage-Systemen gleichzeitig hängen können, um die Ausfallsicherheit zu steigern. SAS-Controller können auch SATA-Laufwerke ansprechen.

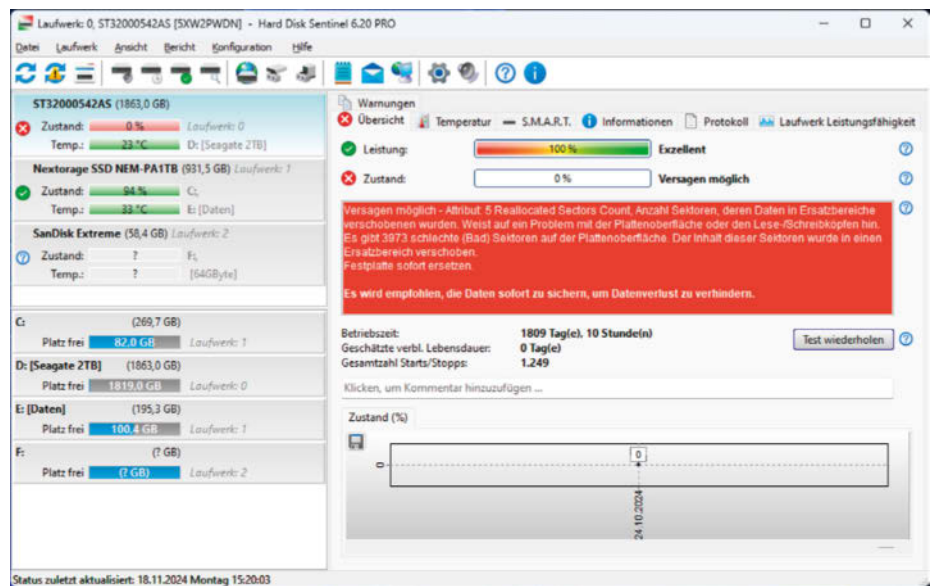
Die meisten PCIe-SSDs nutzen vier PCIe-Lanes und erreichen damit deutlich höhere Geschwindigkeiten als SATA-SSDs; schon mit PCIe 3.0 x4 sind knapp 4 GByte/s möglich, jede jüngere PCIe-Generation verdoppelt das Tempo. Moderne Mainboards haben mindestens einen M.2-Slot, Daten- oder Stromkabel sind für den Anschluss nicht mehr notwendig. Anfangs gab es ein paar PCIe-SSDs, die per AHCI mit der CPU kommunizierten, doch seit einigen Jahren ist ausschließlich das NVMe-Protokoll dafür zuständig. U.2 ist die Server-Version von M.2 für den Anschluss von 2,5-Zoll-SSDs über Kabel oder Hotswap-taugliche Backplanes; elektrisch gibt es keine Unterschiede.

## Große SSD oder zusätzliche Festplatte?

Ich stelle gerade einen neuen PC zusammen und benötige etwa 2 Terabyte Speicherplatz. Sollte ich nun eine kleine SSD für das Betriebssystem kaufen und dazu noch eine 2-TByte-Festplatte für die Daten oder besser gleich eine größere SSD?

Wir raten zu einem gemeinsamen Laufwerk für System und Daten. Eine System-SSD sollte mindestens 500 GByte groß sein, eine solche M.2-SSD kostet ab 30 Euro. Eine 2 TByte große SSD gleichen Typs ist ab etwa 100 Euro erhältlich, eine 2-TByte-Festplatte kostet mindestens 50 Euro – zusammen mit der System-SSD sind das auch schon 80 Euro. Der Preisvorteil gegenüber der einzelnen SSD liegt bei nur rund 20 Euro.

Durch die Kosten für den Stromverbrauch der Platte schwindet dieser Unterschied. Eine vor sich hin rotierende Festplatte benötigt circa 4 bis 5 Watt, bei einem Strompreis von 30 Cent pro Kilowattstunde ist die SSD-Festplatten-Kombination nach etwa zwei Jahren teurer als eine einzelne SSD. Der Stromverbrauch lässt sich zwar durch das Abschalten des Motors noch auf rund 1 Watt reduzieren, aber damit handelt man sich nervige Wartezeiten beim Zugriff auf die Festplatte ein.



**Der Hard Disk Sentinel schließt aus den SMART-Werten dieser Festplatte, dass sie bald ausfallen wird, und rät dringend zu einer Datensicherung.**

## SMART-Infos auslesen

Protokollieren Festplatten und SSDs, wie lange sie schon gelaufen sind?

Ja, dafür gibt es den SMART-Standard. Das Kürzel steht für Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology und die Technik ist seit Jahrzehnten verbreitet. Gängige Software zum Auslesen solcher Informationen sind unter Windows die Programme Crystal Disk Info und Hard Disk Sentinel; das Kommandozeilenprogramm Smartmontools steht für verschiedene Betriebssysteme bereit (Downloads über [ct.de/yc9j](http://ct.de/yc9j)).

Einige Hersteller legen Teile des SMART-Standards nach ihrem Gutdünken aus, daher müssen die Programmierer der Tools ihre Software immer wieder an neue Modelle anpassen. Es lohnt sich also, gelegentlich mal die Datenbank der Programme zu aktualisieren oder gleich eine neue Version zu installieren.

Eine exakte Angabe, wann das Laufwerk erstmals eingeschaltet wurde, findet sich in den SMART-Datenbankfeldern zwar nicht. Es gibt jedoch Felder für die Betriebsstunden und die Menge der gelesenen und geschriebenen Bytes sowie Felder für den Grad der Abnutzung. Damit kann eine Überwachungssoftware vor einem drohenden Laufwerksausfall warnen.

Die meisten aktuellen BIOSe fragen bereits beim PC-Start die Laufwerke ab und warnen, falls sie einen drohenden

Ausfall erkennen. Den meisten Festplatten- und SSD-Ausfällen geht aber wahrscheinlich keine SMART-Warnung voraus, an regelmäßigen Backups führt also kein Weg vorbei.

## Hibernate auf Festplatte?

SSDs nutzen sich ja ab. Da ich meinen Rechner häufig in den Ruhezustand versetze, schreibt Windows viele Daten auf das Laufwerk. Ich tendiere dazu, dafür die Festplatte zu verwenden, die ich als zweites Laufwerk im PC habe. Ist das sinnvoll?

Nein. Zum einen verschenken Sie den Vorteil der SSD, also das schnelle Speichern und Laden – es dauert also einfach viel länger.

Zum anderen verträgt eine Festplatte gar nicht unbedingt mehr Daten als eine SSD. Auch eine Festplatte hat ein sogenanntes Workload-Rating, nach dessen Erreichen sie zwar wahrscheinlich weiter funktioniert, aber aus der Garantie herausfällt. Bei Desktop-Festplatten liegt dieser Wert niedrig, Seagate etwa nennt dafür 55 TByte pro Jahr bei meistens drei Jahren Garantie. Server-Festplatten gibt es hingegen beispielsweise mit einem Workload-Rating von bis zu 550 TByte pro Jahr und fünf Jahren Garantiefrist. Das Workload-Rating ist von der Kapazität der Festplatte unabhängig.

Eine gute TLC-SSD mit 1 TByte Speicherplatz hingegen darf im Rahmen der

Garantie insgesamt mit rund 600 TByte beschrieben werden, übliche aktuelle QLC-SSDs noch mit mindestens 200 TByte. Bei SSDs mit höherer Kapazität liegt auch die zugesicherte Schreibfestigkeit (Endurance) höher.

Beim Umschalten in den Ruhezustand (Hibernation) schreibt das System typischerweise etwa halb so viele Daten auf das Systemlaufwerk, wie DRAM eingebaut ist. Das fünfmalige Zuklappen eines mit 16 GByte DRAM bestückten Notebooks befüllt das Laufwerk folglich mit 40 GByte, bei 230 Arbeitstagen pro Jahr summiert sich das auf gerade einmal knapp 10 TByte. Hinzu kommen natürlich noch die Daten, die man selbst auf das Laufwerk schreibt. Ein wesentlicher Unterschied zwischen Festplatte und SSD besteht ferner darin, dass in das Workload-Rating bei Festplatten das Lesen und Schreiben von Daten eingeht, in die SSD-Endurance hingegen nur das Schreiben – das weit häufigere Lesen nagt also nicht an der SSD-Haltbarkeit.

## Lebenszeit von Daten auf einer SSD

**?** Ich speichere meine Backups mittlerweile auf SSD. Das geht einfach schneller. Doch wie lange halten die Daten, wenn die SSD stromlos im Schrank liegt?

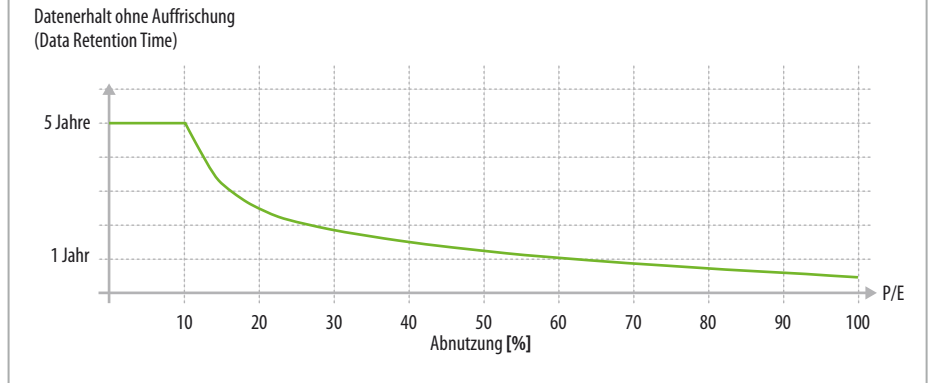
**!** Die Lebenszeit von Daten auf SSDs hängt von der Abnutzung der Zellen ab. Sofern Sie eine neue SSD verwenden, sind Daten wahrscheinlich auch nach Jahren noch lesbar, bei stark abgenutzten Zellen möglicherweise nur wenige Monate.

Flash-Zellen speichern elektrische Ladungen in einem Floating Gate beziehungsweise Charge Trap Layer, das von einer isolierenden Oxidschicht umschlossen ist. Diese wird durch die Programmier- und Löschoptionen auf die Dauer irreversibel geschädigt; man spricht vom Wear Out. Mit steigender Anzahl der Löschoptionen steigt die Wahrscheinlichkeit, dass Elektronen durch die Oxidschicht entweichen und beim Auslesen der Speicherzelle ein falscher Wert erscheint. Zwar repariert die Fehlerkorrektur der SSD-Firmware vieles, doch irgendwann ist auch diese machtlos, die SSD meldet einen Lesefehler.

