



# Smartphone-Kaufberatung

Handys von 50 bis 2000 Euro: Das passende Modell finden  
Nachhaltigkeit: Sicher auch ohne Updates • Selbst reparieren

## TEST

Sechs robuste Outdoor-Smartphones  
c't-Labor-Rekord: Server-CPU AMD Epyc 9004  
Mini-PC Intel NUC12WS mit starker CPU  
Kompakte WLAN-Router für unterwegs  
VR-Brillen: Meta Quest Pro vs. Pico 4

## Stromverbrauch exakt messen

Test: Energiezähler für den Verteilerschrank

## FOKUS

Windows-Schadcode sicher analysieren mit REMnux  
Office-Dateien für OneDrive verschlüsseln  
Universeller Sensor für Gas und Gerüche  
Linux auf M1- und M2-Macs installieren  
Zensur und Propaganda im Ukraine-Krieg



# KI-Kunst: In Sekunden zum grandiosen Bild

Praxis: So gelingen faszinierende, kreative Bilder

Test: Sechs KI-Bilderzeuger • Technik: So arbeiten Dall-E & Co.

€ 5,90

AT € 6,50 | LUX, BEL € 6,90

NL € 7,20 | IT, ES € 7,40

CHF 9.90 | DKK 64,00



Cybersicherheit von XM Cyber.

# Vorher wissen, was später passiert.

XM Cyber ist die einfach geniale Lösung für Ihre Cybersicherheit. Die Software analysiert dabei 24/7 die Schwachstellen Ihrer Cybersecurity aus der Sicht der Angreifer – und priorisiert diese. Wir helfen Ihnen, die tägliche Informationsflut richtig einzuordnen, um Ihre wichtigsten Systeme und Daten effektiv zu schützen.

Mehr auf [xmcyber.com](https://xmcyber.com)



See All Ways™



## Informatik in der Schule: Zu viel Gutachten

Im September 2022 legte die "Ständige Wissenschaftliche Kommission" (SWK) der Kultusministerkonferenz ein Gutachten zur Digitalisierung der Bildung vor. Vieles, was darin steht, ist richtig. Gut, das Wort "Medienpädagogik" findet sich nur vereinzelt, "Fake News" kommt gar nicht vor. Aber sonst enthält das Gutachten viel Wichtiges. Ja, Informatikunterricht sollte in jedem Bundesland verpflichtend sein. Noch leuchten Hessen und Bremen rot auf der Landkarte des "Informatik-Monitors" der Gesellschaft für Informatik. Rot steht da für "kein Angebot" des Pflichtfachs Informatik. Die anderen 14 Bundesländer sind – endlich! – zumindest auf dem richtigen Weg.

Das SWK-Gutachten kommt schlicht 20 Jahre zu spät. Vieles, was die Autoren akribisch zusammengetragen haben, ist schon oft gesagt worden. Es wurde nur selten gehört und noch seltener in die Tat umgesetzt. Dass es die Bildungsgerechtigkeit gefährdet, wenn das Lernen mit digitalen Medien dem Elternhaus überlassen bleibt, dass mehr IT in die Lehrerbildung gehört und WLAN in jede Schule – diese Erkenntnisse sind nicht neu.

In der Pandemie haben Lehrer, Erzieher und engagierte Eltern viele Ideen rund um digitale Medien in Kita und Schule ausprobiert. In neu entstandenen Netzwerken tauschen sich Praktiker

aus und entwickeln alltagstaugliche Konzepte. Aber jetzt, nach dem Ende der Schul- und Kitaschließungen, müssen Medienpädagogen und Informatiklehrer erleben, dass ihre tägliche Arbeit wieder zum Gegenstand von Gutachten wird: Während schon Vorschulkinder lässig das Tablet der Eltern nutzen, sitzt eine Expertenkommission hinter verschlossenen Türen und begutachtet den Stand der Digitalisierung in der Bildung. "Schön, dass Ihr in der Pandemie ein bisschen mitgedacht habt, aber jetzt lasst mal wieder die Experten ran!", scheint die Botschaft.

Die Initiative "Bildung #mitgedacht" ruft Experten aus der Bildungspraxis dazu auf, ihren Blick aufs Thema zu teilen – in Form von Kurzvideos auf YouTube. Hier knapp 190 Seiten eng bedrucktes Papier, dort der bunte, lebendige Austausch von Ideen – damit ist eigentlich schon alles gesagt. Es ist genug begutachtet. Es ist höchste Zeit, die Bildung in Deutschland umzukrempeln.



*Dorothee Wiegand*

Dorothee Wiegand



# TERRA MOBILE 1470T

*Außergewöhnlich.  
Flach.  
Leistungsstark*



## Windows 11 bietet mehr Geräteauswahl für mehr Produktivität

Windows 11 Pro unterstützt die weltweit größte Auswahl an Unternehmensgeräten, sodass Mitarbeitende mit dem für sie richtigen Gerät arbeiten können – für eine angenehmere und produktivere Arbeit. Mit Innovationen in den Bereichen Sprache, Touch und Stift passt sich Windows 11 Pro problemlos unterschiedlichen Arbeitsstilen an. Darüber hinaus bietet es aufgrund

seiner neuen Mindestsystemanforderungen eine bessere Leistung bei allen Gerätekonfigurationen. Und mit der breitesten Palette von OEMs, die Windows 11 Pro unterstützen, und dem breitesten Ökosystem an Siliziumoptionen profitiert Ihr gesamtes Unternehmen von den kontinuierlichen Fortschritten in Hardware und Technologie.

## 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 • Kortenbreite Datentechnik GmbH, **48161** Münster, Tel. 02533/930802 • Großbecker & Nordt Bürotechnik-Handels-GmbH, **50859** Köln, Tel. 02234/40890 • Franken & Vogel GmbH, **55124** Mainz, Tel. 06131/14406-34 • SURE DataSystems, **57627** Hachenburg, Tel. 02662/95830 • J.S. EDV-Systemberatung GmbH, **63843** Niedernberg, 06028/97450 • 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** Reutlingen, Tel. 07121/56780 • MP-Datentechnik GmbH, **73730** Esslingen, 0711/3609163 • Resin GmbH & Co. KG, **79589** Binzen, Tel. 07261/6660 • Office Komplet, **79664** Wehr, Tel. 07762 / 708860 • Schwarz Computer Systeme GmbH, **92318** Neumarkt, Tel. 09181/48550 • K&L electronics GmbH, **95466** Weidenberg, 09278/98610-0 •



WORTMANN AG empfiehlt Windows 11 Pro für Unternehmen.



Magnesium-  
gehäuse



#### TERRA MOBILE 1470T

- Intel® Core™ i5-1135G7 Prozessor  
[8 MB Cache, bis zu 4.20 GHz]
- Windows 11 Pro
- Displaygröße 35.6 cm [ 14" ]  
1920 x 1080 FHD Auflösung
- 8 GB RAM
- 500 GB SSD
- Intel® UHD Grafik

Artikel-Nr.: 1220727

**1.069,-\***

Preis UVP inkl. gesetzl. MwSt.

\* 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.

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.

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

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

## Titelthemen

### Smartphone-Kaufberatung

- 16 Ab 50 Euro** Smartphones für jeden Zweck
- 22 Vergleichstest** Sechs Outdoor-Smartphones
- 30 Nachhaltig** Smartphone länger betreiben

### KI-Kunst: In Sekunden zum grandiosen Bild

- 64 Spaß mit KI-Bildern** Was die Generatoren können
- 68 Prompt-Engineering** für die besten KI-Bilder
- 72 Bildgeneratoren aus dem Web** in der Praxis
- 80 KI-Bildgeneratoren** Wie sie funktionieren

### Stromverbrauch exakt messen

- 106 Test** Energiezähler für den Verteilerschrank

## Aktuell

- 14 Abmahnabzocke** wegen Google Fonts
- 34 Vorratsdatenspeicherung** Quick Freeze als Ersatz
- 36 Internet** Hatespeech, Stories für Signal
- 37 Behörden-Cloud** von Microsoft
- 38 E-Payment** Echtzeitüberweisung zum Standard
- 40 Mixed Reality** Echter Pkw als Spielcontroller
- 41 Forschung** KI schlägt MP3, Falkendrohne
- 42 Netzwerke** Notfallkommunikation 2.0
- 43 DE-Alert** Apple iOS fit für Cell Broadcast
- 44 Bit-Rauschen** AMD legt nach, Intel entlässt
- 45 Einplatinencomputer** Odroid-H3 mit Celeron
- 46 Server & Storage** 96-GB- und CXL-Module
- 47 Hardware** AMD-6-Kerner für unter 80 Euro
- 48 Grafikkarten** AMD Radeon RX 7900 XT & XTX
- 50 Smart Home** Matter startet holprig
- 51 Games-Branche** Fördertöpfe sind leer
- 52 c't I/O** heise+ kostenlos, Tech-Crime-Podcast
- 54 Windows** Mehr PowerToys, Task-Manager
- 55 Open Source** GitHub Universe, Firefox
- 60 Web-Tipps** Geschichten, Orbits, Fake Shops

## Test & Beratung

- 22 Sechs robuste Outdoor-Smartphones**
- 56 Mini-PC Intel NUC12WS mit starker CPU**
- 58 Kompakte WLAN-Router für unterwegs**
- 86 Grafikkarte** Sapphire Radeon RX 6700
- 88 Neutraler Kopfhörer** Ollo Audio S5X 1.0
- 88 In-Ear-Headset** Beyerdynamic Xelento Remote
- 90 Smart Speaker** Echo Dot mit und ohne Uhr
- 92 Streamingplayer** Amazon Fire TV Cube
- 94 Smartphone-Gimbal** DJI Osmo Mobile 6
- 96 ANC-Kopfhörer** Sennheiser Momentum 4
- 96 USB-Mikrofon** SE Electronics Neom
- 97 To-do-App** Merk ich mir!
- 97 Raspi-Lernplattform** Elecrow CrowTail
- 98 Low Code** Programmieren mit Appsmith
- 100 Wissensmanager** Obsidian 1.0
- 102 c't-Labor-Rekord: Server-CPU AMD Epyc 9004**
- 114 VR-Brillen: Meta Quest Pro vs. Pico 4**
- 180 Bücher** Retrocomputing, Schlaue Maschinen

### 16 Smartphone-Kaufberatung



Ein Smartphone muss nicht gleich 1000 Euro oder mehr kosten, damit es alles kann, was Sie benötigen. Mit unseren Tipps sparen Sie ordentlich beim Kauf – oder verlängern die Lebensdauer Ihres aktuellen Handys.



## Wissen

- 118 **Zahlen, Daten, Fakten** Programmieren
- 120 **Zensur und Propaganda im Ukraine-Krieg**
- 124 **Wo der Breitbandausbau klemmt**
- 128 **Android 13** Die Sicherheitsmechanismen
- 130 **Universeller Sensor für Gas und Gerüche**
- 134 **iOS** Was der Blockierungsmodus kann
- 138 **macOS** Neue Funktionen in Ventura
- 172 **Recht** Fahrassistenten ohne Verantwortung

## Praxis

- 142 **Office-Dateien für OneDrive verschlüsseln**
- 148 **Linux auf M1- und M2-Macs installieren**
- 152 **Windows-Schadcode analysieren mit REMnux**
- 158 **Steam Deck** Videospielkonsolen emulieren
- 162 **Container** Einführung in Kubernetes, Teil 3
- 168 **Gnome-Login** für Multimonitorbetrieb

## Immer in c't

- 3 **Standpunkt** Informatik in der Schule
- 8 **Leserforum**
- 13 **Schlagseite**
- 62 **Vorsicht, Kunde** Verschleppter Gutschein
- 174 **Tipps & Tricks**
- 178 **FAQ** Dateinamen unter Windows
- 182 **Story** Dilemma
- 191 **Stellenmarkt**
- 192 **Inserentenverzeichnis**
- 193 **Impressum**
- 194 **Vorschau 26/2022**

### 64 KI-Kunst: In Sekunden zum grandiosen Bild



Quasi auf Zuruf malen KIs wie Dall-E die faszinierendsten Bilder. Wir vergleichen sechs der Dienste, geben Tipps, wie Sie ihnen tolle Werke entlocken, und erklären, wie die KIs funktionieren.

Frisch aus  
**c't Nerdistan**

- 148 **Linux auf dem Mac** Asahi Linux für Apple-Chips
- 158 **Steam Deck** Videospielkonsolen emulieren

**c't**

**Hardcore**

- 80 **Kunst per KI** Die Technik hinter den Generatoren
- 152 **Malware-Analyse** mit der Linux-VM REMnux

## Es gibt Alternativen

Standpunkt: Adobes Midlife-Crisis, c't 24/2022, S. 3

Einfach mal Gimp nutzen [Open-Source-Programm zur Bildbearbeitung, Anm. d. Red.]. Ja, das wird hier und da am Anfang weh tun, aber auf lange Sicht ist ein FOSS-Produkt einfach die sicherere Wahl. Wenn da der Hauptmaintainer anfängt rumzuspinnen, gibts einen Fork und die Community macht weiter.

Jerona

## Leider (noch) alternativlos

Leider ist Lightroom noch ohne Konkurrenz. Wer will schon auf seinen mühevoll erstellten Bilderkatalog verzichten? Nachdem Adobe nachträglich Funktionen aus den alten Lightroom-Versionen entfernt hat (Kartenmodul etc.), ist man selbst als Gelegenheitsnutzer auf teure Abomodelle angewiesen. Viele Nutzer drängt es da auf illegale Wege. Sobald ein alternatives Angebot auf dem Markt ist, mit dem man seinen bestehenden Bilderkatalog übernehmen kann, bin ich auf jeden Fall weg.

engländer

## Selten Windows benutzen

Wie Sie die Sicherheit von Windows mit wenigen Handgriffen verbessern, c't 24/2022, S. 24

Der beste Schutz, den ich meinem Windows geben kann: Ich arbeite mit Linux

## Wir freuen uns über Post

✉ redaktion@ct.de

💬 c't Forum

f c't Magazin

📧 @ctmagazin

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

Antworten sind kursiv gesetzt.

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



Gibt es gute Alternativen zu den Bild- und Fotoprogrammen von Adobe? Das diskutierten Leser im Online-Forum zum Standpunkt aus c't 24/2022.

und verwende Windows nur für Aufgaben, für die es unter Windows die besseren oder einfacheren Programme gibt (Steuersoftware etc.).

Windows12

## SRP trotz 22H2

Restric'tor: Windows mit Software-Restriktionen schützen, c't 24/2022, S. 32

Ich war etwas erstaunt über die Aussage, dass SRPs [Software Restriction Policies, Anm. d. Red.] mit der neuesten Windows-11-Version nicht mehr funktionieren sollten – meine Erfahrung war eine andere. Ich habe es daher sieben nochmals getestet, und auf meiner Installation greifen die SRPs weiterhin anstandslos. Vielleicht könnte die Erklärung sein, dass ich meine Windows-11-22H2-Installation als Update bezogen habe und nicht etwa neu installiert habe. Wie ich es verstanden habe, kann Smart App Control nur bei Neuinstallationen verwendet werden. Eventuell wird im Gegenzug auch nur dann SRP deaktiviert?