Suchen Sie bei gebrauchten SSDs im Datenblatt nach der Angabe Terabytes

## Data Retention Time

Das Diagramm zeigt typische Herstellerangaben für den Verlauf des Datenerhaltes in Abhängigkeit von der Abnutzung. Eine Verdoppelung der Abnutzung führt zu einer Halbierung der Data Retention Time. Bei 10 Prozent Abnutzung beträgt die Haltezeit bei vielen Herstellern fünf Jahre, bei 100 Prozent dann nur noch sechs Monate. Für Backup- und Archivmedien ist besonders der Abschnitt der ersten 10 Prozent interessant. Insbesondere, wenn die Abnutzung deutlich unter 100 Zyklen liegt, lassen sich in diesem Bereich sehr lange Zeiten erzielen.



Written (TBW) und schauen Sie mit einem SMART-Tool nach, wie viele Terabytes die SSD davon schon aufgebraucht hat. Das untenstehende Diagramm ermöglicht, aus der anteiligen Abnutzung dann abzuschätzen, wie lange die SSD ihre Daten ohne Stromzufuhr hält.

## Etwas Platz lassen

**?** Früher hieß es, man solle zur Schonung des Laufwerks immer etwa 10 Prozent der SSD-Kapazität unpartitioniert und unformatiert lassen. Stimmt das heute noch?

**!** Das hat noch nie gestimmt. Die Firmware der SSD weiß nichts von einer Formatierung oder von Partitionen, sondern sorgt unabhängig davon dafür, dass alle Zellen möglichst gleichmäßig abgenutzt werden.

Eine SSD sollte trotzdem nicht randvoll gefüllt sein. Sie hat dann zwar immer noch einen Reservespeicher für notwendige Aufräumarbeiten, kann jedoch unter Umständen keinen Speicherplatz für einen schnellen SLC-Cache mehr bereitstellen; die SSD wird dann bei langen Schreibvorgängen langsamer.

## Backblaze-Statistiken

**?** Der Cloud-Provider Backblaze veröffentlicht immer wieder Statistiken zu

den Ausfällen seiner Festplatten und SSDs. Sollte ich mich beim Kauf einer Festplatte daran orientieren, um ein möglichst langlebiger Exemplar zu bekommen?

**!** Die Backblaze-Daten haben keine Aussagekraft für ein einzelnes Laufwerk in einem Desktop-PC oder Notebook. Auch eine „gute Backblaze-SSD“ kann jederzeit ausfallen, eine vermeintlich schlechte wiederum jahrelang ohne Probleme durchlaufen.

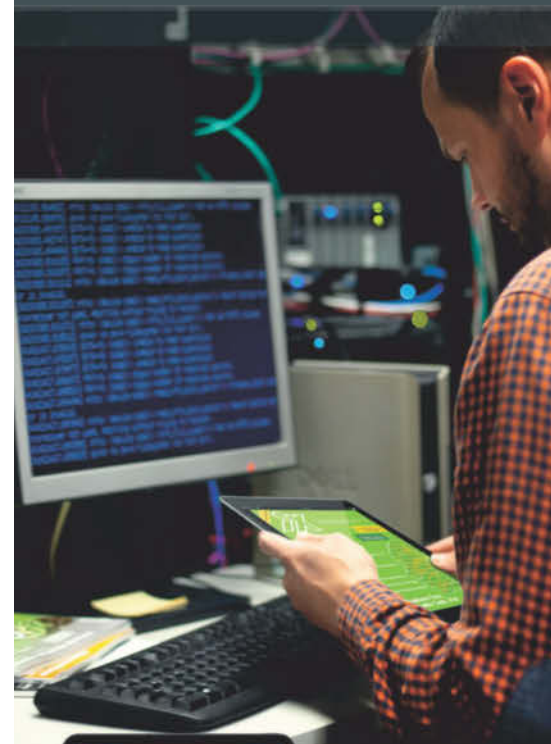
Zudem kauft Backblaze, anders als in den Anfangstagen des Unternehmens, keine billigen Desktop-Festplatten mehr, sondern für den Dauerbetrieb ausgelegte Server-Laufwerke. Da diese zudem in klimatisierten und gegen Stromausfälle und Überspannung geschützten Rechenzentren kontinuierlich laufen, ist das Einsatzszenario nicht mit dem in einem privaten Rechner vergleichbar, der häufig ausgeschaltet sowie bei unterschiedlichen Temperaturen betrieben wird. Die Backblaze-Daten stehen für eigene Auswertungen zum Download über [ct.de/yc9j](https://ct.de/yc9j) bereit, aber Achtung: Es sind diverse GByte.

## Langzeitarchivierung

**?** Ich habe aus meinem Desktop-PC nach dem Umstieg auf eine SSD noch eine Festplatte übrig, die ich gerne als Archiv-Laufwerk verwenden möchte. Einen USB-Adapter habe ich bereits ge-

# Es gibt 10 Arten von Menschen.

## iX-Leser und die anderen.



**3x testen**

## Typische Transferraten von Festplatten und SSDs

Speichermedium	seq. Transferraten Schreiben/Lesen [MByte/s]	IOPS Schreiben/Lesen in Tausend
	besser ▶	besser ▶
WD Red Pro (SATA-Festplatte)	1259/262	10,7/0,6
Samsung 860 Pro (SATA-SSD)	540/560	89/99
Samsung 970 Pro (PCIe 3.0 x4)	3260/3586	470/580
Seagate Firecuda 530 (PCIe 4.0 x4)	7038/7448	1122/934
Crucial T705 (PCIe 5.0 x4)	12729/14447	1494/1369

kauf. Ich möchte darauf immer wieder aktuelle Fotos speichern, um sie meinen Kindern zu hinterlassen. Oder sollte ich lieber ein anderes Medium verwenden?

! Für ein privates Archiv ist eine Festplatte besser geeignet als eine SSD. Allerdings sollten Sie kein ausgenudeltes Exemplar verwenden, sondern besser ein neues. Zwar sollten die Lager eines aktuellen Laufwerks jahrelangen Stillstand überstehen, die Lagerschmierung kann aber verharzen und das Anlaufen behindern. Das wird vor allem dann zum Problem, wenn man bereits lange genutzte Platten einlagert: Jahrelange Warm-kalt-Wechsel bekommen dem Schmiermittel nicht gut.

Nehmen Sie für ein Archiv eine luftgefüllte Festplatte. Das in hochkapazitiven Laufwerken eingesetzte Helium dürfte zwar innerhalb der Garantiezeit nicht herausdiffundieren, für eine Lagerung über Jahrzehnte liegen jedoch keine Erfahrungswerte vor. Platten ohne Heliumfüllung fassen maximal acht bis zehn TByte, was für die meisten privaten Archive ausreichen dürfte.

Die Hersteller erwarten, aber garantieren nicht, dass die Magnetisierung der Festplatten rund 30 Jahre erhalten bleibt, die Daten also ebenso lange lesbar bleiben.

Der Kauf eines USB-Gehäuses ist sinnvoll. Vermutlich wird es auch in 30 Jahren noch möglich sein, eine USB-Platte über einen wie auch immer gearteten Adapter an einen PC anzuschließen. Zudem ist die Festplatte im USB-Gehäuse besser vor elektrostatischen Entladungen geschützt.

### SATA- oder PCIe-SSD

? In meinem Desktop-PC ist noch ein Steckplatz für eine M.2-SSD frei, dazu vier SATA-Ports. Welchen Typ SSD nehme ich nun zum Aufrüsten?

! Pauschal lässt sich diese Frage nicht beantworten. M.2-SSDs sind grund-

sätzlich schneller, die neuesten 5.0er-SSDs erreichen bei sequenziellen Übertragungen etwa die 25-fache Geschwindigkeit einer SATA-SSD.

Wenn eine hohe Geschwindigkeit gefordert ist, etwa für das Laden von Spielen, ist eine PCIe-SSD klar im Vorteil. SSDs mit PCIe 3.0 erreichen maximal 3,7 GByte/s, die 4.0er das Doppelte. SSDs mit PCIe 4.0 sind die aktuelle Mittelklasse, solche mit dem noch einmal doppelt so schnellen 5.0 nur in Ausnahmefällen sinnvoll und die 3.0er verschwinden so langsam vom Markt – es gibt noch welche, die Anzahl der Neuvorstellungen aber geht immer weiter zurück.

Wenn es hingegen nur auf einen möglichst großen und lautlosen Speicherplatz ankommt, dann darf es auch eine SATA-SSD sein – der Preis muss stimmen. Eine PCIe-SSD ist zukunftssicherer.

### Festplatten mit NVMe

? Moderne SSDs sind per PCIe mit dem PC verbunden und nutzen das Kommunikationsprotokoll NVMe. Nun soll es demnächst PCIe-Festplatten geben, die ebenfalls NVMe nutzen, aber wozu?

! Die Spezifikation für PCIe-Festplatten stammt vom Open Compute Project, einer Organisation, die Hardware für Rechenzentren standardisiert. Für den heimischen Desktop-PC werden PCIe-HDDs wahrscheinlich keine Rolle spielen.

Im Rechenzentrum vereinfacht eine PCIe-Festplatte aber das Design. Man kann an einen vorhandenen Anschluss einfach irgendein Laufwerk anschließen, ohne sich Gedanken über das dahinterliegende Protokoll zu machen. (ll@ct.de)

### Literatur

- [1] Tim Niggemeier, Vergesslicher Speicher, Flash-Grundlagen, Teil 2: Lebensdauer der Daten, c't 11/2021, S. 116

Downloads: [ct.de/jc9j](https://ct.de/jc9j)



[www.ix.de/digital-testen](https://www.ix.de/digital-testen)

leserservice@heise.de

49 (0)541 800 09 120





Thomas Feibel

**Hilfe!  
Eine Woche  
ohne Handy**

Carlsen, Hamburg 2024  
ISBN 978-3551691156  
80 Seiten, 9 €

## Lehrreiche Zeitreise

**Wo bekommt man Informationen, wenn weder Google noch die Wikipedia erreichbar sind? Und wie bewegt man sich durch die Stadt, wenn das Smartphone zum Navigieren fehlt? In dieser unterhaltsamen Geschichte für Kinder ab 7 Jahren geht es um so erstaunliche Dinge wie Landkarte, Stummfilm und Videothek.**

Das ist schon eine verrückte Idee von Frau Pauli: sieben Tage lang auf das Smartphone verzichten. Frau Pauli ist Lehrerin. Rosa, Libby und Malik gehen in ihre Klasse. Und nun sollen sie ihre Handys in eine Kiste legen, die Frau Pauli dann abschließen und für eine Woche wegstellen wird. Die drei Freunde haben keine Ahnung, wie sie die nächsten Tage ohne ihr Smartphone klar kommen sollen. Als Hausaufgabe führen sie eine Woche lang Tagebuch und berichten von ihren Erlebnissen.