Alexander Schöcke

*Wir können das bestätigen: Wenn ein PC auf Windows 11 Version 22H2 aktualisiert worden ist, scheinen die SRP weiterhin zu greifen. Da ein offizielles Statement von Micro-*

*soft dazu, wie und ob es mit SRP weitergeht, weiterhin fehlt, können wir den Einsatz mit Version 22H2 dennoch nicht empfehlen.*

## Wenig Highlights

Netflix: Neues Abo mit Werbung, Sperren für Account Sharing – auch in Deutschland, c't 24/2022, S. 42

Die Frage ist eher: Wer will noch Netflix für 18 Euro, wenn kaum noch was Vernünftiges kommt? Die Highlights muss man ja fast schon suchen. Sorry, ich bin da erst mal raus.

Robby-D

## Besser private Cloud

Microsoft sperrt Kunden unangekündigt für immer aus, c't 24/2022, S. 104

Die beste Lösung ist es, persönliche Daten aller Art überhaupt nicht in die Cloud von US-Großkonzernen zu packen, sondern lokal in einer privaten Cloud zu halten – sei es über NAS-Anbieter wie Synology und QNAP oder über NAS-Systeme wie TrueNAS. Lokal gehostete NAS bieten den gleichen Komfort und Funktionen wie große Anbieter.

Die Konfiguration ist kein Hexenwerk. Es steht unbeschränkt Speicher zur Verfügung. Die Anschaffungskosten amortisieren sich je nach Speicherbedarf





# Modern Workplace: Leistungsstark, platzsparend und flexibel!

Die neuen exone PCs – Business Small und Compact

**Der Arbeitsplatz der Zukunft –  
weil der Mensch im Vordergrund stehen soll!**



Leise im Betrieb

Bequemes Erreichen der USB-Slots

Aufgeräumte Büroatmosphäre



**Jetzt alle Vorteile entdecken!**

[www.exone.de/die-neuen-exone-pcs](http://www.exone.de/die-neuen-exone-pcs)

exone® ist eine Marke der EXTRA Computer GmbH · Brühlstraße 12 ·  
89537 Giengen-Sachsenhausen · [www.extracomputer.de](http://www.extracomputer.de)

schnell. Der Stromverbrauch hält sich im Rahmen. Es stehen Apps zur automatischen Synchronisation zur Verfügung.

Statt Office 365 lohnt sich der Umstieg auf Open-Source-Produkte wie LibreOffice.

Nullmeridian

## Versagen des Gesetzgebers

Hier fehlt eindeutig ein Gesetz, das dem Nutzer das Recht gibt, bei einer Kündigung des Kontos die ganzen Daten auf seinen eigenen Rechner zu kopieren. Ein Problem ist auch, dass es nicht so einfach möglich ist, Microsoft zu kontaktieren. Man ist denen ausgeliefert. Nicht jeder hat das Geld, gegen Microsoft oder ähnliche Unternehmen zu klagen.

Volcanus

## Schlechter Beigeschmack

*So harmonisieren Docker und IPv6, c't 24/2022, S. 154*

Vielen Dank für den Artikel zum Thema Docker und IPv6. Allerdings möchte ich hier noch einiges aus meiner Erfahrung zu bedenken geben. Ich arbeite bereits seit mehreren Jahren mit Docker und IPv6 und man muss leider sagen: Es hakt und knirscht noch an sehr vielen Ecken und Enden. Ein Out-of-the-box-Erfolgserlebnis ist es auf keinen Fall.

Die Verwendung von ULAs ist eine Möglichkeit, allerdings bricht auch diese mit der Ende-zu-Ende-Idee der IP-Kommunikation. Daher ist der Ansatz mit globalen Adressen eigentlich zu befürworten. Zumal in der Regel ohne Probleme aus dem zugewiesenen Prefix ein Segment für Docker herausgepickt werden kann. Im Falle globaler Adressen muss man sich dann noch nicht einmal Gedanken über die Belastung hinsichtlich der Firewall beim NAT machen, das läuft im Wesentlichen durchs Routing.

Woran man natürlich denken muss, ist, welche Ports man nach außen in der IPv6-Firewall freigibt. Noch ist das leider Handarbeit, aber ich könnte mir in Docker durchaus eine Auswertung des Expose-Verhaltens vorstellen, nach der dann die notwendigen Regeln eingetragen werden. Ein weiteres ungelöstes Problem, das viele Heimadmins ärgern dürfte, ist der mangelnde Support für DHCP-PD. Docker hat noch immer keine Mechanismen, um beim Router oder Host gegebenenfalls passende Prefixe anzufordern, wenn man neue Netzwerke anlegt, geschweige denn eine Funktion zum Update beim Prefix-Wechsel.

Insgesamt bleibt beim IPv6-Support in Docker ein schlechter Beigeschmack: Docker wurde 2013 entwickelt und man hat es schlichtweg versäumt, sich bei einer derart neuen Technik von Anfang an mit IPv6 zu beschäftigen und die Vorteile in Docker nativ zu integrieren.

Kai Schlachter

## Geschirmtes Gehäuse

*Hoymiles-Wechselrichter für Balkonkraftwerke per Web & MQTT überwachen, c't 24/2022, S. 158*

Ich habe das Ganze vor einiger Zeit auch aufgebaut, für den Fall eines defekten nRF24L01+ habe ich die Dinger gleich im Doppelpack mit externer Antenne bestellt – könnte ja einer kaputt sein. Nach einer Woche Herumgefickel mit nur sporadisch erfolgreichen Verbindungen zum Wechselrichter bei zwei Meter Abstand bin ich in den GitHub-Issues auf den Tipp gestoßen, dass es die NRF von Ebyte auch mit geschirmtem Gehäuse gibt (E01 ML01DP5). Mit dem hatte ich dann sofort eine stabile Verbindung aus dem Keller durch zwei Betondecken aufs Dach.

kOOK

## Dreiphasenwechselstrom

*Was Sie über elektrischen Strom wissen müssen, c't 24/2022, S. 122*

Über einen Satz musste ich mich schon wundern: „Mit dem Dreiphasenwechselstrom haben Sie zu Hause höchstens in einer Werkstatt zu tun.“ Die wenigsten Haushalte dürften eine Werkstatt haben, mittlerweile könnten schon dreiphasig angeschlossene Wallboxen häufiger sein.

## In eigener Sache

Im nächsten Jahr ergänzen wir das c't-Abo durch eine weitere, besondere Ausgabe. Künftig werden also zwei Extrahefte pro Jahr erscheinen und Themen aufgreifen, die in der regulären c't oft zu kurz kommen. Das neue Extraheft für 2023 wird voraussichtlich im Mai erscheinen. Der Preis für eine Ausgabe beträgt am Kiosk 5,90 Euro. Abonnenten in Deutschland erhalten diese Ausgabe zu einem vergünstigten Preis von 5,15 Euro als 28. Heft ihres Abos. Die neuen Abopreise inklusive der Auslandspreise finden Sie im Impressum auf Seite 193. (jr@ct.de)

Aber dennoch hat fast jeder Haushalt ein dreiphasig angeschlossenes Gerät: den E-Herd oder die Kochplatte. Die sind halt meist fest angeschlossen und man rät immer dazu, sie von einem Elektriker anschließen zu lassen. Insofern kann man den Satz natürlich auch so interpretieren, dass man damit selbst nicht „zu tun“ hat, weil man die Finger davon lassen sollte. Dennoch schließen viele Laien ihre Herde selbst an. Habe ich auch schon gemacht.

Brian Kernighan

## Ergänzungen & Berichtigungen

### Performanceprobleme behoben

*AM5-Mainboards für Ryzen-7000-Prozessoren im Test, c't 24/2022, S. 90*

Beim Asrock B650 Pro RS hatten wir eine zu geringe 3D-Performance der Ryzen 7000 festgestellt. Inzwischen hat Asrock auf unseren Hinweis das Problem mit der BIOS-Version 1.11 beseitigt.

### Release verschoben

*Fedora Linux 37, c't 24/2022, S. 88*

Nach Redaktionsschluss hat das Fedora-Projekt die Veröffentlichung von Fedora 37 vom 1. auf den 15. November verschoben. Die Entwickler haben sich dazu entschlossen, um nicht Informationen zu einer Sicherheitslücke in OpenSSL preiszugeben.

## Fragen zu Artikeln



Mail-Adresse des Redakteurs am Ende des Artikels



Artikel-Hotline  
jeden Montag 16–17 Uhr  
05 11/53 52-333





# Dein nächstes Projekt: IT auf die Schiene bringen.

Willkommen, Du passt zu uns.  
**In einem der größten  
Digitalisierungsprojekte Deutschlands.**

Wofür arbeitest Du? Unser Vorschlag: Leiste einen starken Beitrag für die Digitalisierung der Schiene und 100% klimafreundliche Mobilität. In der Fahrzeug-IT. Der digitalen Stellwerkstechnik. Oder in der Instandhaltung mit KI und VR.



[deutschebahn.com/ct-it](https://deutschebahn.com/ct-it)

Jetzt informieren!



secIT by Heise

HANNOVER 2023



meet.  
learn.  
protect.

14. – 16. März 2023

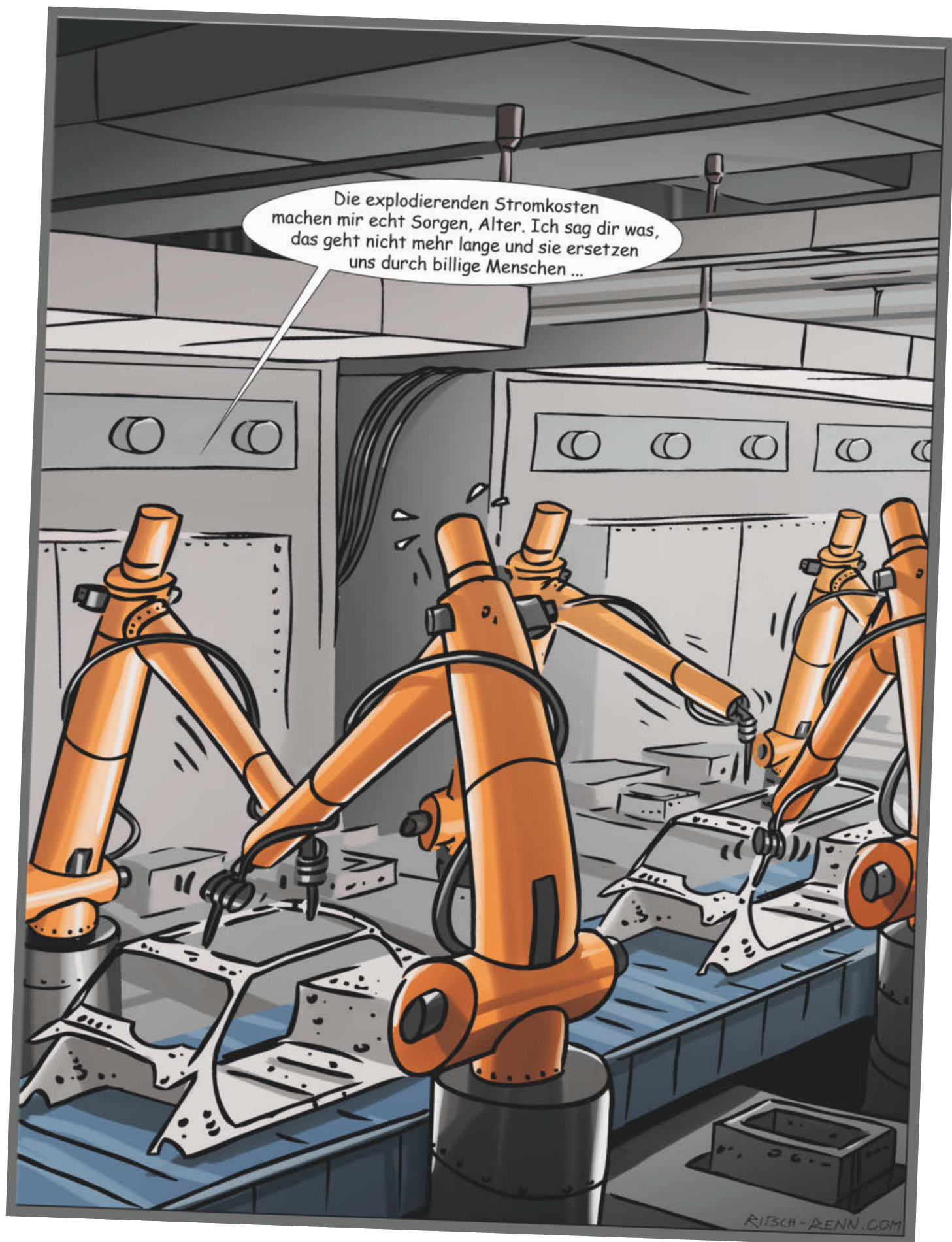
## Die Kongressmesse für Security-Experten!

- Mehr als **70 Unternehmen** präsentieren ihre Tools und Services
- Rund **50 Vorträge** zu den neuesten Trends und Lösungen auf drei Bühnen
- **20 Expert Talks** liefern wichtige Impulse
- **30 praxisnahe Workshops** vertiefen Ihr Wissen
- **Start-up-Bereich** und Recruiting Area

Bis 31. Dezember kostenlos anmelden:  
**secit-heise.de**







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

# Dreiste Forderungen

## Massenhaft Abmahnungen wegen Nutzung von Google-Fonts

**Was als Randnotiz begann, hat sich innerhalb weniger Wochen zur wohl größten Abmahnwelle der vergangenen zehn Jahre entwickelt: Zigtausend Website-Betreiber erhielten innerhalb kurzer Zeit Schreiben mit Zahlungsaufforderungen von zwei Anwälten. Was steckt dahinter und wie sollte man darauf reagieren?**

Von Joerg Heidrich und Niklas Mühleis

Mit schweren Vorwürfen wartet der Rechtsanwalt in seinem Schreiben auf: Der Empfänger des Briefs habe das allgemeine Persönlichkeitsrecht seines Mandanten verletzt und dieser habe einen „tatsächlichen und wirtschaftlichen Nachteil“ erlitten. Die Ursache für diesen „Kontrollverlust“ des Mandanten: die von ihm besuchte Website verwendet Google-Fonts.