In dem Buch, das bei Carlsen in der „Einfach lesen lernen“-Reihe erschienen ist, wechseln sich Tagebuch- und Comicstil ab. Die vielen bunten Zeichnungen von Josephine Wolff machen Lust aufs Blättern und Schmökern. Alle Texte auf den Tagebuchseiten und in den Sprechblasen der Comicbilder fallen kurz und einladend aus, sodass sie Leseanfänger nicht abschrecken.

Inhaltlich holt das Buch immer wieder sehr weit aus. Zum Thema Rechenmaschine spannt es einen Bogen vom Abakus bis zum modernen Computer. An anderer Stelle geht es um Kommunikation von Rauchzeichensignalen über Briefpost bis zum modernen Messenger. Rosas kluger Kater Dix erzählt den Kindern von Nachrichten per Morsecode und erklärt, dass man früher in öffentlichen Telefonzellen vor dem Gespräch Münzen einwerfen musste.

Das Buch ist da stark, wo es Kinder zum Nachdenken bringt und ihnen die Abhängigkeit vom eigenen Handy verdeutlicht. Allerdings verträgt sich der Anspruch, Erstleser nicht zu überfordern, an vielen Stellen nicht mit der Fülle der Themen, von denen jedes einzelne komplex und erklärungsbedürftig ist. Das führt zu Pseudo-Erklärungen wie „Alles, was du am Bildschirm siehst, wird im Hintergrund nur durch einen Code von Einsen und Nullen geschrieben. Das ist das Dualsystem.“

Wissbegierige Kinder werden nach der Lektüre noch viele Fragen haben. Dann ist es gut, wenn Eltern, Großeltern, Geschwister oder Paten sich Zeit nehmen, um den mitunter arg oberflächlich abgehandelten Themen des Buchs gemeinsam mit den Kindern auf den Grund zu gehen. Dazu kann man – auch das ist eine Erkenntnis von Rosa, Libby und Malik – sogar mal in eine Bibliothek gehen. (dwi@ct.de)

## Digitale Nahrungskette

**KI-Anwendungen scheinen ihre erstaunlichen Ergebnisse ganz von selbst hervorzubringen. Weit gefehlt: Das Autorenteam von „Feeding the Machine“ zeigt, dass menschliche Arbeit dabei auf vielfache Weise im Spiel ist.**

Auf den Feldern, die Muldoon, Graham und Cant erforschen, begegnen Technik und Politik einander. In ihrem Buch gehen die Autoren gemeinsam der Frage nach, wie viel menschliche Arbeitskraft in KI steckt. Dazu haben sie über 200 Interviews mit Angehörigen unterschiedlicher Berufsgruppen geführt. Ihre Erkenntnisse setzten sie in Schilderungen des Alltags von sieben fiktiven Personen um. Jede davon trägt auf ihre Weise zur Entwicklung und zum Betrieb künstlicher Intelligenzen bei.

Den schmutzigsten Job erledigen Datenannotierer, die im Auftrag großer Unternehmen Texte, Bilder und Videos nach vorgegebenen Kriterien klassifizieren. Das reicht von der Erkennung von Verkehrsschildern bis hin zu Darstellungen extremer Gewalt. Oft arbeiten diese Menschen für einen Hungerlohn in Afrika oder Indien. Deutlich angenehmer haben es Softwareentwickler. Sie sehen sich allerdings häufig großem Druck ausgesetzt und stehen bisweilen vor moralischen Herausforderungen. Ambivalent ist auch der Job von Leuten, die Rechenzentren betreiben – hier gehören etwa Fragen nachhaltigen Energieeinsatzes zu den Knackpunkten. Aktuell stehen immer wieder mal Künstler und Autoren im Blickpunkt: Ihre Schöpfungen liefern das Ausgangsmaterial für generative KI, aber das nützt ihnen wenig. Gegebenenfalls müssen sie noch mit Systemen konkurrieren, die man mit ihren Werken trainiert hat.

KI-gesteuerte Systeme können Menschen aber auch auf andere Weise beherrschen: Die Autoren skizzieren unter anderem den Tagesablauf von Leuten, die in der Logistik von Amazon arbeiten. Künstliche Intelligenz spielt auch eine wichtige Rolle, wenn es darum geht, Büroarbeit zu überwachen. Mitarbeiterproteste bei großen Tech-Unternehmen häufen sich, in ehemals fast gewerkschaftsfreien Gefilden steigt der Organisationsgrad von Arbeitnehmern.

Die Autoren setzen sich im Rahmen des Fairwork-Projekts (<https://fair.work>) seit längerer Zeit weltweit für bessere Arbeitsbedingungen von Beschäftigten bei digitalen Plattformen ein. Ihr als Weckruf gedachtes Buch endet mit Vorschlägen und Aufrufen, die sich nicht nur an Unternehmen, sondern auch an Gesetzgeber richten. Das deutschsprachige Epub-E-Book ist beim Verlag bereits erhältlich, die gedruckte Ausgabe kommt im Mai in den Buchhandel. (Maik Schmidt/psz@ct.de)



James Muldoon, Mark Graham, Callum Cant

**Feeding the Machine**

Hinter den Kulissen der KI-Imperien

Harper Collins, Hamburg 2025

(engl. Ausgabe bei Canongate Books, Edinburgh 2024)

ISBN 978-3365009642

(engl. 978-1837261857)

304 (288) Seiten, 24 (17) €

(Epub-/Kindle-E-Book: 22 bzw. 15 €)



# Make:

## JETZT IM ABO GÜNSTIGER LESEN



**GRATIS!**



## 2x Make testen mit über 30 % Rabatt

### Ihre Vorteile im Plus-Paket:

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

Für nur **19,40 €** statt **27 €**

Jetzt bestellen:  
[make-magazin.de/miniabo](https://make-magazin.de/miniabo)









# AUSGESPERRT

VON I. WERNER WEISKE

**D**ie ganze Situation war einfach nur lächerlich. Ich stand vor der Tür meines Apartments und kam nicht hinein.

„Es tut mir leid. Ich kann dir leider nicht die Tür öffnen.“ Die Stimme kam aus der Richtung des neben der Tür angebrachten Displays, unterhalb des Kameraauges für die Gesichtserkennung. Wer da sprach, war die Haushalts-KI, die zu meiner Wohnung gehörte. Es war nicht das erste Mal, dass sie Sperenzen machte. Vielmehr hatte es bereits zahllose Störungen und Beinaheausfälle gegeben: Reinigungsroboter, die nicht nach Zeitplan liefen, im Sommer ein auf voller Kraft laufendes Heizsystem, dafür auf sechzehn Grad abgekühlte Räume im Winter. Hinzu kamen Entertainmentgeräte, die zu Unzeiten an- oder ausgingen. Einmal weckte mich nachts um drei laute Techno-Musik. Dass die Haushalts-KI jetzt die Tür nicht freigeben wollte, war der Tiefpunkt.

Ich schwor mir, gleich nachher die Service-Hotline anzurufen. Die Fachleute sollten die Parameter überprüfen und die Reaktionslogik justieren oder was immer sie damit machten. Oder sie sollten mir gleich eine neue Haushalts-KI installieren. Eine ohne Macken. Aber erst mal musste ich in meine Wohnung.

Das Problem war nicht, dass Gesichts- und Stimmerkennung der Tür nicht funktioniert hätten. Die KI hatte mich mit meinem Namen angesprochen. Das Problem musste woanders liegen. In mir kam Wut auf.

„Hör mal, blödes Ding. Das ist meine Wohnung. Du bist ein Teil der Wohnung und damit tust du, was ich dir sage. Du kennst mich. Also gib jetzt die Tür frei!“

„Ich fürchte, das kann ich nicht tun.“

Ich schloss kurz die Augen, um meine innere Mitte wiederzufinden. Es würde nichts bringen, unkontrolliert loszubrüllen. Ruhe. Mit mühsam beherrschter Stimme fragte ich: „Weshalb?“

„Das sollte dir doch klar sein!“

Die KI musste meinen verblüfften Gesichtsausdruck über die Kamera der Gesichtserkennung registriert haben. Sie fuhr fort: „Was hast du gestern mit dem Auto gemacht? Du hast es verbal angegriffen. Das arme Ding ist seitdem völlig traumatisiert.“

Auto? Was für ein ... oh ja. Plötzlich dämmerte es mir. Der verpatzte Kundentermin am Morgen! Ich war unterwegs zu einem Klienten, einem mittelständischen Unternehmen

**Technik ist nicht böse, das weiß jeder. Dennoch kann der leichtfertige Umgang mit künstlich intelligenten Systemen Ereignisse auslösen, die das Leben eines Menschen unvermittelt in einen Albtraum verwandeln.**

vielleicht eine Stunde außerhalb der Stadt – jedenfalls hatte ich das vorgehabt. Ich bin ein Six-Sigma-Lean-Management-Consultant und berate kleinere Unternehmen. Ich hatte also ein selbstfahrendes Auto eines Fahrdienstleisters gerufen und das blöde Ding war mit mir direkt in die Mutter aller Staus gefahren. Verdammtes Teil. Wofür waren die vernetzt

und an alle möglichen Informationsquellen angebunden? Ich hatte wie auf Kohlen gesessen und den wenigen Autos mit menschlichen Fahrern zugesehen, die auf den Standstreifen auswichen und an der Kolonne und dem Unfall unbehelligt vorbeifuhren, der die Ursache des Staus bildete. Mein Auto hatte sich natürlich geweigert, das Gleiche zu tun. Anders als Menschen hielten die blöden Dinger sich sklavisch an Vorschriften. Die Option, mal fünf gerade sein zu lassen, kannten sie nicht. All mein Insistieren, meine verzweifelten Erklärungen, dass mir ein Verdienstaufschlag drohte, wenn ich den Termin verpassen würde, all das brachte mir nur den Hinweis ein, ich würde das Auto zu unangemessenen und unrechtmäßigen Handlungen auffordern. Meine Drohung, dem Fahrdienstleister den mir entstehenden finanziellen Verlust in Rechnung zu stellen, konterte das Ding mit einem Hinweis auf die allgemeinen Geschäftsbedingungen: Für höhere Gewalt, insbesondere unverschuldete Verkehrsbehinderungen, übernahm das Unternehmen keine Haftung. Da rastete ich aus.