Mit dem Google-Fonts-Dienst stellt der Suchmaschinen-gigant über 1000 Schriftarten zur kostenlosen Nutzung bereit. Wer diese Schriften auf der eigenen Website verwenden möchte, kann dies sogar tun, ohne die Fonts auf dem eigenen Server bereitzuhalten. Doch das ist keine gute Idee: Sobald ein Besucher die Webseite aufruft, lädt der Browser die Fonts direkt von den Google-Servern und übermittelt dabei Nutzerdaten an Google.

### Der Urknall von München

Diesen Vorgang hatte Anfang des Jahres das Landgericht München zu bewerten (Az.: 3 O 17493/20). Das ergangene Urteil stellt so etwas wie die Keimzelle dar, aus der sich die gesamte derzeitige Abmahnwelle entwickelt hat. In seinen äußerst knapp formulierten Entscheidungsgründen zum Urteil führt das Gericht aus, dass durch den Einsatz von Google-Fonts auf

Websites „unstreitig“ die dynamischen IP-Adressen von Nutzern an die Server von Google in den USA übermittelt werden. Dort sei laut dem „Schrems II“-Urteil des EuGH (Az.: C-311/18) kein angemessenes Datenschutzniveau garantiert. Weil der Vorgang das Recht des Klägers auf informationelle Selbstbestimmung verletze, bestehe ein Anspruch auf Unterlassung und Auskunft über die Verarbeitung der Daten.

Das Besondere an der Münchner Entscheidung ist die Tatsache, dass die Richter dem Kläger auch einen Schadenersatzanspruch aus Art. 82 Abs. 1 DSGVO zugestanden: In dem Kontrollverlust des Klägers über seine personenbezogenen Daten sah das Gericht eine immaterielle Verletzung des Klägers. Bei Google handele es sich um ein Unternehmen, das „bekanntermaßen Daten über seine Nutzer sammelt“, so die Argumentation. Aus der Datenweitergabe an Google resultiere ein „individuelles Unwohlsein“, das so erheblich sei, dass es einen Schadenersatzanspruch rechtfertige.

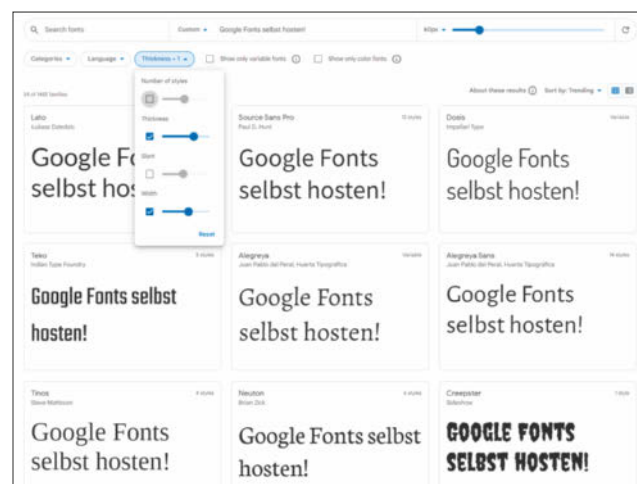
### Urteil mit Sprengkraft

Das Urteil aus München ist in der Fachwelt hoch umstritten. Allein die gerichtliche Wertung, dass die Übermittlung in die USA „unstreitig“ sei, zeigt, dass sich die

am Urteil beteiligten Personen weder technisch noch rechtlich in der Tiefe mit der Funktionsweise von Google-Fonts auseinandergesetzt haben. Auch die übrigen, sehr knapp gehaltenen Entscheidungsgründe lassen eine vertiefte Auseinandersetzung mit der Frage nach der Gewährung von Schadenersatz vermissen. Die Entscheidung vermittelt den Eindruck, dass dem Gericht nicht einmal im Ansatz die Sprengkraft des eigenen Urteilspruches klar war.

Die unsichere Rechtslage machen sich nun eine ganze Reihe von Betroffenen zunutze – offenbar leiden sie alle unter einem „besonderen Unwohlsein“ nach dem Besuch von Websites mit Google-Fonts. In der ersten Welle waren es vor allem Einzelpersonen, die E-Mails mit Geldforderungen versandten. Sie forderten Websitebetreiber darin auf, Ihnen als Entschädigung einen Betrag von 100 Euro zu überweisen.

Ab dem Spätsommer bauten die beiden Rechtsanwälte Kilian Lenard und Nikolaos Kairis das Geschäftsmodell aus. Sie agieren im Namen ihres jeweiligen Mandanten Martin Ismail beziehungsweise Wang Yu. Wie viele Abmahnungen sie versandt haben, ist unklar. Die von den Anwälten verwendeten Aktenzeichen legen nahe, dass es mehrere Hunderttausend Schreiben sind.



**Google Fonts bietet attraktive Schriftarten, birgt aber auch ein gewisses Risiko, falls man die Schriften nicht selbst hostet.**



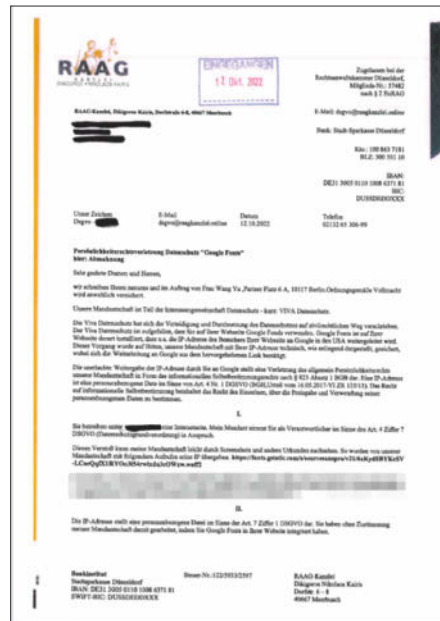
Nicht nur der Inhalt der von den beiden Anwälten versandten Standardschreiben ähnelt sich stark, sondern auch deren begrenzte juristische Qualität. In den Schreiben wird darauf hingewiesen, dass die Abgemahnten auf ihrer Website Google-Fonts einbinden. Hiernach gäbe es einen Anspruch auf Unterlassung, Auskunft und Zahlung eines Schadenersatzes. Es folgt das Angebot, auf weitere rechtliche Maßnahmen zu verzichten, sofern der Empfänger zeitnah Geld überweist. Rechtsanwalt Lenard schwebt eine Summe von 170 Euro vor. Rechtsanwalt Kairis verlangt nur 140 Euro, kommt jedoch zuzüglich Rechtsanwaltskosten auf eine Forderung von 239,60 Euro.

## Ominöse Interessengemeinschaften

Im Fall des Duos Lenard/Ismail behauptet der Anwalt bemerkenswerterweise nicht einmal, dass sein Mandant persönlich auf der Website des Abgemahnten gewesen sei. Vielmehr habe eine „Interessengemeinschaft Datenschutz“ (IGD) bemerkt, dass die Site Google-Fonts verwendet. Diese IGD wird allerdings gar nicht von dem Anwalt vertreten – sein Mandant ist allein Martin Ismail. Wer hinter der Interessengemeinschaft steht, wird auf der IGD-Website nicht näher dargelegt. Im Impressum findet sich nur Ismail, unter einer auch in den Abmahnungen genannten Anschrift in Hannover. c't hat dem Duo eine Liste mit Fragen über ihre Aktivitäten geschickt, jedoch bisher keine Antwort erhalten.

Auf der Website der IGD findet sich eine bemerkenswerte Stellungnahme, in der zunächst darauf hingewiesen wird, dass es sich bei den Beteiligten um tatsächliche Personen handelt. Auch die versandten „Nachrichten mit der Zahlungsaufforderung“ und die Aufforderung, Google-Fonts zu entfernen, stellten kein „Fake“ dar, heißt es weiter. Die verantwortlichen Webseitenbetreiber hätten vielmehr „nachweislich gegen die DSGVO verstoßen“ und seien schadenersatzpflichtig. Das sei auch „von der derzeit herrschenden Rechtsprechung eindeutig klargestellt“.

Die Stellungnahme enthält zudem eine Drohung: Das Unterlassen der Entfernung sowie die Nichtzahlung würden zu „weitergehenden rechtlichen Konsequenzen“ führen. Wie diese aussehen, sagen die Rechtsanwälte nicht. Es sind auch keine Verfahren bekannt gewor-



**In diesem Abmahnschreiben wird dem Empfänger unter anderem „Verletzung des allgemein Persönlichkeitsrechts“ vorgeworfen. Dem zweiseitigen Brief ist „nachstehend“ eine Rechnung über 239,60 Euro beigelegt.**

den, in denen das Abmahn-Duo seine Forderungen gerichtlich durchgesetzt hat. Möglicher Grund: Solche Verfahren wären für die Abmahner gefährlich, da bereits wenige ablehnende Entscheidungen deren Geschäftsmodell beenden würde.

Auf Ihrer Website versucht die IGD außerdem, sich ein gemeinnütziges Image zu geben: Die Interessengemeinschaft unterstütze Vereine mit Spenden, steht dort. Die Spendenempfänger werden allerdings „aus Datenschutzgründen“ nicht genannt. Nicht bei allen Empfängern ist die Unterstützung durch die IGD willkommen. So schickte die Bürgerrechtsvereinigung „Deutsche Vereinigung für Datenschutz“ (DVD) eine Überweisung der IGD in Höhe von 3060 Euro unverzüglich zurück. Diese Summe habe ein Herr Ismail – interessanterweise nicht die IGD – auf das Konto der Bürgerrechtsorganisation überwiesen, verbunden mit der Bitte um eine Spendenquittung. In einer Stellungnahme lehnt die DVD das Vorgehen der IGD ab, das aus Sicht der DVD das Anliegen des Datenschutzes diskreditiert.

## Abmahnungen mit Comedy-Potenzial

Für Erheiterung sorgen die Abmahnschreiben des Rechtsanwalts Nikolaos Kairis aus Meerbusch. Dieser vertrat zu-

nächst einen nicht näher bezeichneten Herrn Wang Yu, ab Mitte Oktober 2022 dann plötzlich eine Frau Wang Yu. Diese residiert laut Schreiben am Pariser Platz in Berlin in einem Haus, in dem sich Büroräume und Briefkastenfirmen befinden, und ist Mitglied einer „Interessengemeinschaft Datenschutz“. Die Vereinigung, die sich auch „VIVA Datenschutz“ nennt, war für uns im Internet nicht auffindbar. Auch Anwalt Kairis hat auf unsere Anfrage bisher nicht reagiert.

Kairis bietet ebenfalls an, auf weitere Ansprüche zu verzichten, falls der Empfänger des Abmahnschreibens den Verstoß beendet und die geltend gemachte Summe zahlt. Allerdings habe ihn sein Mandant bereits „in anderen gleichgeschalteten Fällen mit der Klage mandatiert“. Auffällig sind neben diversen Schreibfehlern in den Abmahnungen vor allem die übersandten Rechnungen. Während sich dort anfangs gleich mehrere Fehler bei der Berechnung fanden, ist in späteren Schreiben lediglich die Geltendmachung der anwaltlichen Auslagenpauschale fehlerhaft – zugunsten des Anwalts. Falls tatsächlich Hunderttausend Abmahnungen versandt wurden, würden sich allein die falschen Berechnungen schnell zu Unrecht erhobenen Forderungen im siebenstelligen Bereich summieren.

## Google-Fonts lokal nutzen

Juristen sind sich nicht einig, wie Empfänger einer solchen Abmahnung damit umgehen sollten. Klar ist nur: Bezahlen sollte man die Forderungen nicht. Ansonsten reichen die Ratschläge von Ignorieren über Zurückweisen bis zu einem formalen Antwortschreiben per Anwalt. In jedem Fall sollten Website-Betreiber schleunigst die Abruf-Version von Google-Fonts durch das lokal gehostete Angebot dieses Dienstes ersetzen. (dwi@ct.de) **ct**

*Die Autoren vertreten im Rahmen ihrer Anwaltskanzlei Empfänger der genannten Abmahnungen. Die Kanzlei hat auch Strafanzeige gegen beide Anwälte und ihre Mandanten erstattet.*

## Literatur

- [1] Daniel Berger, *Schöne Schriften, Google Fonts selbst hosten – und den Datenschutz verbessern*, c't 21/2022, S. 168

**Münchner Urteil, Stellungnahmen:**  
[ct.de/yjes](https://www.ct.de/yjes)



# Smartphone-Kaufberatung

Von 50 bis 2000 Euro:  
Smartphones für jeden Zweck



<b>Kaufberatung .....</b>	<b>Seite 16</b>
<b>Outdoor-Smartphones im Test .....</b>	<b>Seite 22</b>
<b>Nichtkauf-Beratung .....</b>	<b>Seite 30</b>

## Hunderte neue Smartphone-Modelle fluten alljährlich den Markt; da fällt es schwer, das richtige auszuwählen.

## Wir geben eine Orientierung, was Einsteiger-Geräte leisten müssen, was 500-Euro-Modelle besser machen und ob sich High-End-Smartphones wirklich lohnen.

Von Robin Brand

**M**anche Smartphones können heutzutage Kamera, Tablet und in manchen Situationen Fernseher und Notebook ersetzen, andere taugen zu kaum mehr als zum Telefonieren. Bei Preisen von 100 Euro an einem Ende der Skala und mehr als dem 20-fachen am anderen ist nicht nur die Auswahl groß, das Leistungsgefälle ist es auch. Nicht immer macht nur das teuerste Modell glücklich, für manche Bedürfnisse reicht ein Einsteigergerät, und ab der Mittelklasse muss man schon genau hinschauen, wo genau die Oberklasse voraus ist.

Wir geben in diesem Artikel einen Überblick, was Sie von den Smartphones der jeweiligen Preisstufen erwarten dürfen. Über exotische Outdoor-Phones werden Sie in diesem Artikel aber nichts lesen, da wir diesen einen eigenen Prüfstand gewidmet haben (S. 22). Weil die Herstellung eines jeden Smartphones Ressourcen verbraucht, geben wir auch Tipps zum Gebrauchtkauf (siehe Kasten auf S. 21). Noch nachhaltiger allerdings ist es, gar nicht zu kaufen – praktischer ist es oben-drein, schließlich müssen Sie so Ihre Daten und den ganzen Rattenschwanz, der daran hängt, nicht auf ein neues Gerät umziehen. Wie Sie Ihrem aktuellen Smartphone wieder Beine machen, lesen Sie in unserer Nichtkauf-Beratung (S. 30).

Einige konkrete Kaufempfehlungen geben wir in den Kästen in diesem Artikel (S. 18, 19 und 20). Falls sich Ihr Favorit nicht darunter befindet, muss es dennoch kein schlechtes Gerät sein; halten Sie sich in dem Fall einfach an die grobe Orientierung, die wir in dieser Kaufberatung geben.

### Smartphone oder Feature-Phone?

Schon für weniger als 150 Euro wandern einige Neugeräte über die Ladentheke. Klar, dass man im Vergleich zu zehnmal so teuren Geräten Abstriche machen muss. Dennoch: Nur weil ein Smartphone günstig ist, befreit es den Hersteller noch lange nicht davon, einige Grundtugenden zu beherzigen.

Grundsätzlich steht vor dem Kauf eines derart günstigen Geräts die Erwägung, ob es ein Smartphone sein muss. Wer wirklich nur telefonieren und SMS schreiben will, wird auch mit einem Feature-Phone zufrieden sein. Diese Tastenhandys sind bereits für weniger als 50 Euro erhältlich. Läuft darauf KaiOS, kann man darüber auch WhatsApp-Nachrichten versenden und neuerdings WhatsApp-Sprachanrufe tätigen. Zudem spielen Feature-Phones in aller Regel lokal gespeicherte MP3-Dateien ab, viel mehr Multimedia-Aufgaben sollte man den Geräten aber nicht aufbürden – nicht nur wegen der kleinen Displays unter 3 Zoll. Schon Sur-

fen, Navigieren oder Apps wie Facebook bringen die Geräte mit Hauptspeichergrößen von 512 MByte und weniger an Grenzen. Im Vergleich zu herkömmlichen Smartphones punkten die wackeren Tastentelefone mit langen Akkulaufzeiten. Genau hinschauen sollten Sie bei den unterstützten Netzen: Vor allem unter den günstigeren Modellen finden sich viele, die kein LTE beherrschen und seit der Abschaltung des 3G-Netzes auf 2G angewiesen sind.

Will man doch hin und wieder mal ein YouTube-Filmchen schauen, sind selbst die günstigsten der echten Smartphones klar im Vorteil. Angesichts der schwachen Hardware läuft auf einigen dieser Sub-150-Euro-Modelle das abgespeckte Android Go samt weniger ressourcenhungriger Web-Apps anstelle ihrer ausgewachsenen Geschwister. In beiden Fällen sollten Sie Geräte, die nicht mit Android 11 oder neuer ausgeliefert werden, links liegen lassen. Denn fast allen Smartphones dieser Preisklasse ist gemein, dass ihnen ein von Vernachlässigung geprägtes Leben bevorsteht. Zuneigung in Form von Updates zeigen die Hersteller gegenüber ihren günstigsten Geräten nämlich eher selten und auch nur kurz (Ausnahmen siehe Kasten auf S. 18). Daher sollte das Gerät beim Start ins Leben auf möglichst aktuellem Stand sein. Tipps, wie Sie auch nach Supportende Ihr Smartphone sicher weiterbetreiben, lesen Sie ab Seite 30.

### Zweckmäßige Arbeitsgeräte

Performance-Wunder finden sich nicht unter den günstigsten Smartphones, doch es gibt langsame und noch langsamere. Zu letzterer, unbedingt zu vermeidenden Kategorie zählen Smartphones mit steinalten

Hier und da sind günstige Smartphones der Oberklasse voraus: Wer auf eine Kopfhörerbuchse wert legt, wird vornehmlich im Einsteiger- und Mittelklassebereich fündig.





**900 LEDs auf dem Rücken machen das Nothing Phone (1) zu einem Hingucker.**

Vierkernprozessoren, die Hersteller auch 2022 noch auf den Markt werfen. Auch um Geräte mit 3 oder gar nur 2 GByte Haupt-

speicher sollte man einen großen Bogen machen. Achtkernprozessoren, 4 GByte RAM und 32, besser 64 GByte Flashspeicher darf man auch beim Kauf günstigster Smartphones voraussetzen. Immerhin: Der Flashspeicher der Einsteiger-Smartphones ist in aller Regel per MicroSD-Karte erweiterbar, und auch Klinkenbuchsen beherbergen sie noch – im Unterschied zum Gros der High-End-Smartphones.

Auch große Akkus mit Kapazitäten von bis zu 5000 mAh, die für lange Laufzeiten sorgen, stecken in einigen der Geräte – die Akkus wieder aufzuladen, dauert bei allen Günstig-Smartphones jedoch eher lang. Denn Firlefanz wie ausgefeilte Schnellladetechniken oder gar die Möglichkeit, das Smartphone drahtlos zu laden, sucht man vergeblich. Auch wertige Metallrahmen und Glasrückseiten darf man in dieser Preisklasse nicht erwarten, es dominiert zweckmäßiger Kunststoff. Gegen Staub und Wasser sind die Gehäuse bestenfalls gemäß IP52 geschützt – mit anderen Worten: Spritzwasser können sie ab, mehr aber auch nicht. Nicht mehr zeitgemäß ist, dass Hersteller vereinzelt noch

Smartphones mit dem veralteten Micro-USB-Anschluss vertreiben.

Einige der günstigsten Geräte sind mit grobkörnigen Displays ausgestattet, die einem den Spaß am Smartphone austreiben. Als untere Grenze empfiehlt sich für 6- oder 6,5-Zoll-Displays, wie sie Hersteller häufig in dieser Preisklasse verwenden, eine Auflösung von 1600 × 720 Pixeln. Auch die Fotos der Smartphoneknipsen taugen allenfalls als Erinnerungsstütze. Lassen Sie sich nicht von Angaben wie „50-Megapixel-Kamera“ blenden. Auf den winzig-kleinen Sensoren der Günstig-Smartphones gilt: Weniger ist mehr.

### 5G im Einsteiger-Smartphone

Schon für eine Handvoll Euro mehr finden sich Smartphones, die die größten der genannten Schwachstellen beseitigen – und Annehmlichkeiten bieten, die vor ein, zwei Jahren noch dem High End vorbehalten waren. Namentlich gehören dazu strahlend helle, farbstarke OLED-Bildschirme mit Bildraten von 90 Hertz und zeitgemäßer Full-HD-Auflösung [1]. Auch flotte SoCs der Qualcomm-600er-Serie finden

## Android von 125 bis 350 Euro

Immer mehr Hersteller machen für ihre Smartphones Updateversprechen – nur leider sind diese meist auf höherpreisige Geräte begrenzt. Eine Ausnahme ist Samsung, das über seine Updatevorhaben für die Einsteiger-Smartphones Galaxy A04s (150 Euro) und A13 5G (180 Euro) informiert: Zwei OS-Upgrades und vier Jahre lang Sicherheitspatches will der Hersteller liefern. Beide Geräte erhalten demnach bis Herbst 2026 Updates, vermutlich quartalsweise. Das allein macht sie unter den günstigsten Smartphones zu einer Empfehlung, die Mehrinvestition in das A13 mit schnellerem SoC und 5G lohnt sich. Noch günstiger ist das 125 Euro teure Motorola E32s mit vernünftiger Speicherausstattung (4/64 GByte) und Android 12. Zu Updates macht Motorola aber keine Angaben, genauso wenig wie Xiaomi für das Redmi Note 11, das mit einem der besten Displays in der Unter-200-Euro-Klasse ausgestattet ist.

Zwischen 250 und 350 Euro muss einkalkulieren, wer öfter mal die Kamera des Smartphones verwenden will. Brauchbare Smartphone-Fotos schießen

**Ein strahlend helles OLED-Display in einem 170-Euro-Smartphone gibt es selten, das Xiaomi Redmi Note 11 bietet es.**



zum Beispiel Motorola Moto G200, Samsung Galaxy A53 oder Xiaomi Redmi Note 11 Pro+, auf 5G verstehen sie sich allesamt. Während das Moto mit Leistung satt punktet, glänzen Samsung- und Xiaomi-Smartphone mit tollen

OLED-Bildschirmen, Samsung verspricht außerdem fünf Jahre Updates. Gigaset, das im deutschen Bocholt fertigt, bietet ein anderes Alleinstellungsmerkmal: Das GS5 ist mit Wechselakku ausgestattet.



sich vereinzelt in 170-Euro-Geräten. Schnell geladen sind sie dank Ladeleistungen von 30 Watt und mehr obendrein.

Selbst 5G setzt sich nach und nach im Einstiegsbereich durch, die Einstiegschürde ist mittlerweile auf rund 200 Euro gesunken, wenngleich die Mehrzahl der Geräte dieser Preisklasse noch auf LTE als schnellsten Funkstandard setzt. 5G allein ist übrigens nach wie vor kein Grund, das Smartphone zu wechseln – in dieser Preisklasse schon gar nicht, da die schwächliche Hardware die anfallenden Daten gar nicht schnell genug verarbeiten könnte, um einen praktischen Vorteil aus der schnelleren Verbindung zu ziehen. Auch haben Entwickler und Smartphone-Hersteller bis dato kaum Anwendungen präsentiert, die nur aufgrund von 5G möglich sind. Wer aber ohnehin vor dem Smartphone-Neukauf steht, sollte erwägen, dass 5G in vollen Zellen hilft, ein größeres Stück vom Datenkuchen abzubekommen.

Das große Besteck packen Hersteller mitunter für ihre Smartphones ab 350 Euro aus. 5G gehört in dieser Klasse zum Standard. Hinzu kommen tolle Kameras, Spitzendisplays, Rechenleistung satt, Updategarantien und mehr – allerdings nicht vereint in einem Gerät [2]. In keiner anderen Preisklasse sind die Unterschiede derart groß: Während der eine Hersteller die Performance priorisiert, verwendet der andere ein High-End-Display oder verspricht, lange Updates zu liefern. So findet man in der Mittelklasse Smartphones, die fast auf High-End-Niveau rechnen, und solche, mit denen man schon heute hier und da an Grenzen stößt. Die GPU-Performance des Motorola Moto G200 mit Snapdragon 888+ ist zum Beispiel sechsmal so hoch wie die des Snapdragon 480 im ähnlich teuren Nokia X20. Das Galaxy A53 will Samsung fünf Jahre mit Sicherheitspatches beliefern, für das genauso teure Redmi Note 11 Pro+ macht Xiaomi gar keine Angaben. Und während Realme dem 9 Pro+ ein strahlend helles OLED-Display spendiert, schauen Besitzer eines Honor Magic 4 Lite auf einen traurig-dunklen LCD-Bildschirm.

### Kaum Kompromisse

Neugeräte ab 500 Euro konfrontieren Käufer schließlich mit einer grundsätzlichen Frage, die sich in den niedrigeren Preisregionen nicht stellt: Android oder iOS? Für die Apple-Geräte sprechen Leis-

tung satt, langer Support und tolle Kameras, dagegen die Gefangenschaft im goldenen Käfig. Alternative Betriebssysteme kann man nicht aufspielen, geschweige denn Apps aus anderen Quellen als Apples App Store beziehen. Deutlich anpassbarer präsentiert sich Android, dem man mithilfe von Custom-ROMs nach Supportende weiteres Leben einhauchen kann – falls das entsprechende Gerät es zulässt. Das günstigste iPhone ist das SE. In Rechen- und Grafik-Benchmarks ist es der versammelten Android-Konkurrenz voraus, und Updates dürfte Apple bis mindestens 2027 liefern. Äußerlich allerdings wirkt es ge-

genüber ähnlich teuren Android-Smartphones aus der Zeit gefallen. Der 4,7 Zoll kleine LCD-Bildschirm ist von dicken Balken umgeben, auf der Rückseite sitzt nur eine Kamera und der kleine Akku macht schnell schlapp. Android-Smartphones um 400 bis 500 Euro bieten demgegenüber Annehmlichkeiten wie Schnellladen, potente Dual- oder Triple-Kameras und helle, randlose Displays. In unserem jüngsten Prüfstand [3] kamen einige Smartphones Geräten aus dem High End sehr nahe, sodass sich die Frage stellt, wofür überhaupt 1000 Euro für ein Smartphone ausgeben?

## Smartphones um 500 Euro

Rund 500 Euro geben Deutsche im Schnitt für ein neues Smartphone aus. Grund genug, das als Mittelklasse zu definieren. Bei Geräten dieser Preisklasse muss man kaum Kompromisse machen und bekommt sogar das eine oder andere High-End-Feature. Eine den 1000-Euro-Smartphones ebenbürtige Kamera – allerdings ohne Tele – spendiert Google dem Pixel 6a, schnelles SoC und fünf Jahre Updates gibt es außerdem. Einen ebenso langen Support verbindet das Samsung Galaxy S21 FE mit einem strahlend hellen 120-Hertz-OLED-Display. Noch länger will Fairphone das Fairphone 4 auf dem neuesten Stand halten und baut das Gerät besonders reparierbar und baut das Gerät besonders reparierbar. Außerdem etabliert das Unternehmen eigene fairere Lieferketten. Rohe Rechenkraft liefert das Poco F4 GT, patzt

aber an anderen Stellen (kurze Akkulaufzeit, keine Angaben zu Updates). Mit extravaganter LED-Rückseite, langen Updates für das Android ohne Bloatware und einer sehr guten Ausstattung geht Nothing mit dem Phone (1) auf Kundenfang.

Apple bietet in dieser Preisklasse einzig das iPhone SE an. Zumindest optisch besteht es nicht im Vergleich mit den genannten Androiden. Das kleine 4,7-Zoll-Display ist eingefasst von dicken Rändern, sodass das Smartphone gar nicht mal so viel kleiner ist als ein Samsung S22 mit 6,2-Zoll-Display. Das iPhone 12, das gebraucht ab etwa 500 Euro erhältlich ist, bringt neben Face ID und dem besseren OLED-Bildschirm auch eine zusätzliche Kamera mit Ultraweitwinkelobjektiv mit.



In der Mittelklasse tummeln sich jede Menge interessante Smartphones, unter anderem das leicht reparierbare Fairphone 4.

## High-End-Smartphones

Im High-End-Bereich schöpfen die Hersteller aus dem Vollen, entsprechend gering fallen die Unterschiede aus. Schnelle OLED-Displays, bildstarke Mehrfach-Kameras und rasante SoCs bringen sie alle mit. Eine falsche Wahl kann man kaum treffen. Ob Google, Honor, OnePlus, Oppo, Realme, Samsung, Vivo oder Xiaomi: Vier bis fünf Jahre Updates wollen sie alle für ihre Aushängeschilder liefern. Patzer leisten sich Asus, Motorola und Sony: Sie sichern für Zenfone 9, Razr 2022 und Xperia 1 IV und 5 IV nur drei Jahre Patches zu.

Ansonsten sind es die kleinen Extras, mit denen sich die Hersteller voneinander absetzen versuchen. Das Xperia 1 IV ist das erste Smartphone mit echtem optischen Zoom. Einige Xiaomi- und Realme-Smartphones sind in weniger als 20 Minuten voll geladen. Google punktet mit exklusiven Android-Features für die Pixel-Telefone, Asus hat mit dem Zenfone 9 ein besonders kompaktes High-End-Smartphone im Programm und lagert die Hauptkamera wie Vivo die im X80 Pro einem Gimbal gleich komplett beweglich. Das 12S Ultra von Xiao-

mi ist mit einem für Smartphone-Verhältnisse riesigen Typ-1-Zoll-Sensor bestückt. Extravagante Faltphones wie das Fold4 und das kleinere Flip4 von Samsung haben ihre Kinderkrankheiten auskuriiert und haben sich zu verlässlichen – und sogar wasserdichten – Begleitern entwickelt. Das größere Fold ersetzt auseinandergeklappt kleinere Tablets, das Flip wiederum ist zusammengeklappt besonders hosenentaschenfreundlich.