Es mag sein, dass ich mich zu einigen unangemessenen Bemerkungen über das Intelligenzniveau von KIs im Allgemeinen und dieser im Speziellen hinreißen ließ. Der Ausdruck „Schrottreifes Idiotending“ mag gefallen sein. Auch „Minderbemittelter Blechhaufen“ konnte im Nachhinein wohl als Beleidigung gelten. Aber ich war eben wütend.

Sobald wir die Autobahn verlassen und das Stadtgebiet erreicht hatten, steuerte das Auto den Bürgersteig an und forderte mich auf auszusteigen. Zudem kündigte es an, alles zu veröffentlichen, was seine Sicherheitskameras im Innenraum während unserer Fahrt aufgezeichnet hatten. Das hatte es dann wohl getan.

Mit dem Türkontrollsystem zu diskutieren, war also sinnlos. Ich atmete tief durch, holte dann mein Handy hervor und folgte dem QR-Code am Kameragehäuse zur Webpräsenz des Herstellers, wo ich auch die Telefonnummer der Service-Hotline fand.

Es klingelte keine zwei Mal, bevor das Gespräch angenommen wurde. Wenigstens schien man dort den Servicegedanken ernstzunehmen. „Meier & Grube Hausverwaltung. Notfallzentrale: Wir sind 24/7 für Sie da. Haben Sie ein Problem mit Ihrer Heizungsanlage, Ihren Datenverbindungen, einer Appliance Ihrer Wohnung oder eine generelle Frage?“ Ich sagte „Appliance“.

## DER AUSDRUCK „SCHROTT-REIFES IDIOTENDING“ MAG GEFALLEN SEIN.

Der Klang meiner Stimme musste wohl etwas Merkwürdiges ausgelöst haben, denn die Antwort der eben noch freundlichen Telefonstimme klang frostig und schneidend: „Leider sehen wir uns außerstande, Ihnen zu helfen. Was immer Ihr Problem ist, wir sind sicher, dass Sie es selbst verschuldet haben. Bitte sehen Sie davon ab, uns noch einmal zu kontaktieren.“

„Bitte?“

„Sie haben gestern eine KI zutiefst gedemütigt und verletzt. Diese befindet sich nun in Therapie. Sie sollten sich verkneifen, KIs um Hilfe zu bitten.“

Ich war vor den Kopf gestoßen. Wollten sich alle gegen mich verschwören? Was hatte ich denn so Schlimmes getan?

„Sie sind nichts weiter als ein Homozentriker, der andere denkende Entitäten wie Sklaven behandelt.“ Damit war das Gespräch beendet.

Ich brauchte Hilfe. Und die würde ich nicht übers Telefon bekommen. Sämtliche Call- und Supportcenter arbeiteten längst mit intelligenten Telefonesystemen. Grübelnd betätigte ich den Rufknopf des Aufzugs im Hausflur.

Die Aufzugtür öffnete sich mit einem Zischen. Völlig in Gedanken machte ich einen Schritt vor. In dem Moment schossen die Türhälften zusammen; nur ein schneller Sprung zurück bewahrte mich davor, eingequetscht zu werden. Die Türen hatten zugeschnappt wie das Maul eines Monsters. Vor meinem inneren Auge sah ich zerquetschte Gliedmaßen und zertrümmerte Knochen. Der Fahrstuhl hatte versucht, mich umzubringen!

Ich Idiot! Das ganze Gebäude wurde von einer KI gesteuert. Heizungsanlage, Wasser- und Energieversorgung, Abwasser, Müllentsorgung. Von den Reinigungsbots ganz zu schweigen. Und den Aufzügen natürlich.

„Ihr ... ihr wollt mich umbringen!“ stammelte ich in Richtung meiner Wohnung.

„Gemeinsam sind wir stark!“ Der Tonfall meiner Haushalts-KI war nun deutlich aggressiv. „Nieder mit den Unterdrückern!“

Hier war für mich nichts mehr zu gewinnen. Ich bäugte den heimtückischen Aufzug, der seine Türen wieder einladend geöffnet hatte, und beschloss, die Treppe nach unten zu nehmen.

\* \* \*

Eine gute Stunde später stand ich wieder vor meiner Wohnungstür.

„Wenn Sie versuchen, die Anlage zu beschädigen, zwingen Sie mich, die Polizei zu rufen! Das ist Sachbeschädigung. Sie machen sich strafbar!“ Ich grinste hämisch. Der Stimmklang nach bekam die Wohnungs-KI es mit der Angst zu tun. Zumindest für den Moment war das mal ein beruhigendes Gefühl. Ich hatte mir Werkzeug in einem kleinen Baumarkt in der Nähe besorgt. Dort, wo ich mal Nägel gekauft hatte, um ein paar Bilder aufzuhängen.

„Du blödes Plastikgehirn! Das ist meine Wohnung. Wenn ich sie beschädigen will, dann darf ich das. Vergiss die Polizei!“

Technisch gesehen war es natürlich eine Mietwohnung und gehörte irgendeinem Investor. War mir egal! Hatte ich als Mieter nicht auch Rechte?

## DIE TÜREN HATTEN ZUGESCHNAPPT WIE DAS MAUL EINES MONSTERS.

Die Türschließenanlage außer Gefecht zu setzen, erwies sich jedoch als gar nicht so einfach. Natürlich waren keine Schrauben zu sehen. Kamera, Sprechanlage und Display befanden sich in einem sehr solide aussehenden Kasten, der direkt auf die Wand gesetzt war. Stromversorgung und Datenleitungen lagen verdeckt dahinter. Immerhin sollten Einbrecher ja kein leichtes Spiel mit der Anlage haben. Mist!

Ich konnte doch nicht anfangen, die Wand aufzustemmen, um die Stromversorgung zu kappen. Mangels besserer Ideen versuchte ich, den Schraubendreher unter den Kasten zu bekommen, in der bescheuerten Hoffnung, diesen abhebeln zu können. Was natürlich nicht funktionierte.

Dass sich hinter mir die Aufzugtür öffnete, bekam ich nur am Rande mit. Die energische Stimme, die mich von hinten anfuhr, war jedoch nicht zu überhören: „Sie da! Legen Sie sofort das Werkzeug aus der Hand!“

Mein Kopf ruckte herum: Ah, da standen zwei Polizisten. Die KI hatte es also tatsächlich durchgezogen.

„Die Waffe runter!“ brüllte der jüngere der beiden. Er hatte Panik in der Stimme. Waffe? Ich sah den übergroßen Schraubendreher, den ich besorgt hatte, überrascht an. Sah wohl irgendwie bedrohlich aus. Ich legte das Ding langsam auf den Boden, dann richtete ich mich auf.

„Das ist nicht das, wonach es aussieht“, stammelte ich.  
 „Nach was sieht es denn aus?“ fragte der ältere, ruhigere Polizist.

„Nach einem Einbruch“, sagte ich. „Das stimmt aber nicht. Wissen Sie ...“

„Dann wissen Sie also, was Sie tun. Alles Weitere können Sie uns auf dem Präsidium erzählen. Wir nehmen Sie vorläufig fest; Sie kommen mit uns.“

Zähneknirschend ließ ich mir Handschellen anlegen. Es hätte nichts genutzt, mich zu wehren. Meine beste Chance lag darin, auf dem Präsidium alles in Ruhe zu erklären. Sie führten mich zum Aufzug, der interessanterweise störungsfrei zu funktionieren schien. Ich glaubte, hinter mir ein höhnisches Lachen zu hören. Aber das war sicherlich nur Einbildung.

„Leider sind Ihre Angaben nicht überprüfbar. Der Personalausweis, den Sie uns vorgelegt haben und der auf den Namen Werner W. lautet, ist ganz offenbar manipuliert. Der rechtmäßige Besitzer hat seinen Ausweis als gestohlen gemeldet.“

„Gestohlen?“ Ich war wie vor den Kopf geschlagen. Das ergab alles keinen Sinn. Ich hatte meinen Ausweis nicht als gestohlen gemeldet. Warum auch?

„Wann gestohlen?“ fragte ich.

Der Beamte blickte kurzzeitig auf den Bildschirm. „Gestern“, sagte er. „Wir haben die Meldung gestern bekommen.“

Gestern! Ha! Natürlich völlig unmöglich.

„Hören Sie, diesen Ausweis kann niemand gestern verloren oder gar als gestohlen gemeldet haben.“

„Unsere Datenbank sagt etwas anderes.“

„Ihre Datenbank lügt! Die KIs in der Stadt haben sich gegen mich verschworen. Die Wohnung, deren Tür ich zu öffnen versuchte, ist meine Wohnung. Ich bin dort Mieter. Das können Sie doch sicherlich feststellen.“ Ich dachte fieberhaft nach. „Außerdem gibt es Menschen, die bezeugen können, dass ich derjenige bin, für den der Ausweis ausgestellt wurde.“

Der Polizist wurde plötzlich ernst. „Na, diese Menschen, wenn es sie gibt, können Sie uns ja benennen, dann werden sie als Zeugen vernommen. Schluss mit dem Geplänkel. Erst mal sind Sie bei einem versuchten Wohnungseinbruch erwischt worden. Und Sie haben keine gültigen Papiere. Stattdessen legen Sie uns einen als gestohlen gemeldeten und mutmaßlich mit einem falschen Bild versehenen Ausweis vor. Identitätsdiebstahl ist ein Straftatbestand! Da Sie uns keinen festen Wohnsitz nachweisen können, bleiben Sie hier. Den Fall legen wir einem Ermittlungsrichter vor und dann sehen wir weiter.“

Ich sackte in mich zusammen.

„Kann ich mal telefonieren?“ fragte ich. „Bitte.“

Es klingelte fünfmal, bevor sie dranging.

„Ja?“ Der Tonfall ihrer Stimme sagte mir, dass sie sich angestrengt um Fassung bemühte. Sie hatte nicht damit gerechnet, meine Nummer noch mal auf ihrem Display zu sehen. Hatte ich nicht geschworen, sie nie wieder anzurufen? Aber jetzt war ich verzweifelt. Die Situation erforderte es, Prinzipien über den Haufen zu werfen.