Happige Preise ruft Apple für die 14er-iPhones auf: Bei 1000 Euro gehts los und erst bei 2100 Euro für das iPhone 14 Pro Max mit 1 TByte Speicher ist das Ende der Fahnenstange erreicht. Dabei unterscheidet sich das iPhone 14 kaum vom Vorgänger, selbst das SoC ist das gleiche. Immerhin baut Apple das neue iPhone 14 deutlich reparaturfreundlicher. Die Pro-Modelle hat Apple mit dem Status- und Steuerelement „Dynamic Island“ aufgehübscht und gibt auch nur ihnen Kameras und Display mit, die zu den besten zählen, die in Smartphones verwendet werden. Dem regulären iPhone 14 fehlen dafür schnelle Bildrate und Telekamera.



**High-End-Smartphones wie das iPhone 14 Pro setzen sich vor allem durch ihre potenten Kamerasysteme inklusive Teleobjektiv von der Mittelklasse ab.**

Auch mit dem teuersten Smartphone kauft man schließlich die Gewissheit, dass spätestens wenige Monate später ein noch schnelleres Gerät auf den Markt kommen wird. Will man sich diesem „heller, schneller, stärker“ verweigern, empfiehlt sich der Griff zum nächstbesten Gerät. Doch zweifellos haben die Klassenbesten ihren Reiz. Wie sehr sie sich von ihren günstigeren Geschwistermodellen unterscheiden, hängt auch vom jeweiligen Hersteller ab. Gemein ist den High-End-Smartphones, dass sie die größten Leistungsreserven für die Zukunft haben und am längsten mit Updates versorgt werden – wenngleich beispielsweise Google und Samsung günstigere Smartphone-Linien im Programm haben, die sie genauso lange mit Updates versorgen wie ihre High-End-Geräte.

### Feinschliff für 1000 Euro

Ansonsten unterscheiden sich die 1000-Euro-Geräte vor allem durch ihren Feinschliff vom Smartphone-Plebs: LTPO-2.0-OLED-Anzeigen regeln die Bildrate nicht nur bis auf 120 Hertz herauf, sondern auch herab auf bis zu 1 Hertz, um im Always-on-Modus den Akku zu schonen. Wasser- und staubdichte Gehäuse gemäß IP68 darf man genauso erwarten wie die Möglichkeit, das Smartphone



**Ausgereifte Extravaganz: Faltphones wie das Fold4 (links) und das Flip4 haben ihre Kinderkrankheiten auskuriiert.**

drahtlos zu laden. Schnelle USB-Schnittstellen, die an einen Monitor angeschlossen einen Desktopmodus zum produktiven Arbeiten ausgeben, finden sich genauso wie aktuelle Funkstandards wie Wi-Fi 6E vornehmlich in dieser Gattung Smartphone.

Trifft man Qualcomms schnellste Prozessoren mitunter schon in etwas günstigeren Geräten an, sind sie im High-End-Bereich die Regel – mit Ausnahme einiger ähnlich potenter Apple-, Exynos- und Tensor-Chips. Allerdings: In Benchmarks sehen die Unterschiede zwischen Mittel- und Oberklasse-Chips größer aus, als sie es in der Praxis sind. Auch 5000-Euro-Smartphones stellen aktuelle Spiele in voller Auflösung und mit hohen Bildraten (sofern das Display diese darstellen kann) dar. Einmal mehr ist die höhere Leistungsreserve vor allem eine Investition in

die Zukunft: Bis Smartphone-Anwendungen entwickelt sind, die Apple A16, Qualcomm 8 Gen1 oder Samsung Exynos 2200 an ihre Grenzen bringen, wird es noch Jahre dauern.

Einen größeren Unterschied im Alltag macht da die Kamera: Ein oder gar zwei Teles oder eine Kamera mit echtem Zoom sind bis dato ein klares Erkennungszeichen der Oberklasse. Auch durch 1-Zoll-Sensoren, wie sie ebenso in Edelkompaktkameras wie der Sony RX100 VII Verwendung finden, setzt sich die Oberklasse ab [4]. Und so mag man sich die hohen Anschaffungskosten schönrechnen: Erspart das 1000-Euro-Smartphone den Kauf der 1200-Euro-Kamera, hat man ja quasi Gewinn gemacht. Etwas kniffliger wird die Rechnung bei bis zu 2000 Euro teuren Geräten wie dem iPhone 14 Pro Max [5] oder Samsungs Faltphone Galaxy Fold4

[6], das immerhin überdies das Tablet ersetzen kann. (rbr@ct.de) **ct**

## Literatur

- [1] Steffen Herget, Preisbrecher, Einsteiger-Smartphone Xiaomi Redmi Note 11 mit Spitzen-Display im Test, c't 12/2022, S. 76
- [2] Robin Brand und Steffen Herget, Angriffslustig, Sechs erschwingliche Android-Smartphones im Vergleichstest, c't 13/2022, S. 90
- [3] Robin Brand und Steffen Herget, Die goldene Mitte, Sechs neue und gebrauchte Smartphones um 500 Euro im Vergleich, c't 21/2022, S. 108
- [4] Robin Brand, „Wir haben keine Angst vor Smartphones“, Leicas Experten für Smartphonefotografie im Interview, c't 20/2022, S. 94
- [5] Leonhard Becker, Robin Brand, Johannes Schuster, Insel der Träume, Apple iPhone 14, 14 Pro und 14 Pro Max im Test, c't 23/2022, S. 90
- [6] Steffen Herget, Doppelfalter, Falt-Smartphones Galaxy Z Fold4 und Flip4 im Familienduell, c't 21/2022, S. 116
- [7] Robin Brand, Steffen Herget und Jörg Wirtgen: Schwere Operation, Android zurechtgeschnitten: Sechs Custom-ROMs im Vergleich, c't 8/2022, S. 74

## Smartphones gebraucht kaufen: Das müssen Sie beachten

Wer gebraucht kauft, kauft günstiger und nachhaltiger. Doch es gibt einige Dinge zu beachten: Anders als beim Neukauf sind gewerbliche Händler bei Gebrauchtgeräten nur zu einer einjährigen Gewährleistung verpflichtet, aber wie beim Neukauf kann man die Geräte binnen 14 Tagen ohne Angaben von Gründen zurückschicken. Über den Gerätezustand informieren Händler und Marktplätze wie Asgoodasnew, Backmarket, Refurbed, reBuy, Swappie und Zoxs, indem sie die Smartphones mit „neuwertig“, „sehr gut“, „gut“ und „stark gebraucht“ oder ähnlichen Begrifflichkeiten bewerten. Fotos des Gerätes selbst fehlen den Angeboten in der Regel.

Alle größeren Gebrauchtplattformen versprechen, dass die Akkus der Smartphones noch mindestens 80 Prozent ihrer Ursprungskapazität erreichen. Bei iPhones kann man das einfach über „Einstellungen > Batterie > Batteriezustand > maximale Kapazität“ überprüfen. In den Analyse-daten findet sich zudem die Information über die genaue Anzahl der Ladezyklen. Android-Smartphones geben diese Info in der Regel nicht preis; ein Weg, den noch mehr über den Akkuzustand zu erfahren, ist beispielsweise die Drittanbieter-App AccuBattery.

Einige Hersteller nennen Preise für den Akkuwechsel. Findet sich keine An-



**Wer gebraucht kauft, spart Geld. Wenn man auf einen guten Zustand achtet, ist das Gerät kaum von einem neuen Smartphone zu unterscheiden.**

gabe dazu, ist die sichere Wahl ein einst häufig produziertes Smartphone, für das ein entsprechend großer Ersatzteilmarkt besteht. Selbst, wenn man die Kosten für den professionellen Akkutauch ein, zwei Jahre später einpreist (meist zwischen 50 und 150 Euro), spart man oftmals noch im Vergleich zum Neukauf. Einstige High-End-Geräte werden außerdem von ihren Herstellern länger mit Updates versorgt. Für einige Modelle kommunizieren Hersteller das geplante Supportende gegenüber Google, das die Infos auf seiner Enterprise-Recommended-Seite bereithält (ct.de/y1z8). Wie Sie Ihrem Smartphone

per Custom-ROM neues Leben einhauchen und welche Geräte sich dafür besonders gut eignen, haben wir in [7] zusammengefasst.

Eine gute Kombination aus großem Ersparnis einerseits und noch einigermaßen langem Softwaresupport andererseits bieten einstige High-End-Geräte. Androide, die vor zwei bis zweieinhalb Jahren noch 1000 Euro und mehr kosteten, sind ab 350 Euro zu finden. Geringer ist die Ersparnis bei iPhones. Der lange Support und die flüssige Bedienbarkeit auch älterer Geräte machen sie wertstabil. Davon profitiert, wer später selbst verkaufen will.





Bild: Moritz Rechartz

# Raue Burschen

## Sechs Outdoor-Smartphones mit Android im Vergleichstest

**Outdoor-Smartphones halten mehr aus als normale Handys und locken mit besonderen Features wie frei belegbaren Tasten und leuchtstarken Taschenlampen. Im Test überzeugen manche Kandidaten mit langen Updates und unermüdlicher Ausdauer, während andere sogar in den Grunddisziplinen versagen.**

Von Steffen Herget

**W**enn die Alleskönner an ihre Grenzen geraten, müssen die Spezialisten ran, das ist auch bei Smartphones so. Zwar sind immer mehr Handys gegen das Eindringen von Wasser und Staub geschützt, doch explizite Outdoor-Modelle, auch Rugged Phones genannt, legen beim Schutz gegen die Elemente und andere Widrigkeiten noch eine Schippe drauf.

Wir haben sechs Outdoor-Smartphones zu Preisen zwischen knapp 190 und gut 600 Euro getestet, drei eher dezentere Modelle und drei echte Klopper. Die eleganten Modelle kommen von etablierten Marken, die vor allem für ihre „normalen“ Telefone bekannt sind. Das Sam-

sung Galaxy XCover6 Pro, das Gigaset GX6 und das Nokia XR20 sehen auch abseits von Baustelle, Wandertrip oder Klettertour gut aus und unterscheiden sich auf den ersten Blick äußerlich kaum von weniger robusten Smartphones.

Auf der anderen Seite steht das Cat S53 mit seiner kräftigen Silhouette, dem man die raue Gangart sofort ansieht. Das Sextett komplett machen zwei Smartphones, die stellvertretend für die meist sehr günstigen Modelle asiatischer Marken stehen, deren Namen man in aller Regel noch nie gehört hat und teils kaum aussprechen kann: das mit knapp 190 Euro sehr günstige Air 1 des Herstellers IIF150 und zum anderen das wuchtige, fast 400

Gramm schwere Ulefone Power Armor 14 Pro.

Zentrale Aufgabe eines Outdoor-Smartphones: Robust muss es sein. Eine martialische Optik mit dickem Rahmen und viel Gummi oder Metall beeindruckt zwar optisch, sagt jedoch wenig darüber aus, wie viel das Gerät tatsächlich aushält. Die Zertifizierungen, mit denen die Hersteller werben, sind immerhin halbwegs aussagekräftig: IP68 oder IP69K versprechen Unempfindlichkeit gegen Staub und Wasser und sollten genügend Schutz für den Alltag bieten. Die MIL-STD-Stempel der Geräte verraten hingegen wenig Konkretes: Die US-Behörden, die diese Standards verfasst haben, überlassen es weitgehend den Unternehmen, welche der vielen möglichen Tests sie durchführen. Im Falle von Smartphones belassen die Hersteller es in aller Regel bei Falltests mit verschiedenen Untergründen sowie Tests bei extremen Temperaturen – genaue Informationen gibt es kaum.

Ein Merkmal der drei groben Klötze von Cat, IIF150 und Ulefone sind die fummeligen Klappchen aus Gummi, mit denen sie die Anschlüsse ihrer Smartphones schützen. Die Geräte von Gigaset, Nokia und Samsung kommen ohne aus, versprechen aber trotzdem Wasser- und Staubschutz nach IP68. Wenn das Smartphone im Dreck landet oder auf Tauchstation geht, bieten die Klappchen tatsächlich mehr Schutz, zudem spart man sich danach das Säubern von USB-Anschluss oder Kopfhörerbuchse. Vor allem beim Air 1 sitzen die Verschlüsse jedoch so stramm, dass wir sie kaum ohne Hilfsmittel öffnen konnten. Ulefone und IIF150 unterstützen kein drahtloses Laden, dort muss man die entsprechende Abdeckung jeden Tag öffnen, um das Ladekabel einzustöpseln. Das Cat S53 erinnert hartnäckig mit entsprechenden Benachrichtigungen auf dem Bildschirm daran, die empfindlichen An-

schlüsse dringend wieder zu verschließen, wenn man das Smartphone etwa vom Ladekabel abzieht.

### Unbeschadet überstanden

Im Test haben alle sechs Smartphones halbstündige Badegänge ebenso überstanden wie Abduschen unter fließendem Wasser. Beim Gigaset GX6 und dem Samsung Galaxy XCover6 Pro sollte man nach dem Tauchgang die hintere Abdeckung öffnen, denn darunter dringt Wasser bis zur feinen Gummidichtung, die den Akku sowie die Steckplätze für SIM- und Speicherkarten umschließt, ein. Dreck und Staub sammeln sich dort mit der Zeit ebenfalls an, regelmäßiges Öffnen und Reinigen ist angeraten. Offene Anschlüsse sollte man lieber abtupfen oder vorsichtig ausklopfen statt hineinzupusten, denn das treibt die Feuchtigkeit unter Umständen weiter ins Gehäuse hinein.

Die Testkandidaten haben mehrere Sturzttests aus Höhen zwischen einem und zwei Metern auf verschiedene Untergründe unbeschadet überstanden. Steine und Beton verursachten zwar durch die Bank kleine Kratzer oder Macken, aber alle Displays blieben unversehrt. Unterschiede gibt es trotzdem: Samsungs Galaxy XCover 6 Pro warf bei rund zwei Dritteln der Stürze seine Rückseite ab, manchmal purzelte auch der Akku heraus. Das ist in trockener Umgebung ärgerlich, im Nassen kann das Smartphone dadurch schnell hinüber sein. Die Rückseite des GX6 von Gigaset, die ebenfalls abnehmbar ist und sich genauso mit Plastikhäkchen am Smartphone festkrallt, blieb stets an ihrem Platz. Ein Grund dürfte sein, dass Samsungs Rückseite merklich weicher und dünner ist als die von Gigaset. Zudem sind die Befestigungen an der Rückseite bei Gigaset zwar nicht zahlreicher, aber minimal größer als bei Samsung.

Stürzte das Cat S53 aus anderthalb bis zwei Metern Höhe auf einen harten Untergrund, sprang in seltenen Fällen die Schutzkappe über dem USB-Anschluss auf. Auch hier besteht dann die Gefahr, dass Wasser oder Schmutz eindringt, der eigentlich draußen bleiben soll.

### Trübe Displays ohne OLED

Die Displays sind qualitativ zwar insgesamt in Ordnung, aber von den Bildschirmen guter Modelle ein ganzes Stück entfernt. Ein OLED-Panel weist keines der Outdoor-Smartphones auf, hier verrichten durch die Bank LCDs ihren Dienst. Schade eigentlich, schließlich hätte man auch im rauen Einsatz in der Wildnis oder auf dem Bau die hohen Kontraste und die gute Blickwinkelstabilität von OLED gebrauchen können.

Vor allem das Display des IIF150 Air 1 leuchtet deutlich zu schwach, es erreicht gerade einmal 360 cd/m<sup>2</sup>. Das ist in heller Umgebung zu wenig. Auch das Ulefone Power Armor 14 Pro sowie das Nokia XR20 stellen Inhalte auf ziemlich trüben Bildschirmen zur Schau, sie bewegen sich knapp unter (Ulefone) beziehungsweise knapp über (Nokia) der Grenze von 400 cd/m<sup>2</sup>. Einzig das Galaxy XCover6 Pro strahlt mit über 500 cd/m<sup>2</sup>, das Cat S53 liegt knapp darunter, doch für direktes Sonnenlicht reicht auch das nur eingeschränkt. Zum Vergleich: Ein hochwertiges Smartphonedisplay schafft Werte von 1000 cd/m<sup>2</sup> und mehr.

Mit Gigaset und Samsung haben nur zwei Hersteller ihren Outdoor-Smartphones Displays mit einer Bildwiederholfrequenz von mehr als 60 Hertz spendiert. Zwar sind auch diese Screens keine mit flexibel regelndem LTPO-Panel, doch auch fest eingestellte 90 oder 120 Hertz sind schlicht schöner anzusehen – sie scrollen flüssiger und stellen Animationen ansehnlicher dar. Wer den Unterschied

## Laufzeiten & Benchmarks

Modell	Geekbench 5 Single-Core [Punkte]	Geekbench 5 Multi-Core [Punkte]	GFXBench Manhattan 3.0 offscreen [fps]	3DMark Wild Life [Punkte]	YouTube-Stream (normale Helligkeit) <sup>1</sup> [h]	Video 720p (normale Helligkeit) <sup>1</sup> [h]	3D-Spiel (normale Helligkeit) <sup>1</sup> [h]	Laden 50 % / 100 % [h]
	► besser	► besser	► besser	► besser	► besser	► besser	► besser	◄ besser
Cat S53	505	1674	41	985	22,1	21	15,9	1,1/2,9
Gigaset GX6	722	1919	65	2170	14,5	14,8	12,4	0,6/1,8
IIF150 Air 1	178	963	13	–	8,9	11,1	8	0,9/2,7
Nokia XR20	507	1617	41	982	10,7	10,1	10,6	0,7/2
Samsung Galaxy XCover6 Pro	776	2793	77	2453	14,9	14,8	9,7	0,8/2,2
Ulefone Power Armor 14 Pro	346	1280	20	671	28,5	26,4	19,6	1,1/3,3

<sup>1</sup> gemessen bei 200 cd/m<sup>2</sup>



einmal gesehen hat, wird nicht mehr zu den standardmäßigen 60 Hertz zurück wollen. Den minimal höheren Stromverbrauch sind die schnelleren Panels allemal wert, zumal man im Fall der Fälle auf 60 Hertz abregeln kann. Bis auf Ulefone und Cat, die auf ihren Displays nur jeweils 1600 × 720 Pixel darstellen, verwenden die Hersteller eine leicht gestreckte Full-HD-Auflösung und liegen damit im generellen Smartphone-Durchschnitt. Unter dem Strich ist das Display des Galaxy XCover6 Pro am schönsten anzusehen, dicht gefolgt von dem des GX6.

Um die empfindlichen Displays zu schonen, überziehen Ulefone und IIF150 sie mit einer Schutzfolie. IIF150 legt außerdem ein dickes Schutzglas zum Aufkleben mit in den Karton, falls die Folie sich löst oder Schaden nimmt. Letzteres geht beeindruckend schnell, wir hatten nach einigen Tagen bereits eine ganze Menge tiefer Kratzer eingesammelt, ohne das Smartphone besonders hart anzufassen. Bereits ohne Kratzer ist die Versuchung groß, die Folie abzuziehen, da sie sich im Test als äußerst anziehend für Fettschmierer und Fingerabdrücke erweist. Beständiger ist die Folie auf dem Ulefone-Handy. Alle anderen vier Hersteller verzichten komplett auf einen solchen Schutz – unverständlich angesichts des Einsatzzwecks dieser Smartphones. Es ist dringend ratsam, einen Displayschutz selbst nachzurüsten.

## **Kein Handschuhmodus weit und breit**

Eine wichtige Qualität eines Outdoor-Smartphones ist die Möglichkeit, es auch mit Handschuhen zu bedienen. Umso überraschender: Keines unserer sechs Smartphones verfügt über einen expliziten Handschuhmodus, und nur bei Nokia und Samsung lässt sich eine Verbesserung der Berührungsempfindlichkeit in den Anzeigeeinstellungen aktivieren. Mit dünnen Handschuhen, wie man sie etwa bei der Gartenarbeit anzieht, kamen alle sechs Smartphones gut zurecht und ließen sich klaglos steuern. Auch mit etwas dickeren aus Neopren oder Kunstleder kamen wir im Test noch einigermaßen zurecht. Vor allem die Touchscreens von Ulefone und Cat reagierten dabei aber nur mit Verzögerung.

Werden die dicken Lederhandschuhe ausgepackt, trennt sich die Spreu vom Weizen. Nur das Samsung Galaxy XCover6 Pro und das Gigaset GX6 lassen sich

mit solchen Handschuhen noch einigermaßen zielsicher bedienen, wenn man etwas mehr Druck auf das Display ausübt. Der Rest – und damit ausgerechnet die sehr robust gebauten Outdoor-Smartphones – nimmt nur ab und an noch einen Fingertipp oder Wischen an, wenn überhaupt.

Keines der sechs Geräte hält in Sachen Performance mit High-End-Handys mit, hier regiert die Mittelmäßigkeit. Der Mediatek Dimensity 900 im Gigaset GX6 sowie Qualcomms Snapdragon 778G im Galaxy XCover6 Pro erzeugen genügend Power für eine flüssige Bedienung, nur sie laufen ohne Ruckler und größere Probleme. Die anderen vier stottern mal mehr, mal weniger rumpelig durch Menüs, Apps und Webseiten. Besonders lahm sind das IIF150 Air 1 sowie das Nokia XR20. In dem Nokia-Smartphone stecken auch nur magere 4 GByte RAM. Das Cat S53 mit 6 GByte Arbeitsspeicher läuft mit gleichem SoC immerhin ein wenig schneller. Der interne Speicher ist bei allen Modellen per microSD erweiterbar.

Zum guten Ton bei Outdoor-Smartphones gehören Sondertasten, mindestens eine haben sie alle, Nokia und Samsung gar deren zwei. Die Zusatzknöpfe kann man mit Systemfunktionen oder Apps belegen, in der Regel mehrfach für einfaches und doppeltes Drücken oder längeres Halten. Während viele Apps für so einen Schnellstart nur bedingt geeignet sind, weil das Smartphone entsperrt sein muss, liegen Funktionen wie Kamera, Push to Talk oder Taschenlampe nahe, und damit erweisen sich die Tasten durchaus als praktisch. Drückbare Android-Buttons an der Vorderseite, wie sie etwa die XCover-Smartphones lange Zeit hatten, gibt es nirgends.

Einzig das Cat S53 hat eine dedizierte Taschenlampe im Gehäuserahmen, das IIF150 Air 1 immerhin drei LEDs, die Licht ins Dunkel bringen sollen. Unter dem Luxmeter spielt das S53 diesen Trumpf aus, es leuchtet weitaus heller als alle anderen. Samsung holt aus der doppelten Kamera-LED mehr Licht heraus als das Air 1 aus seinen drei, der Rest steht mit trüben Funzeln ohne Durchblick da.

Bei den Kameras halten sich die Hersteller der Outdoor-Smartphones arg zurück. Tele-Objektive gibt es nirgends, Ultraweitwinkel nur bei Nokia und Samsung. Ansonsten stehen den Hauptkameras lediglich weitgehend nutzlose Zweimegapixel-Makros zur Seite, die man

nicht separat ansteuern kann. Die schönsten Fotos bei gutem Licht schießt das Gigaset GX6, wird es dunkler, liegt das XCover6 Pro vorne. Die schlechtesten Fotos bei Dämmerlicht machen Cat S53 und Nokia XR20, hier sieht man kaum noch Details. Wer auf der Suche nach einem besonders guten Kamera-Smartphone ist, sollte generell woanders suchen als in der Outdoor-Ecke.

## **Vergessliches Ausdauerwunder**

Einen unangenehmen Fauxpas leistete sich im Test das Power Armor 14 Pro. Das Ulefone-Handy löschte unbemerkt den kompletten Inhalt des lokalen Foto-Ordners, alle Testaufnahmen gingen so verloren. Während das im Fall unserer im Labor reproduzierbaren Fotos nur mehr Arbeit bedeutet, gehen im Alltag möglicherweise wichtige Aufnahmen oder schöne Erinnerungen verloren, wenn keine Sicherung vorhanden ist. Nachstellen konnten wir das Verhalten nicht, einen Grund für die plötzliche Löschung haben wir ebenso wenig gefunden. Im Testzeitraum trat dieses Verhalten zwar nur einmal auf, die unbeabsichtigte Löschung hinterließ jedoch hartnäckige Zweifel an der Zuverlässigkeit des Smartphones.

Satte 10.000 mAh fasst der Akku des Power Armor 14 Pro – kein Wunder, dass das Ding so ein Klopper ist. Das weckt hohe Erwartungen, und die Akkulaufzeiten waren im Test tatsächlich ausgesprochen lang. Der Abstand zum Cat S53, das in allen Akkutests auf dem zweiten Platz landete, ist allerdings geringer, als man das bei einem fast doppelt so starken Akku erwarten konnte. Dennoch, beide Smartphones halten extrem lange durch. Gigaset GX6 und Samsung Galaxy XCover6 Pro laufen auf Platz drei und vier ein, die Geräte von IIF150 und Nokia machen zu schnell schlapp. Das Aufladen dauert durch die Bank ziemlich lange, die Smartphones machen es sich zwischen knapp zwei und fast dreieinhalb Stunden am Ladekabel gemütlich. Drahtloses Laden per Qi beherrschen nur das GX6, das S53 und das XR20.

Auf fünf von sechs Smartphones im Testfeld läuft Android 12, nur das S53 muss noch mit Android 11 auskommen. Den Sprung auf die aktuelle Version 13 hat noch keines geschafft. Zumindest Nokia, Gigaset und Samsung sichern diesen aber zu und legen noch Versprechen auf eine (Nokia, Gigaset) oder zwei (Samsung) Versionen drauf. Gigaset und Samsung

# Hardware flexibel mieten!

mit  
bluechip Workplace-  
as-a-Service (WaaS)

[www.bluechip.de/WaaS](http://www.bluechip.de/WaaS)



BEREITS AB  
**9,99€**  
PRO MONAT



## Die klassische Lösung

bluechip  
**BUSINESSline**  
**LT5300.004**

- + Intel® Core™ i5-12400 Prozessor mit Intel® UHD Grafik
- + Windows 10 Pro (Downgrade von Windows 11 Pro)
- + 8 GB DDR5 Arbeitsspeicher
- + 512 GB NVMe™ SSD
- + Q670 Chipsatz

**ab 24,99 € / Monat**

## Die kleine Lösung

bluechip  
**BUSINESSline**  
**L11130M3**

- + Intel® Core™ i3-1115G4 Prozessor mit Intel® UHD Grafik
- + Windows 10 Pro (Downgrade von Windows 11 Pro)
- + 8 GB DDR4 Arbeitsspeicher
- + 256 GB NVMe™ SSD
- + inkl. VESA-Montagesatz

**ab 19,99 € / Monat**

## Die mobile Lösung

bluechip  
**TRAVELline**  
**LN14W4**

- + 29.4 cm (11.6") Multi-Touch-Display
- + Intel® Pentium® Silber-Prozessor mit Intel® UHD Grafik
- + Windows 10 Pro (Downgrade von Windows 11 Pro)
- + 4 GB LPDDR4 Arbeitsspeicher
- + 256 GB SSD

**ab 9,99 € / Monat**



## Cat S53

Mit dem S53 bricht Catphone mit seiner eigenen Nomenklatur, welche für die Smartphones mit dem „S“ am Anfang einen eher dezenten Look vorsieht. Das S53 ist ein ordentlicher Klopfer im schwarzen Gummimantel, den man bedenkenlos auf jede Baustelle mitnehmen kann. Selbst mit Arbeitshandschuhen findet man die Tasten im Gehäuserahmen jederzeit. Zur Bedienung benötigt man bei diesem Ziegelstein meist beide Hände. Auch Abspülen mit Seife statt nur mit Leitungswasser übersteht das Smartphone, falls es einmal im Dreck ackern musste. An der Rückseite verstecken sich drei wichtige Zutaten: die sehr helle Taschenlampe, der richtig laute Lautsprecher und der schnelle Fingerabdrucksensor.

Mit einer Akkurladung hält das S53 sehr lange durch, die Laufzeiten reichen beinahe an die des Ulefone mit fast doppelt so großem Akku heran. Wie das Nokia XR20 hat auch das Catphone den alles andere als schnellen Snapdragon 480 an Bord, der hier aber immerhin auf 6 GByte Arbeitsspeicher zugreift. Besonders schnell ist das Outdoor-Smartphone allerdings nicht, der Prozessor ist mit anspruchsvollen Aufgaben häufig überfordert. Erstmals schickt Cat mit dem S53 ein Smartphone ins Rennen, das 5G unterstützt. Schade: Anders als das Cat S62 Pro aus dem vergangenen Jahr verfügt das S53 nicht über eine Wärmebildkamera.