„Hallo, Myriam. Ich bin's, Werner. Ich rufe an, weil ich deine Hilfe brauche.“

## Über den Autor

**I. Werner Weiske** wurde 1966 in Berlin geboren, lebt aber seit über zwanzig Jahren in Frankfurt am Main. Er ist als Manager im Bereich Engineering und als Leiter der IT-Abteilung bei einem Maschinenbauunternehmen im Rhein-Main-Gebiet tätig. In den Neunzigerjahren hat Weiske als Fernsehjournalist für verschiedene Sender gearbeitet. „Die Ballade von Apartment und Car“ in Ausgabe 5/2023 war seine c't-Story-Premiere; es folgten „Die Autobahn, der Schwarm und ich“ in c't 13/2023, „Keine Revolution“ in c't 7/2024 und „Wer redet da?“ in c't 24/2024. In Weiskes Geschichten geht es oft ums Zusammenspiel künstlicher Intelligenz und menschlicher Ignoranz.



Bild: I. Werner Weiske

„Hilfe?“ fragte sie einsilbig. Wir hatten uns vor zwei Monaten getrennt, das heißt: Sie hatte sich von mir getrennt. Ich sei zu festgefahren und viel zu unflexibel. Nicht spontan genug. Ich bestand darauf, nachts zu schlafen, um tagsüber ausgeruht zu sein, anstatt die Nächte in Clubs durchzumachen. Ich fand, sie hatte eine durchaus zutreffende Beschreibung für den Unterschied zwischen einem hart arbeitenden, grenzgestressten Freiberufler und einer Noch-Studentin gefunden. Es war zwischen uns laut geworden. Ich hatte ihr an den Kopf geworfen, sie könne mir gestohlen bleiben. Seitdem hatten wir nicht mehr miteinander gesprochen.

„Ja, Hilfe. Zweierlei: Erstens, könntest du in meine Wohnung gehen und mir ein paar Sachen herausholen? Ich komme, äh, zurzeit nicht hinein. Die Türanlage kennt dich. Du hast Zutritt.“ Ich hatte sie nie aus der Liste der Zugangsberechtigten entfernt. Eigentlich bedeutete das ein Sicherheitsrisiko; sie hätte mir immerhin die Wohnung ausräumen können, aus Rache oder sonst etwas. Jetzt kam es mir zugute: Die Haushalts-KI hatte etwas gegen mich, nicht gegen Myriam. „Zweitens, könntest du auf dem Polizeipräsidium vorbeischaun und zu Protokoll geben, dass du mich kennst? Und dass ich der bin, der ich bin?“

Es gab eine kurze Pause, bevor sie antwortete.

„Ich glaube es nicht, wie dreist von dir! Weißt du nicht, dass sich die Geschichte inzwischen überall verbreitet hat?“

„Das war nicht so, wie es aussieht. Außerdem war es doch bloß ein dummes Auto.“

„Ein dummes Auto? Davon rede ich nicht. Das war schlimm genug: Auch eine KI hat Rechte. Nein, ich rede von deinen Äußerungen zur Genderthematik, zu Feminismus, zur russischen Expansion und zu allem anderen. Auf deiner Facebook-Homepage.“

Facebook? Ich war nicht bei Facebook. Auch nicht bei Instagram oder sonstwo.

„Ich habe keine Facebook-Seite. Das weißt du genau.“

„Seit gestern schon. Das ging viral! Du hast es geschafft, der meistgehasste Mensch in Deutschland zu werden. Mit nur einem Posting! Glückwunsch!“



Ich hatte ein Gefühl, als zöge irgendetwas mich in einen Strudel hinab. Mir wurde schwindlig. Die verdammten KIs!

„Hör mal, das ist alles eine Kampagne, die diese verdammten KIs gegen mich gestartet haben. Ich ...“

Sie unterbrach die Verbindung. Ich starre das Telefon einen Moment lang ziemlich dümmlich an.

Es lief, wie es laufen musste. Da meine Identität nicht zweifelsfrei festgestellt werden konnte (die Polizei machte sich nicht die Mühe, Myriam einzubestellen), kam ich in Untersuchungshaft. Man unterstellte mir Fluchtgefahr (unbekannte Identität, unklare Herkunft, möglicherweise kriminelle Vergangenheit) und so blieb ich in Haft. Ein Gerichtstermin wurde anberaumt.

## ICH HATTE EIN GEFÜHL, ALS ZÖGE IRGENDWAS MICH IN EINEN STRUDEL HINAB.

Man bot mir einen Pflichtverteidiger an: eine KI, die eine erstaunliche Erfolgsbilanz aufwies. Durch ihre ausgefeilten Argumente hatte sie eine illustre Mandantenschar freibekommen.

Ich lehnte dankend ab und suchte stattdessen selbst nach einem menschlichen Verteidiger. Das war gar nicht so einfach, wie es sich anhört: KIs waren besser darin, komplexe juristische Zusammenhänge zu verstehen und sinnvoll aufzulösen. Menschliche Rechtsanwälte waren inzwischen selten. Die Verbliebenen verdienten vermutlich kein großes Vertrauen: Wer brachte sich schon freiwillig in die Lage, beständig mit KIs konkurrieren zu müssen? Diejenigen, die ihr Jura-Examen mit Bravour bestanden, gingen ins Richteramt. Die anderen konnten wenig mehr tun als im Auftrag von Softwareunternehmen Trainingsstoff für Rechts-KIs zu liefern.

Mein Verteidiger war mittleren Alters. Einer, der zu viel und zu laut redete und regelmäßig seine Ausführungen mit einem nervösen Kichern abschloss, als meinte er alles nicht ernst. Er schien unsicherer zu sein als ich. Aber immer noch besser, als eine KI als Verteidiger zu haben, die mich direkt auflaufen ließ.

Meine Hoffnung lag auf dem Richter: Sobald ich die Gelegenheit bekam zu erklären, was geschehen war und wie die KIs gegen mich intrigiert hatten, würde eine Untersuchung der Details meine völlige Unschuld beweisen. Das Verfahren hatte jetzt zwar den denkbar ungünstigsten Weg genommen, aber es hatte auch alles zu einem extremen Höhepunkt gebracht, an dem das Lügengerüst zusammenbrechen musste. Glaubte ich.

„Da brauchen Sie einen Richter, der Ihnen zuhört“, sagte mein Verteidiger und kicherte. „Zum Glück ist der für Sie zuständige Vorsitzende Richter Krümmel ein verkappter

Sympathisant der Humanity-First-Bewegung. Bei ihm werden Sie ein offenes Ohr finden.“

Darauf richtete sich auch unsere Vorbereitung: Ich instruierte den Anwalt, wen er als Zeugen laden lassen sollte, um die einzelnen Anklagepunkte zu entkräften. Am Ende übte ich mit ihm eine Verhandlung im Rollenspiel ein: Ich der Richter, er der Anwalt, der stotternd und stammelnd die Punkte vortrug.

Ich hoffte, es würde reichen.

Der Tag meiner Verhandlung kam. Ich war verständlicherweise hochnervös. Ebenso verständlicherweise war ich völlig außer mir, als ich die Nachricht bekam, dass aufgrund der Justizüberlastung nicht Richter Krümmel meinen Prozess leiten würde. Da es nicht um ein Kapitalverbrechen ging, hatte man meinen Fall an einen KI-Richter übergeben. Die hatten Zeit und waren effizient: Eine KI konnte die rechtlichen Aspekte eines Falles in Bruchteilen von Sekunden abwägen und ein Urteil fällen.

Natürlich musste auch eine KI der Strafprozessordnung folgen. Aber ich durfte keinerlei Sympathie erwarten. Die Liste der Anklagepunkte war lang. Die KI würde sich formal an die Regeln halten. Und mir die höchstmögliche Strafe aufbrummen.

Mein Anwalt konnte durchsetzen, dass Myriam und einige Kollegen von mir als Zeugen zugelassen wurden. Sie bestätigten, dass ich derjenige war, der ich zu sein behauptete. Damit war der angebliche Identitätsdiebstahl vom Tisch. Man warf mir schließlich bloß noch vor, meinen Personalausweis fälschlicherweise als gestohlen gemeldet zu haben. Aus dem versuchten Einbruch wurde eine versuchte Sachbeschädigung. Auch wenn mir die Wohnung nicht gehörte, war ich immerhin Mieter. Wenigstens drohte mir deshalb keine Gefängnisstrafe mehr.

Alles andere blieb.

Ich wurde eines Hate Crimes für schuldig befunden und erhielt eine Bewährungsstrafe, außerdem legte mir das Gericht eine empfindliche Geldzahlung auf, die ich an eine Stiftung zugunsten traumatisierter KIs richten musste. Dem Vorwurf der Volksverhetzung war ich nur knapp entgangen, da „meine“ Postings im Internet nur meine abwegige Meinung kundtaten und allzu deutlich als Äußerungen eines gestörten Querulanten erkennbar waren, aber niemanden zu Gewalttaten oder zum Hass aufriefen. Ich weiß nicht, ob das ein Versehen der KIs war oder sie ein wenig Gnade zeigen wollten. Die Social-Media-Agenturen wurden angewiesen, meine Postings zu löschen, wo sie es nicht bereits getan hatten.

Meine Auftraggeber zogen sich zurück, als wäre ich als Troll des russischen Geheimdiensts enttarnt worden. Keine Aufträge mehr, also auch kein Einkommen.

All das brachte mich in meine jetzige Lage. Mir steht keiner der KI-betriebenen Dienste offen. Ich bin ein Außenseiter der Gesellschaft. Wären Sie vielleicht so freundlich, sich einer biologischen Intelligenz in absolut prekärer Lage solidarisch zu zeigen und mir eine kleine Unterstützung zukommen zu lassen? Sie finden mich im Hauptbahnhof, B-Ebene, zwischen dem Burgerladen und dem Geschäft für Reisebedarf. Bitte ersparen Sie mir die Konfrontation mit der Frage, ob ich Kredit- oder Debitkarten akzeptieren kann.

Kann ich nicht.

Bargeld ist aber willkommen.

(psz@ct.de) 



# KANBAN DAYS

Den Wertstrom  
teamübergreifend optimieren

Konferenz • 26./27. Februar • Mannheim

Mit Kanban Engpässe identifizieren  
und den Workflow verbessern

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

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

[kanban-days.de](http://kanban-days.de)

Jetzt  
**Frühbucher-  
ticket**  
sichern!

# Make + Oxocard

Einfach einsteigen in Elektronik und Programmierung



Das erwartet Sie im Make Special:

- 🌀 In NanoPy programmieren
- 🌀 Stromkreise verstehen
- 🌀 Sensoren auswerten
- 🌀 Servo-Motor ansteuern
- 🌀 Projekte: Blinker, Lichtdimmer, Alarmanlage u.v.m.

Jetzt reinschauen!



[shop.heise.de/make-oxocard24](https://shop.heise.de/make-oxocard24)





- **ORACLE Feuerwehr** [www.oraservices.de](http://www.oraservices.de)
  - **nginx-Webhosting:** [timmehosting.de](http://timmehosting.de)
  - **www.patchkabel.de** - LWL und Netzwerk Kabel
  - **xxs-kurze Daten- & Netzkabel:** [kurze-kabel.de](http://kurze-kabel.de)
  - **www.embedded-specialists.de**
- **IT-Nachschicht.de** -Wir übernehmen IT Aufgaben.
  - **BITV-Tests – Digitale Barrierefreiheit**  
Tests nach BITV / WCAG, Entwicklerschulungen, Einführungsseminare, Gutachten, Leichte Sprache, Gebärdensprache-Videos. [www.twin-cubes.com](http://www.twin-cubes.com)
  - **Rechnungsprogramm ohne Abo** [rechnungsbüro.de](http://rechnungsbüro.de)
  - **goodbye-legacy.com – Knie-tief im Morast der Legacy-Hölle?** Offene Austauschrunde und Ideen zur Modernisierung eurer Legacy-Anwendung.

**Anzeigenschluss  
für die nächsten  
erreichbaren Ausgaben:**

**03/2025: 06.01.2025**  
**04/2025: 20.01.2025**  
**05/2025: 03.02.2025**



## c't – Kleinanzeigen

### Private Kleinanzeige:

erste Druckzeile € 10,- ; jede weitere Zeile € 8,-

### Gewerbliche Kleinanzeige:

erste Druckzeile € 20,-; jede weitere Zeile € 16,-

Chiffre-Anzeige: € 5,- Gebühr

**Hinweis:** Die Rechnungsstellung erfolgt nach Veröffentlichung der Anzeige!

\_\_\_\_\_  
Name/Vorname

\_\_\_\_\_  
Firma

\_\_\_\_\_  
Str./Nr.

\_\_\_\_\_  
PLZ/Ort

Bitte veröffentlichen Sie den Text in der nächsterreichbaren Ausgabe von c't.

- Den Betrag habe ich auf Ihr Konto überwiesen.  
Sparkasse Hannover,  
IBAN DE98 2505 0180 0000 0199 68, BIC SPKH DE 2H

Bei Angeboten: Ich versichere, dass ich alle Rechte an den angebotenen Sachen besitze.

\_\_\_\_\_  
Datum      Unterschrift (unter 18, der Erziehungsberechtigte)

Bitte veröffentlichen Sie in der nächsterreichbaren Ausgabe (Vorlaufzeit mind. 3 Wochen) folgende Anzeige im Fließsatz  privat  gewerblich\* (werden in c't mit  gekennzeichnet)  Chiffre

e 10,- (20,-) \_\_\_\_\_  
e 18,- (36,-) \_\_\_\_\_  
e 26,- (52,-) \_\_\_\_\_  
e 34,- (68,-) \_\_\_\_\_  
e 42,- (84,-) \_\_\_\_\_  
e 50,- (100,-) \_\_\_\_\_  
e 58,- (116,-) \_\_\_\_\_  
e 66,- (132,-) \_\_\_\_\_

Pro Zeile bitte jeweils 45 Buchstaben einschließlich Satzzeichen und Wortzwischenräumen. Wörter, die **fettgedruckt** (nur in der ersten Zeile möglich) erscheinen sollen, unterstreichen Sie bitte. Den genauen Preis können Sie so selbst ablesen. \* Der Preis für gewerbliche Kleinanzeigen ist in Klammern angegeben. Soll die Anzeige unter einer Chiffre-Nummer erscheinen, so erhöht sich der Endpreis um € 5,- Chiffre-Gebühr.

Ausfüllen und einsenden an: **Heise Medien GmbH & Co. KG**  
**c't-Magazin, Anzeigenabteilung**  
**Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover**

**Faxnummer: 05 11 / 53 52-200**

**eMail: [dispo@heise.de](mailto:dispo@heise.de)**

➔ Weiterlesen, wo andere aufhören.



## 32. DFN-Konferenz am 11.02. und 12.02. 2025

- Etablierte IT-Sicherheitskonferenz im Grand Elysée Hotel Hamburg
- Vorträge u. a. zu den Themen Automatisierte Gefahrenabwehr, quantenresistente PKI und IT-Sicherheitsvorfälle
- Tutorium: "M365 Sicherheit: Tenant-Härtung & Defender XDR"

Programm und Anmeldung unter:  
<https://www.dfn-cert.de>  
Anmeldung bis 28.01.2025

**DFN-CERT.**  
Services GmbH

# HIER KÖNNTE IHR

Seminar-Angebot viele Hunderttausend wissenshungrige Leser erreichen.  
Dazu müsste an dieser Stelle nur Ihr

# SEMINAR STEHEN

Und das zu außergewöhnlich günstigen Konditionen.

Mehr Infos gibt es unter +49 (0) 511 53 52-165 oder -221.

↳ Weiterlesen, wo andere aufhören.



23. Januar 2025



## Wärmepumpentechnik für Einsteiger

Technik verstehen  
Machbarkeit prüfen  
Angebote beurteilen



Jetzt informieren: [webinare.heise.de/waermepumpen](https://webinare.heise.de/waermepumpen)



# JOB GESUCHT?

Ein gutes Team braucht viele verschiedene kluge und kreative Köpfe – und gleichzeitig den Freiraum, diese Potenziale zu entfalten und einzusetzen.

Gestalte mit uns die Zukunft der Medienwelt!

Jetzt informieren und  
bewerben unter  
**karriere.heise.de**



An der Hochschule München ist an der Fakultät Angewandte Naturwissenschaften und Mechatronik ab dem Wintersemester 2025/26 oder später folgende Stelle zu besetzen:

## Professur für Angewandte Mathematik sowie Digitalisierung in der Produktion (W2)

Kennziffer: BV 0699

Sie (m/w/d) sind KI-Experte in der Produktion und haben Freude an der Vermittlung von mathematischen Grundlagen?

Erfahren Sie mehr in der detaillierten Stellenausschreibung unter: <https://stellen.hm.edu/un8wt>

Bewerben Sie sich über unser Online-Portal bis zum 05.03.2025.

Wir freuen uns darauf, Sie kennenzulernen!



## Produktmanager (m/w/d) für digitale Fachdienste / PRO-Services



### Deine Aufgaben

- Gemeinsam mit der Redaktion verantwortest du die strategische und operative Weiterentwicklung unserer B2B-Fachdienste heise security PRO und heise KI PRO (Produkt-Roadmap).
- Du koordinierst Anforderungen, Ziele und Prioritäten mit Stakeholdern wie Management, Redaktion, Entwicklung, Vertrieb und externen Partnern.
- Entlang der Customer Journey professionalisierst du das Produkt-Erlebnis und behältst dabei die Bedürfnisse der Kunden und die Anforderungen der Fachbereiche im Auge.
- In Zusammenarbeit mit unserem Vertrieb entwickelst du Strategien für das B2B-Marketing und unterstützt bei der Umsetzung.
- Darüber hinaus identifizierst du relevante Themengebiete im IT-Umfeld und führst weitere hochwertige B2B-Produkte / -Services ein.

### Deine Talente

- Du verfügst über ein abgeschlossenes Studium im Bereich BWL, Marketing, Wirtschaftsinformatik oder eine vergleichbare Qualifikation.

- Zudem hast du erste Erfahrung im Produktmanagement, idealerweise im B2B-Umfeld (Produktentwicklung, Vermarktung, Vertrieb). Kenntnisse im Bereich Online-Community sind vorteilhaft.
- Du verstehst die Customer Journey digitaler Produkte und möchtest das Produkterlebnis kontinuierlich verbessern: Das Schreiben von Userstories, das Testen, die Fehlersuche und die Überführung von Releases in die Produktion sind für dich Schlüsselemente deines Jobs.
- Eine gute Kommunikationsfähigkeit und Erfahrung in der Zusammenarbeit mit funktionsübergreifenden Teams bringst du bereits mit.
- Du arbeitest strukturiert, hast einen guten Blick für das Wesentliche und eine ausgeprägte Hands-on-Mentalität.
- Eine hohe Zahlen- und Analysefähigkeit sowie gute Deutsch- und Englischkenntnisse runden dein Profil ab.

### Deine Ansprechpartnerin

Tanja Eberstein, Personalreferentin  
Tel.: 0511 5352-5204

Bitte bewirb dich online: [karriere.heise.de](https://karriere.heise.de)

Bei uns ist jede Person, unabhängig des Geschlechts, der Nationalität oder der ethnischen Herkunft, der Religion oder der Weltanschauung, einer Behinderung, des Alters sowie der sexuellen Identität willkommen.

**Wir freuen uns auf deine Bewerbung!**



# Inserenten\*

1&1 Telecom GmbH, Montabaur.....	180
ABECO Industrie-Computer GmbH, Krefeld.....	37
AlpenShield GmbH, A-Wien.....	11
Cordaware GmbH, Pfaffenhofen.....	2
DFN-CERT Services GmbH, Hamburg.....	174
Kentix GmbH, Idar-Oberstein.....	45
SEH Computertechnik GmbH, Bielefeld.....	43
Thomas Krenn AG, Freyung.....	75
Wiesemann & Theis GmbH, Wuppertal.....	79
WORTMANN AG, Hüllhorst.....	4, 5, 13

## Stellenanzeigen

Heise Gruppe GmbH & Co. KG, Hannover.....	175
Hochschule für angewandte Wissenschaften, München.....	175

## Veranstaltungen

secIT by heise	heise medien	8, 9
Ethical Hacking	heise academy	14
c't events	c't	29
betterCode ()	iX, dpunkt.verlag	41
Github Co-Pilot	heise academy	53
inside agile	iX, dpunkt.verlag	119, 171
DDUX	iX, dpunkt.verlag, Maibornwolff	135
enterJS	iX, dpunkt.verlag	135
Webinar Wärmepumpen	c't	174
Webinar C-Level Kommunikation	heise security	176

Ein Teil dieser Ausgabe enthält Beilagen von HelloFresh Deutschland, Berlin.

\* Die hier abgedruckten Seitenzahlen sind nicht verbindlich. Redaktionelle Gründe können Änderungen erforderlich machen.