- ↑ helle Taschenlampe
- ↑ ausdauernder Akku
- ↓ gemächliche Performance

Preis: 549 Euro



## Gigaset GX6

Ein teureres Smartphone hat Gigaset noch nie auf den Markt geworfen, und möglicherweise auch kein besseres. Das GX6 kann als einziges im Vergleich bei der Leistung mit dem XCover6 Pro mithalten, sein MediaTek Dimensity 900 bringt genug Power mit. Dank der Bildwiederholrate von 120 Hertz scrollt es sich geschmeidig durch Webseiten. Im 5G-Netz funkt das Smartphone ebenfalls, für den Nahbereich stehen Wi-Fi 6 und Bluetooth 5.2 parat. Die für ein Outdoor-Smartphone obligatorische Extrataste links macht, was sie soll: Sie lässt sich zum Beispiel mit Anwendungen wie Taschenlampe oder Kamera belegen.

Wie Samsung stattet Gigaset sein Smartphone mit Wechselakku und abnehmbarer Rückseite aus. Die Abdeckung sitzt jedoch deutlich fester und sprang im Test auch bei Stürzen nicht ab. Weiterer Pluspunkt: Auf dem Akku hat sogar noch eine Spule für induktives Laden Platz gefunden. Updates will Gigaset „bis zu fünf Jahre“ lang liefern.

Bei der Kamera läuft das GX6 hinter Samsung ins Ziel, es fehlt ein Ultraweitwinkel. Die Bildqualität geht in Ordnung, der optische Bildstabilisator hilft gegen Verwackeln. Ein gutes Gesamtpaket, das Gigaset hier anbietet. Wer weniger Geld ausgeben möchte, könnte beim technisch schwächeren, aber robusteren GX290 Plus für gut 300 Euro fündig werden.

- ↑ hohe Performance
- ↑ 120-Hertz-Display
- ↓ kein Ultraweitwinkel

Preis: 579 Euro



## IIIF150 Air 1

Das Air 1 des Herstellers mit dem unaussprechlichen Namen IIIF150 setzt bei der Performance Maßstäbe, allerdings in die falsche Richtung. Das Smartphone ist quälend langsam, ruckelt und stottert vor sich hin und wirkt damit wie aus der Zeit gefallen – so eine schwache Leistung sieht man selbst bei Einstiegsmodellen nur noch sehr selten. Schon Dämmerlicht überfordert die Hauptkamera, es sei denn, man schaltet die drei LEDs ein, um Licht ins Dunkel zu bringen. Das schummerige Display ist in der Sonne schwer ablesbar, bei durchschnittlichen Bedingungen aber immerhin recht ansehnlich und scharf.

So weit, so schlecht, doch ein paar Punkte sammelt das günstigste Smartphone im Vergleich dann doch. Das für ein Outdoor-Smartphone ziemlich schlanke Gehäuse wirkt durch den Metallrahmen und die griffige Rückseite durchaus robust, die Schutzkappen über den Anschlüssen sitzen bombenfest und die Buttons haben knackige Druckpunkte. Ein Schutzglas zum Aufkleben für das Display liegt dem IIIF150 Air 1 ebenso bei wie ein Netzteil samt USB-C-Kabel. Die Software kommt komplett ohne Bloatware aus, sieht man von der nutzlosen Toolbox-App ab, die sich nicht löschen lässt. Auf Updates sollte man allerdings nicht hoffen: Eine Info dazu bleibt der Hersteller, der auch alle anderen Anfragen unbeantwortet ließ, schuldig.

- ↑ ordentlich verarbeitet
- ↓ lahmer Prozessor
- ↓ kein 5G

Preis: 189 Euro





## Nokia XR20

Am Nokia XR20 hat der Zahn der Zeit genagt, und das Smartphone war bereits zum Verkaufsstart vor gut einem Jahr keine Rennmaschine. 4 GByte RAM und 64 GByte interner Speicher sind schon arg knausrig, trotz microSD-Steckplatz zur Erweiterung. Der Snapdragon 480, der auch im Cat S53 seinen Dienst verrichtet, reißt weder in Benchmarks noch im Alltag Bäume aus, ein wenig flotter als die lahmen Schnecken von IIF150 und Ulefone rechnet das XR20 aber doch. Der Akku lädt zwar nicht übermäßig schnell, aber auch per Induktion. Besser wäre, er würde etwas länger durchhalten: Bei den Laufzeiten rangiert das XR20 im unteren Mittelfeld.

Das XR20 funkt anders als das Air 1 und das Power Armor 14 Pro auch im 5G-Netz. Die Kamera mit Zeiss-Label macht bei ordentlichen Bedingungen ordentliche Fotos – aber auch nur dann. Wird es dunkler, gerät das Smartphone schnell an seine Grenzen und produziert meist unbrauchbare Bilder. Wenn mal mehr aufs Bild passen soll, bietet das XR20 wie das Samsung XCover6 eine Ultraweitwinkelkamera als Alternative. Qualitativ nehmen sich die beiden Knipsen mit dem weiten Blickfeld wenig – sie machen deutlich unschärfere Fotos mit matschigen Details und blassen Farben. Ein großes Update auf Android 12 hat das XR20 bereits bekommen, zwei weitere sollen folgen.

- 🟢 ordentlicher Softwaresupport
- 🔴 schwache Kamera
- 🔴 zu wenig Speicher

Preis: 330 Euro



## Samsung Galaxy XCover6 Pro

Das Galaxy XCover6 Pro sieht am zahmsten aus, rechnet aber am schnellsten. Es zieht in den Benchmarks einsam seine Kreise, einzig das Gigaset GX6 bleibt in Sichtweite. Auch bei der Kamera und dem Display hängt das XCover die Konkurrenz ab, das lange Updateversprechen kommt als Bonus obendrauf. Dafür muss man jedoch auch tief in die Tasche greifen: Es ist das teuerste Modell im Testfeld. Das etwas günstigere und ähnlich ausgestattete GX6 wird laut Hersteller ebenso lange mit Softwareupdates und Sicherheitspatches versorgt.

Verglichen mit der Konkurrenz hält das XCover allerdings längst nicht so viel aus, was vor allem an der hinteren Abdeckung liegt. Die springt bei Stürzen immer wieder ab, manchmal wirft das Smartphone auch den Akku gleich mit aus dem Gehäuse. Allen IP-Stempeln zum Trotz birgt das vor allem in nasser Umgebung ein großes Risiko für Schäden. Wer auf Nummer sicher gehen will, sollte das Smartphone deshalb zusätzlich in eine Schutzhülle stecken, so widersinnig das bei einem Outdoor-Handy auch klingt. Selbst mit Hülle wirkt das Galaxy XCover6 Pro allerdings immer noch schicker und schlanker als der Rest der Outdoor-Gang. Die gemessenen Laufzeiten des Akkus, der auch in einer optional erhältlichen Ladeschale mit Pogo-Pins lädt, bewegen sich im Mittelfeld.

- 🟢 beste Performance
- 🟢 langes Updateversprechen
- 🔴 Rückseite springt ab

Preis: 609 Euro



## Ulefone Power Armor 14 Pro

Das Power Armor 14 Pro ist der dickste Brocken unter unseren sechs Outdoor-Phones, und das liegt am Akku. Der fasst mit 10.000 mAh etwa doppelt so viel wie die Energiespender der Konkurrenz, mit den erwartbaren Konsequenzen: Bestwerte bei den Laufzeiten, länger hält keiner durch. Das bezahlt man zwar mit der längsten Ladezeit, aber diese Kröte schlucken wir gerne. Anders sieht es bei der mauen Performance aus. Alles, was über die grundsätzliche Bedienung hinausgeht, erledigt das Ulefone nur zögerlich, Ladepausen und Gedenkseunden sind eher die Regel als die Ausnahme.

Die Knöpfe an der Seite ragen kaum aus dem Gehäuse heraus und haben einen sehr geringen Hub, mit Handschuhen lassen sie sich nicht bedienen. Die Gummistöpsel über dem USB- und dem Kopfhöreranschluss sind robust, die SIM-Schublade muss aber ohne einen solchen Schutz auskommen. Auch mehrfaches Runterwerfen und Untertauchen machten dem groben Klotz nichts aus. Auf dem Power Armor 14 Pro läuft ein weitestgehend nacktes Android ohne spannende Zusatzfunktionen, aber auch ohne nennenswerte Bloatware. Die fehlende Softwarepflege ist jedoch ein No-Go: Der Sicherheitspatch stammt vom Februar 2022, das letzte Systemupdate der Google-Play-Dienste vom November letzten Jahres. Besserung erwarten wir nicht.

- 🟢 längste Akkulaufzeit
- 🔴 extrem dick und schwer
- 🔴 keine Sicherheitspatches seit Februar

Preis: 289 Euro

wollen zudem fünf Jahre Sicherheitsupdates liefern – vorbildlich. Nokia stellt immerhin vier Jahre Software-Support in Aussicht, allerdings ist seit dem Marktstart davon schon eines vorbei. Das XCover hatte bei Redaktionsschluss bereits den Oktober-Patch erhalten, das Gigaset GX6 und das Nokia XR20 waren ebenso aktuell.

Die drei kernigen Outdoor-Burschen sammeln beim Thema Updates Minuspunkte. Keinem der Hersteller ist eine Aussage zur Updatelieferung zu entlocken. Ulefone lässt die Käufer offenbar komplett im Regen stehen, das Sicherheitspatch von Februar ist uralte, die Google-Play-Dienste gar noch auf dem Stand von November 2021. Das IIF150 Air 1

wurde seit Juni nicht aktualisiert, das S53 seit Juli nicht. Schade eigentlich, denn die unbekannten Marken statten ihre Smartphones wie auch Cat, Gigaset und Nokia mit ziemlich nacktem Android ohne Bloatware aus. Samsung stellt wie üblich quasi allen Google-Apps und -Diensten ein eigenes Pendant zur Seite, zudem sind Apps von Disney+, Facebook, Netflix, Spotify und einigen anderen vorinstalliert. Das frisst Speicherplatz und ist besonders ärgerlich, da sich viele der Anwendungen nicht deinstallieren lassen.

### Fazit

Unter den sechs Outdoor-Smartphones finden sich eher grobschlächtige, aber sehr robuste Geräte wie das Cat S53 und das

Ulefone Power Armor 14 Pro, die viel aushalten und mit sehr langen Akkulaufzeiten punkten, sich aber Schwächen bei Kameras und Updateversorgung leisten. Mit dem IIF150 Air 1 bekommt man für kleines Geld einen echten Exoten, allerdings einen ziemlich langsamen. Viel schneller ist das Nokia XR20 auch nicht, dafür aber optisch dezenter und besser mit Patches versorgt. Die beste Performance und die besten Kameras bieten das Gigaset GX6 und das Samsung Galaxy XCover6 Pro. Außerdem sind diese beiden die einzigen im Testfeld mit Wechselakku und einem Updateversprechen über fünf Jahre. Das Xcover wirkt allerdings aufgrund der abspringenden Rückabdeckung nicht sonderlich robust. (sht@ct.de) **ct**

## Outdoor-Smartphones

Modell	Cat S53	Gigaset GX6	IIF150 Air 1	Nokia XR20	Samsung Galaxy XCover6 Pro	Ulefone Power Armor 14 Pro
Betriebssystem / Patchlevel	Android 11 / Juli 2022	Android 12 / Oktober 2022	Android 12 / Juni 2022	Android 12 / Oktober 2022	Android 12 / Oktober 2022	Android 12 / Februar 2022
Funktions-Updates / Sicherheitspatches lt. Herst. bis min.	k. A.	Android 14 / September 2027	k. A.	Android 14 / Juli 2025	Android 15 / Juli 2027	k. A.
<b>Ausstattung</b>						
Prozessor / Kerne × Takt / Grafik	Qualcomm Snapdragon 480 / 2 × 2 GHz, 6 × 1,8 GHz / Adreno 618	MediaTek Dimensity 900 / 2 × 2,4 GHz, 6 × 2 GHz / Mali G68	Mediatek Helio P35 / 4 × 2,3 GHz, 4 × 1,8 GHz / GE8320	Qualcomm Snapdragon 480 / 2 × 2 GHz, 6 × 1,8 GHz / Adreno 618	Qualcomm Snapdragon 778G / 1 × 2,4 GHz, 3 × 2,2 GHz, 4 × 1,8 GHz / Adreno 642L	Mediatek Helio G85 / 2 × 2 GHz, 6 × 1,8 GHz / Mali-G52
Arbeitsspeicher / Flash-Speicher (frei) / Wechselspeicher (Format)	6 GByte / 128 GByte (102 GByte) / ✓ (MicroSD)	6 GByte / 128 GByte (111 GByte) / ✓ (MicroSD)	6 GByte / 64 GByte (51 GByte) / ✓ (MicroSD)	4 GByte / 64 GByte (47 GByte) / ✓ (MicroSD)	6 GByte / 128 GByte (105 GByte) / ✓ (MicroSD)	6 GByte / 128 GByte (108 GByte) / ✓ (MicroSD)
5G / LTE / SIMs / SAR-Wert	✓ / ✓ / 2 × Nano-SIM / k. A.	✓ / ✓ / 2 × Nano-SIM / 1,359 W/kg	– / ✓ / 2 × Nano-SIM / k. A.	✓ / ✓ / 2 × Nano-SIM / 1,13 W/kg	✓ / ✓ / 2 × Nano-SIM / 1,48 W/kg	– / ✓ / 2 × Nano-SIM / 0,382 W/kg
WLAN (Antennen) / Bluetooth / NFC / Kompass / Standort	Wi-Fi 5 (2) / 5.1 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 6 (2) / 5.2 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 5 (2) / 5.0 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 6 (2) / 5.1 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 6E (2) / 5.2 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 5 (2) / 5.0 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo
USB-Anschluss / Kopfhöreranschluss / Fingerabdrucksensor / Benachrichtigungs-LED	USB-C 3.0 / ✓ / ✓ (Rückseite) / –	USB-C 3.0 / ✓ / ✓ (Einschalter) / ✓	USB-C 2.0 / – / ✓ (Einschalter) / ✓	USB-C 3.0 / ✓ / ✓ (Einschalter) / –	USB-C 3.2 / ✓ / ✓ (Einschalter) / ✓	USB-C 2.0 / – / ✓ (Einschalter) / ✓
Akku / drahtlos ladbar / wechselbar	5500 mAh / ✓ / –	5000 mAh / ✓ / ✓	5000 mAh / – / –	4630 mAh / ✓ / –	4050 mAh / – / ✓	10000 mAh / – / –
Helligkeit Taschenlampe (Abstand 80 cm)	384 Lux	25,8 Lux	35,8 Lux	29,6 Lux	40,4 Lux	24,2 Lux
Abmessungen (H × B × T) / Gewicht / Schutzart	17,1 cm × 8,1 cm × 1,7 cm / 320 g / IP68, MIL-STD-810H	17,1 cm × 8,2 cm × 1,2 cm / 278 g / IP68, MIL-STD-810H	17,1 cm × 8,2 cm × 1,4 cm / 276 g / IP68, IP69K, MIL-STD-810G	17,3 cm × 8,2 cm × 1,1 cm / 248 g / IP68, MIL-STD-810H	16,9 cm × 8 cm × 1 cm / 235 g / IP68, MIL-STD-810H	17,4 cm × 8,5 cm × 1,8 cm / 359 g / IP68, IP69K, MIL-STD-810G
<b>Kameras</b>						
Hauptkamera Auflösung / Blende / OIS	48 MP (4000 × 3000) / f/1,79 / –	50 MP (8192 × 6144) / f/1,9 / –	20 MP (5184 × 3880) / f/1,8 / –	48 MP (8000 × 6000) / f/1,8 / –	50 MP (8160 × 6120) / f/1,8 / –	20 MP (5120 × 3840) / f/1,8 / –
Ultraweitwinkel Auflösung / Blende / OIS	–	–	–	13 MP (4160 × 3120) / f/2,4 / –	8 MP (3264 × 2448) / f/2,2 / –	–
Frontkamera Auflösung / Blende / OIS	15,9 MP (4608 × 3456) / f/2 / –	15,9 MP (4608 × 3456) / f/2 / –	8 MP (3264 × 2448) / f/2,2 / –	8 MP (3264 × 2448) / f/2 / –	12,8 MP (4128 × 3096) / f/2,2 / –	15,9 MP (4608 × 3456) / f/2,2 / –
<b>Display</b>						
Diagonale / Technik / Auflösung / max. Bildrate	6,5 Zoll / LCD / 1600 × 720 Pixel / 60 Hz	6,6 Zoll / LCD / 2412 × 1080 Pixel / 120 Hz	6,5 Zoll / LCD / 2400 × 1080 Pixel / 60 Hz	6,7 Zoll / LCD / 2400 × 1080 Pixel / 60 Hz	6,6 Zoll / LCD / 2408 × 1080 Pixel / 120 Hz	6,5 Zoll / LCD / 1600 × 720 Pixel / 60 Hz
Helligkeitsregelbereich / Punktdichte / Ausleuchtung	3,52 ... 480 cd/m² / 271 dpi / 84,6 %	4,1 ... 458 cd/m² / 400 dpi / 93,3 %	0,88 ... 360 cd/m² / 06 dpi / 88,2 %	2,31 ... 405 cd/m² / 393 dpi / 84,2 %	5,35 ... 526 cd/m² / 400 dpi / 99,7 %	16,74 ... 398cd/m² / 271 dpi / 85,6 %
<b>Bewertungen</b>						
Performance / Akku	○ / ⊕⊕	⊕ / ○	⊕⊕ / ⊕	⊕ / ⊕	⊕ / ○	⊕ / ⊕⊕
Display / Kamera	○ / ○	⊕ / ⊕	○ / ⊕	○ / ⊕	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕
Software <sup>1</sup> / Ausstattung	○ / ⊕	⊕⊕ / ⊕	⊕ / ⊕	⊕ / ○	⊕ / ⊕	⊕⊕ / ○
Preis	549 €	579 €	189 €	330 €	609 €	289 €
<sup>1</sup> bewertet werden Updates, Features, Bloatware, etc. ✓ vorhanden – nicht vorhanden ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊕ schlecht ⊕⊕ sehr schlecht						