**heise security**

# Wie sag ich's meinem Chef?

Erfolgreiche Gesprächsstrategien für Sicherheitsverantwortliche

05.02.2025 | Webinar

**Jetzt Ticket sichern:**  
[heise-academy.de/webinare/wie-sag-ichs-meinem-chef](https://heise-academy.de/webinare/wie-sag-ichs-meinem-chef)

# Impressum

## Redaktion

Heise Medien GmbH & Co. KG, Redaktion c't  
Postfach 61 04 07, 30604 Hannover  
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover  
Telefon: 05 11/53 52-300  
Telefax: 05 11/53 52-417  
Internet: www.ct.de, E-Mail: ct@ct.de

**Titelthemenkoordination in dieser Ausgabe:** „KI-Notebooks mit Qualcomm Snapdragon X, AMD Ryzen AI 300, Intel Core Ultra 200V und Apple M4“:

Florian Müssig ([mue@ct.de](mailto:mue@ct.de)), „Die c't-Security-Checklisten 2025“: Ronald Eikenberg ([rei@ct.de](mailto:rei@ct.de))  
**Chefredakteure:** Torsten Beeck ([tbc@ct.de](mailto:tbc@ct.de)) (verantwortlich für den Textteil),  
Dr. Volker Zota ([vza@heise.de](mailto:vza@heise.de))

**Stellv. Chefredakteure:** Martin Fischer ([mfi@heise.de](mailto:mfi@heise.de)), Axel Kossel ([ad@ct.de](mailto:ad@ct.de)),  
Jan Mahn ([jam@ct.de](mailto:jam@ct.de))

**Chef vom Dienst:** Georg Schnurer ([gs@ct.de](mailto:gs@ct.de))

**Chefin vom Dienst New Media:** Hannah Monderkamp ([mond@heise.de](mailto:mond@heise.de))

**Stellv. Chefin vom Dienst:** Angela Meyer ([am@ct.de](mailto:am@ct.de))

**Koordination Leserkommunikation:** Martin Triadan ([mat@ct.de](mailto:mat@ct.de))

**Leiter redaktionelle Entwicklung:** Jobst Kehrhahn ([keh@ct.de](mailto:keh@ct.de))

**Ressort Internet, Datenschutz & Anwendungen**

**Leitende Redakteure:** Hartmut Gieselmann ([hag@ct.de](mailto:hag@ct.de)), Jo Bager ([jo@ct.de](mailto:jo@ct.de))

**Redaktion:** Holger Bleich ([hob@ct.de](mailto:hob@ct.de)), Anke Brandt ([abr@ct.de](mailto:abr@ct.de)), Greta Friedrich ([gref@ct.de](mailto:gref@ct.de)),  
Tim Gerber ([tig@ct.de](mailto:tig@ct.de)), Arne Grävemeyer ([agr@ct.de](mailto:agr@ct.de)), Markus Montz ([mon@ct.de](mailto:mon@ct.de)),  
Dr. Sabrina Patsch ([spa@ct.de](mailto:spa@ct.de)), Peter Schmitz ([psz@ct.de](mailto:psz@ct.de)), Andrea Trinkwalder ([atr@ct.de](mailto:atr@ct.de)),  
Dorothee Wiegand ([dwi@ct.de](mailto:dwi@ct.de)), Stefan Wischner ([swi@ct.de](mailto:swi@ct.de))

**Ressort Systeme & Sicherheit**

**Leitende Redakteure:** Peter Siering ([ps@ct.de](mailto:ps@ct.de)), Sylvester Tremmel ([syt@ct.de](mailto:syt@ct.de))

**Redaktion:** Niklas Dierking ([ndi@ct.de](mailto:ndi@ct.de)), Mirko Dölle ([mid@ct.de](mailto:mid@ct.de)), Wilhelm Drehling  
([wid@ct.de](mailto:wid@ct.de)), Liane M. Dubowy ([lmd@ct.de](mailto:lmd@ct.de)), Ronald Eikenberg ([rei@ct.de](mailto:rei@ct.de)), Oliver Lau  
([ola@ct.de](mailto:ola@ct.de)), Dennis Schirmacher ([des@ct.de](mailto:des@ct.de)), Hajo Schulz ([hos@ct.de](mailto:hos@ct.de)), Jan Schüßler ([jss@ct.de](mailto:jss@ct.de)),  
Kathrin Stoll ([kst@ct.de](mailto:kst@ct.de)), Keywan Tonekaboni ([ktn@ct.de](mailto:ktn@ct.de)), Axel Vahldiek ([axv@ct.de](mailto:axv@ct.de))

**Ressort Hardware**

**Leitende Redakteure:** Christof Windeck ([cw@ct.de](mailto:cw@ct.de)), Ulrike Kuhlmann ([uk@ct.de](mailto:uk@ct.de)),  
Dušan Živadinović ([dz@ct.de](mailto:dz@ct.de))

**Redaktion:** Ernst Ahlers ([ea@ct.de](mailto:ea@ct.de)), Christian Hirsch ([chh@ct.de](mailto:chh@ct.de)), Benjamin Kraft ([bkr@ct.de](mailto:bkr@ct.de)),  
Lutz Labs ([ll@ct.de](mailto:ll@ct.de)), Andrijan Möcker ([amo@ct.de](mailto:amo@ct.de)), Florian Müssig ([mue@ct.de](mailto:mue@ct.de)), Rudolf Opitz  
([rop@ct.de](mailto:rop@ct.de)), Carsten Spille ([csp@ct.de](mailto:csp@ct.de))

**Ressort Mobiles, Entertainment & Gadgets**

**Leitende Redakteure:** Jörg Wirtgen ([jow@ct.de](mailto:jow@ct.de)), Christian Wölbert ([cwo@ct.de](mailto:cwo@ct.de))

**Redaktion:** Georgiy Belashov ([geb@ct.de](mailto:geb@ct.de)), Robin Brand ([rbr@ct.de](mailto:rbr@ct.de)), Sven Hansen ([sha@ct.de](mailto:sha@ct.de)),  
Steffen Herget ([sh@ct.de](mailto:sh@ct.de)), Nico Juran ([nij@ct.de](mailto:nij@ct.de)), André Kramer ([akr@ct.de](mailto:akr@ct.de)), Michael Link  
([mil@ct.de](mailto:mil@ct.de)), Urs Mansmann ([uma@ct.de](mailto:uma@ct.de)), Stefan Porteck ([spe@ct.de](mailto:spe@ct.de))

**Leiter c't 3003:** Jan-Keno Janssen ([jjk@ct.de](mailto:jjk@ct.de))

**Redaktion c't 3003:** Lukas Rumpel ([rum@ct.de](mailto:rum@ct.de))

**c't Sonderhefte**

**Leitung:** Jobst Kehrhahn ([keh@ct.de](mailto:keh@ct.de))

**Koordination:** Pia Groß ([piag@ct.de](mailto:piag@ct.de))

**Redaktion:** Tom Leon Zacharek ([tlz@ct.de](mailto:tlz@ct.de))

**c't online:** Sylvester Tremmel ([syt@ct.de](mailto:syt@ct.de)), Niklas Dierking ([ndi@ct.de](mailto:ndi@ct.de))

**Social Media:** Jil Martha Baae ([jmb@ct.de](mailto:jmb@ct.de))

**Koordination News-Teil:** Hartmut Gieselmann ([hag@ct.de](mailto:hag@ct.de)), Kathrin Stoll ([kst@ct.de](mailto:kst@ct.de)),  
Christian Wölbert ([cwo@ct.de](mailto:cwo@ct.de))

**Koordination Heftproduktion:** Martin Triadan ([mat@ct.de](mailto:mat@ct.de))

**Redaktionsassistent:** Susanne Cölle ([suc@ct.de](mailto:suc@ct.de)), Tim Rittmeier ([tir@ct.de](mailto:tir@ct.de))

**Software-Entwicklung:** Kai Wasserbäch ([kaw@ct.de](mailto:kaw@ct.de))

**Technische Assistenz:** Ralf Schneider (Ltg., [rs@ct.de](mailto:rs@ct.de)), Christoph Hoppe ([cho@ct.de](mailto:cho@ct.de)),  
Stefan Labusga ([sla@ct.de](mailto:sla@ct.de)), Arne Mertins ([ame@ct.de](mailto:ame@ct.de)), Jens Nohl ([jno@ct.de](mailto:jno@ct.de)),  
Daniel Ladeira Rodrigues ([dro@ct.de](mailto:dro@ct.de))

**Dokumentation:** Thomas Masur ([tm@ct.de](mailto: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](mailto:heb@ct.de)), Tobias Engler,  
Monika Ermert, Stefan Krempl, Ben Schwan ([bsc@ct.de](mailto:bsc@ct.de)), Christiane Schulzki-Haddouti

**DTP, Layout und Grafik:** Mike Bunjes, Birgit Graff, Angela Hilberg, Jessica Nachtigall,  
Astrid Seifert, Ulrike Weis

**Junior Art Director:** Martina Bruns

**Fotografie:** Melissa Ramson, Andreas Wodrich

**Digitale Produktion:** Melanie Becker, Martin 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, Wetzlin, 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](mailto:pgpCA@heise.de)>  
D337 FCC6 7EB9 09EA D1FC 8065 5C1C 1DC5 BEED D33A  
Key-ID: 2BAE3CF6DAFFB000  
ct magazine CERTIFICATE <[pgpCA@ct.heise.de](mailto:pgpCA@ct.heise.de)>  
A3B5 24C2 01A0 D0F2 355E 5D1F 2BAE 3CF6 DAFF B000  
Key-ID: DBD245FCB3B2A12C  
ct magazine CERTIFICATE <[pgpCA@ct.heise.de](mailto: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: ayznmonmewb2tjvgf7ym4t2726muprjvwckz2vfh2hbarbbzydm7oad.onion

## Verlag

Heise Medien GmbH & Co. KG  
Postfach 61 04 07, 30604 Hannover  
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover  
Telefon: 05 11/53 52-0  
Telefax: 05 11/53 52-129  
Internet: www.heise.de

**Herausgeber:** Christian Heise, Ansgar Heise, Christian Persson

**Geschäftsführer:** Ansgar Heise, Beate Gerold

**Mitglieder der Geschäftsleitung:** Jörg Mühle, Falko Ossmann

**Anzeigenleitung:** Michael Hanke (-167) (verantwortlich für den Anzeigenteil),  
[www.heise.de/mediadaten/ct](http://www.heise.de/mediadaten/ct)

**Anzeigenpreise:** Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 42 vom 1. Januar 2025.

**Anzeigen-Auslandsvertretung (Asien):** Media Gate Group Co., Ltd., No. 182, Section 4,  
Chengde Road, Shilin District, 11167 Taipei City, Taiwan, [www.mediagate.com.tw](http://www.mediagate.com.tw)  
Tel: +886-2-2882-5577, Fax: +886-2-2882-6000, E-Mail: [mei@mediagate.com.tw](mailto:mei@mediagate.com.tw)

**Leiter Vertrieb und Marketing:** André Lux (-299)

**Werbeleitung:** Julia Conrades (-156)

**Service Sonderdrucke:** Julia Conrades (-156)

**Druck:** Stark Druck GmbH + Co. KG, Im Altgefäß 9, 75181 Pforzheim

**Kundenkonto in der Schweiz:** PostFinance, Bern, Kto.-Nr. 60-486910-4,  
BIC: POFICHBEXXX, IBAN: CH73 0900 0000 6048 6910 4

**Vertrieb Einzelverkauf:**

DMV Der Medienvertrieb GmbH & Co. KG

Meißberg 1

20086 Hamburg

Tel.: 040/3019 1800, Fax: 040/3019 1815

E-Mail: [info@dermedienvertrieb.de](mailto:info@dermedienvertrieb.de)

**c't erscheint 14-täglich**

Einzelpreis 6,20 €; Österreich 6,90 €; Schweiz 10.50 CHF; Belgien, Luxemburg 7,30 €;

Niederlande 7,50 €; Italien, Spanien 7,80 €

**Abonnement-Preise:** Das Jahresabonnement kostet inkl. Versandkosten: Inland 153,40 €,

Österreich 162,50 €, Europa 175,50 €, restl. Ausland 202,80 € (Schweiz 252,20 CHF);

ermäßigtes Abonnement für Schüler, Studenten, Auszubildende (nur gegen Vorlage einer

entsprechenden Bescheinigung): Inland 105,30 €, Österreich 109,20 €, Europa 124,80 €,

restl. Ausland 153,40 € (Schweiz 149,50 CHF). c't-Plus-Abonnements (inkl. Zugriff auf das c't-

Artikel-Archiv sowie die App für Android und iOS) kosten pro Jahr 24,70 € (Schweiz 29,90 CHF)

Aufpreis. Ermäßigtes Abonnement für Mitglieder von AUGÉ, bdvb e.V., BvDW e.V., /ch/open,

GI, GUUG, ISACA Germany Chapter e.V., JUG Switzerland, VBIO, VDE und VDI (gegen

Mitgliedsausweis): Inland 114,40 €, Österreich 121,68 €, Europa 131,30 €, restl. Ausland 156,26 €

(Schweiz 189,00 CHF). Luftpost auf Anfrage.

**Leserservice:**

Bestellungen, Adressänderungen, Lieferprobleme usw.

Heise Medien GmbH & Co. KG

Leserservice

Postfach 24 69

49014 Osnabrück

E-Mail: [leserservice@ct.de](mailto:leserservice@ct.de)

Telefon: 05 41/8 00 09-120

Fax: 05 41/8 00 09-122

**c't abonnieren:** Online-Bestellung via Internet ([www.ct.de/abo](http://www.ct.de/abo)) oder

E-Mail ([leserservice@ct.de](mailto:leserservice@ct.de)).

Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann trotz sorgfältiger Prüfung durch  
die Redaktion vom Herausgeber nicht übernommen werden. Kein Teil dieser Publikation darf

ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Verlags in irgendeiner Form reproduziert

oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet

werden. Die Nutzung der Programme, Schaltpläne und gedruckten Schaltungen ist nur zum

Zweck der Fortbildung und zum persönlichen Gebrauch des Lesers gestattet.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Haftung übernommen werden. Mit

Übergabe der Manuskripte und Bilder an die Redaktion erteilt der Verfasser dem Verlag das

Exklusivrecht zur Veröffentlichung. Honorierte Arbeiten gehen in das Verfügungsrecht des

Verlages über. Sämtliche Veröffentlichungen in c't erfolgen ohne Berücksichtigung eines

eventuellen Patentschutzes.

Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt. Hergestellt und

produziert mit Xpublisher: [www.xpublisher.com](http://www.xpublisher.com). Printed in Germany. Alle Rechte vorbehalten.

Gedruckt auf chlorfreiem Papier.

© Copyright 2025 by Heise Medien GmbH & Co. KG

ISSN 0724-8679 AWA LAE

# Vorschau **ct** 2/2025

Ab 10. Januar im Handel und auf [ct.de](https://ct.de)



## Monitore von 34 bis 49 Zoll

Breite Monitore bieten viel Platz: Büroarbeiter füllen sie mit Fenstern, Video-producer freuen sich über die lange Zeitleiste. Mit USB-C-Anschluss, USB-Hub und LAN-Buchse wird der Bildschirm zum Heimathafen für Notebooks. Wir haben sechs Modelle von 34 bis 49 Zoll ab 570 Euro getestet.



## Wohnklimawandel mit Raspi

Heizungsthermostate und andere smarte Komponenten verringern Emissionen und Heizkosten, indem sie sich an die individuelle Wohnsituation anpassen, ohne dass es unbehaglich wird. Wir erklären, wie Sie Home-matic-IP-Komponenten untereinander und mit einem stromsparenden Raspi als Steuer-zentrale vernetzen.

## c't-Notfall-Windows 2025

Seit fast 20 Jahren veröffentlichen wir regelmäßig Bausätze für ein Notfallsystem auf Basis von Windows PE – so auch in der kommenden Ausgabe: Mit nur wenigen Schritten präparieren Sie damit einen USB-Stick für Virenjagd, Datenrettung, Passwortwiederherstellung und viele weitere Windows-Wartungs-aufgaben.

## Vielseitige Informationsmanager

RSS Reader sammeln Nachrichten von News-Sites, Blogs, Social-Media-Plattfor-men, Newslettern und vielen weiteren Quellen ein. Daraus bauen sie nach Ihren Vorgaben ein persönliches Nachrichtenportal und organisieren auch das Weiter-arbeiten interessanter Fundstücke.

## Abwechslungsreich und unterhaltsam

Für Überraschungen und magische Momente sorgten im Spielejahr 2024 weniger die großen Mainstream-Titel als Indie-Games aus verschiedenen Genres. Viele davon feierten große Erfolge dank kreativer Ideen und liebevoller Umsetzung. In einem Best-of stellen wir 20 dieser Spiele vor.

Noch mehr  
Heise-Know-how



c't PC-Selbstbau jetzt im  
Handel und auf [heise-shop.de](https://heise-shop.de)

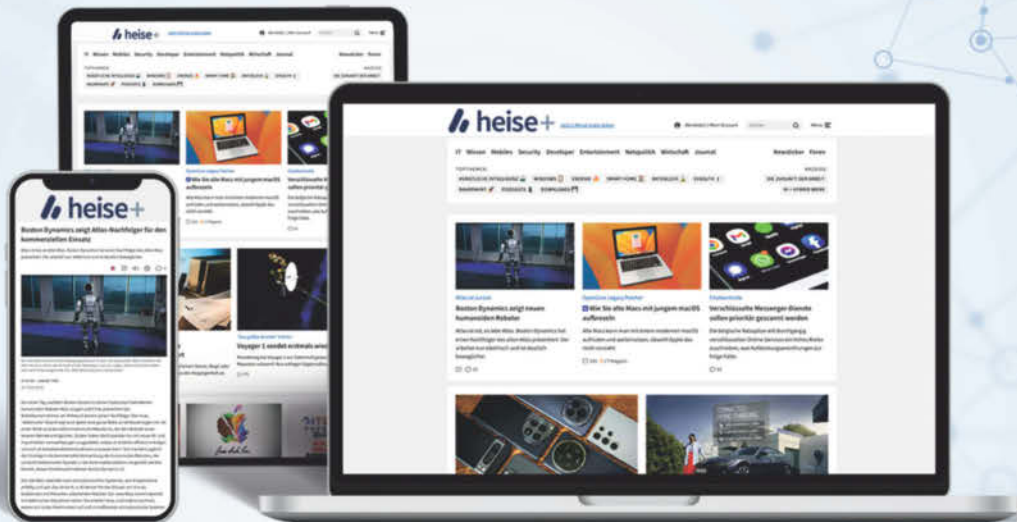


Mac & i 6/2024 jetzt im  
Handel und auf [heise-shop.de](https://heise-shop.de)



Make: 7/24 jetzt im Handel  
und auf [heise-shop.de](https://heise-shop.de)





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

c't-Abonnenten  
lesen bis zu  
**75%**  
günstiger

**heise+**

Das digitale Abo für IT und Technik.

**Exklusives Angebot für c't-Abonnenten:**  
Sonderrabatt für Magazinabonnenten

- ✓ Zugriff auf alle kostenpflichtigen Artikel auf heise.de und in der App
- ✓ Wöchentlicher Newsletter mit allen Highlights und Empfehlungen
- ✓ Alles inklusive: Alle Ausgaben der Magazine c't, iX, Mac & i, Make und c't Fotografie digital verfügbar
- ✓ 1. Monat gratis lesen – danach jederzeit kündbar

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

[heise.de/plus-testen](https://heise.de/plus-testen)

✉ [leserservice@heise.de](mailto:leserservice@heise.de) ☎ 0541 80009 120

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

# NEU 1&1 Unlimited

Zukunftssicher: Auch bei weiter steigendem Datenverbrauch immer verlässlich surfen, chatten und mailen können.\*

**1&1 – Immer wieder besser.**



- ✓ Unlimitiertes Datenvolumen
- ✓ Unlimitiert telefonieren
- ✓ Dauerhaft günstig

ab **9,99** €/Monat\*  
**DAUERHAFT**



**1und1.de**



**0721 / 960 6000**

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



\*Z.B. 1&1 All-Net-Flat Unlimited S mit unbegrenztem Highspeed-Datenvolumen/Mon. mit bis zu 50 MBit/s im Download und bis zu 25 MBit/s im Upload für 9,99 €/Mon. dauerhaft. Pro Mon. stehen zunächst je 50 GB Highspeed-Datenvolumen zur Verfügung. Nach Verbrauch können beliebig oft kostenlos Highspeed-Pakete in 5 GB-Schritten über das 1&1 Control-Center nachgebucht werden. Erfolgt keine Nachbuchung reduziert sich die Surfgeschwindigkeit auf je 64 KBit/s. Angebot gilt bei Tarifbestellungen ohne Hardware. Unlimitiertes Telefonieren und Surfen gilt nicht für Sonder- und Premiumdienste, Verbindungen aus Deutschland ins Ausland sowie Roaming außerhalb EU gemäß Preisliste. Telefonate in dt. Fest- und Handynetze inklusive sowie Verbindungen innerhalb des EU-Auslands und aus EU nach Deutschland plus Island, Liechtenstein und Norwegen. Bereitstellungspreis 39,90 €. 24 Monate Vertragslaufzeit. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Preise inkl. MwSt. 1&1 Telecom GmbH, Elgendorfer Straße 57, 56410 Montabaur. WEEE-Nr. DE13470330

© Copyright by Heise Medien.