# MACHT'S EINFACH!

WLAN soviel Du willst



[avm.de/einfach](https://avm.de/einfach)



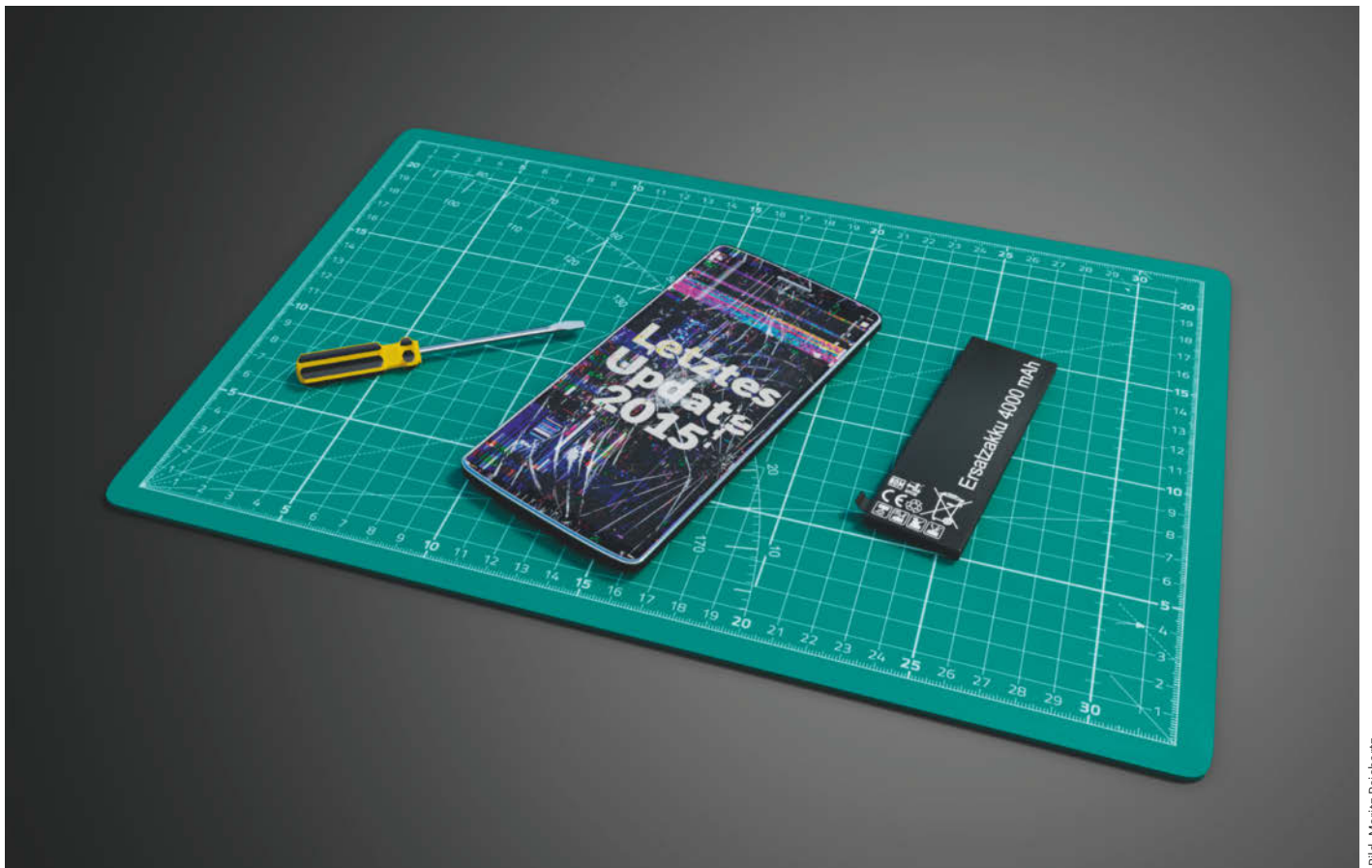


Bild: Moritz Reichartz

# Die Nichtkauf-Beratung

## Wie Sie Ihr Smartphone länger behalten und betreiben

**Vielleicht brauchen Sie gar kein neues Smartphone, schließlich haben Sie doch ein gutes. Nur zwei bis drei Jahre werden Smartphones im Schnitt genutzt – das geht länger. Wir zeigen, was Sie für Ihr Android- und iOS-Smartphone tun können, wenn der Speicher knapp wird, die Updates ausbleiben oder der Akku schlapp macht.**

Von Jörg Wirtgen

**W**as nützt eine geringfügig bessere Kamera, wenn die des eigenen Smartphones reicht? Was will man mit 512 GByte Flash, wenn die vorhandenen 128 noch nicht voll sind? Was soll ein schnellerer Prozessor, wenn man sein Handy noch nie lahm fand? Auch die steigenden Preise vieler Lebensbereiche sind ein guter Grund, sich kein neues Smartphone zu kaufen.

Tatsächlich wird Ihr Smartphone Sie noch eine Weile begleiten, wenn Sie ihm ein wenig Aufmerksamkeit widmen. Von einem High-End-Smartphone dürfen Sie durchaus erwarten, dass es Ihnen mindestens fünf Jahre zuverlässig zur Seite steht, aber auch günstigere Telefone bleiben Ihnen mit kleinen Einschränkungen länger als drei Jahre treu. Im Folgenden geben wir Ihnen Tipps, wie Sie Ihrem Smartphone neues Leben einhauchen.

Jeder dürfte sich beim Kauf seines Smartphones gedacht haben, den Flash-Speicher nie vollzubekommen – und dann passiert es trotzdem, obwohl schon alle unnützen Apps deinstalliert sind. Ein paar weitere Aufräumarbeiten lohnen sich. Lassen Sie sich eine Liste der installierten Apps sortiert nach belegtem Platz anzeigen. Tippen Sie auf Android-Geräten unter Einstellungen/Apps auf das Icon für die Sortierung; unter iOS gehen Sie auf Einstellungen/Allgemein/iPhone-Speicher.

Überprüfen Sie die Apps, die unerwartet viel Speicher benötigen: Können Sie in Magazin-Apps alte Ausgaben löschen, in Podcast-Apps alte Folgen? Haben Sie bei Musik- oder Videostreamingdiensten Medien lokal gespeichert, die Sie nicht mehr benötigen? Unter iOS können Sie in obiger Ansicht auf die fragliche App klicken und haben bei einigen wenigen Apps die Möglichkeit, ein paar Dateien zu löschen. Aber

so richtig erfolgreich werden Sie in der Regel nur sein, wenn Sie in den einzelnen Apps nach den passenden Optionen suchen. Notfalls ist ein Ausweg, die App zu deinstallieren und erneut zu installieren.

Android bot früher die Möglichkeit, Apps auf eine MicroSD-Karte auszulagern. Mittlerweile haben aber nur noch wenige Geräte so einen Slot, zudem implementiert kaum ein Hersteller noch das Auslagern von Apps. Sie können die Karte dann nur noch für selbstorganisierte Dateien nutzen und einige wenige Apps anweisen, ihre Daten dort zu speichern. Vor allem für die Kamera-App lohnt sich das, dann landen neue Fotos und Videos auf der Speicherkarte. Auch in Apps, die viele Daten lokal speichern, lohnt sich in deren Einstellungen nach dieser Option zu suchen.

## Foto-Backups

Apropos Fotos: Denken Sie – unabhängig von diesem Artikel – daran, Ihre Smartphone-Fotos zu sichern, entweder per App in eine Cloud oder per USB zum PC. Um auf dem Smartphone Platz zu sparen, können Sie dann ab und zu einen Schwung alter Fotos und Videos löschen – Sie haben sie schließlich im Backup.

Wenn Sie Ihre Fotos in einem Cloud-Dienst sichern, bietet dieser Zugriff auf alle Fotos. Darüber können Sie sich also auch die Fotos anschauen, die Sie schon vom Smartphone gelöscht haben. Dazu zählen nicht nur Apple iCloud und Google Fotos, sondern beispielsweise auch Dropbox, OneDrive, Nextcloud und auf Fotos spezialisierte Dienste wie Adobe Lightroom (siehe c't 21/2021, S. 98). Sie alle können Fotos auch automatisch hochladen.

Falls Sie die App eines solchen Cloud-Diensts nutzen, sollten Sie überprüfen, ob sie die Fotos nach dem Sichern automatisch vom Smartphone-Speicher löscht, nur manuell oder gar nicht. OneDrive unter Android beispielsweise löscht hochgeladene Fotos nur, wenn man in den Einstellungen die Option „Freigeben von Speicherplatz auf diesem Gerät“ wählt; unter iOS fehlt die Option. Auch Adobe Lightroom löscht importierte Fotos nicht vom Gerät. Bei diesen Apps sollten Sie Ihre Fotos und Videos händisch vom Gerät löschen.

## Aufräumen

Denken Sie auch daran, regelmäßig Ihren Download-Ordner aufzuräumen; auf einem Smartphone dürften sich dort zwar nicht allzu große Brocken sammeln, aber

## c't kompakt

- Eine ältere Android- oder iOS-Version stört beim Weiterbetrieb kaum, aber bei ausbleibenden Sicherheitsupdates müssen Sie ein paar Vorsichtsmaßnahmen ergreifen.
- Gealterte Akkus und gesplitterte Displays lassen sich bei vielen Smartphones ersetzen.
- Wenn der Speicher voll ist, hilft aufräumen, aber irgendwann werden Sie sich einschränken müssen.

möglicherweise viele. Sie können dazu einen Dateimanager nutzen, der auf vielen Geräten als „Dateien“ oder „Files“ oder ähnlich vorinstalliert ist.

Unter Android finden Sie Downloads in der Dateimanager-App unter „interner Speicher“; manche Apps zeigen das unter dem Namen Ihres Geräts an oder unter der internen Bezeichnung wie SM-G960F. Im iOS-Dateimanager sollten Sie Downloads in iCloud Drive und die Download-Ordner etwaiger weiterer Browser unter „auf meinem iPhone“ durchkämmen.

Viele Android-Smartphones bringen einen Aufräumhelfer für Dateien mit, üblicherweise in den Einstellungen unter dem Menüpunkt „Speicher“ oder „Gerätewartung“ oder ähnlich zu finden. Damit können Sie besonders große Dateien auffinden, temporäre Dateien löschen und ähnliches – das ist ein Versuch wert, auch weil einige dieser Tools herstellerspezifischen Datenmüll entsorgen können. Auch die App „Files“ von Google hält ein paar Vorschläge zum Aufräumen von Dateien bereit. Viele weitere Apps in den Stores treten mit dem gleichen Versprechen an, doch nach unserer Erfahrung leisten sie nicht mehr als Google Files und die Hersteller-Tools.

## Laufzeiten verlängern

Bessere Aussichten haben Sie, eine gesündere Akkulaufzeit Ihres Smartphones dauerhaft zu beheben. Obwohl Android und iOS von sich aus immer besser Strom sparen und stromhungrige Apps immer rigorosener schlafen legen, können Sie ein wenig nachhelfen.

Gehen Sie alle Apps durch, die Benachrichtigungen anzeigen und überlegen

Sie, welche Sie davon wirklich benötigen. Schalten Sie überflüssige Benachrichtigungen möglichst direkt in den jeweiligen Apps aus, notfalls im Benachrichtigungsmanagement. Die Apps sollten dann seltener im Hintergrund laufen.

Welche Apps besonders stark am Akku lutschen, sehen Sie bei iOS unter Einstellungen/Batterie, bei Android in den Einstellungen unter Akkununutzung, bei vielen Geräten im Menüpunkt Akku oder Gerätewartung einsortiert. Wenn eine App einen höheren Verbrauch hat, als sie Ihnen Wert ist, und wenn Sie keine Möglichkeit finden, das zu reduzieren, sollten Sie sie deinstallieren.

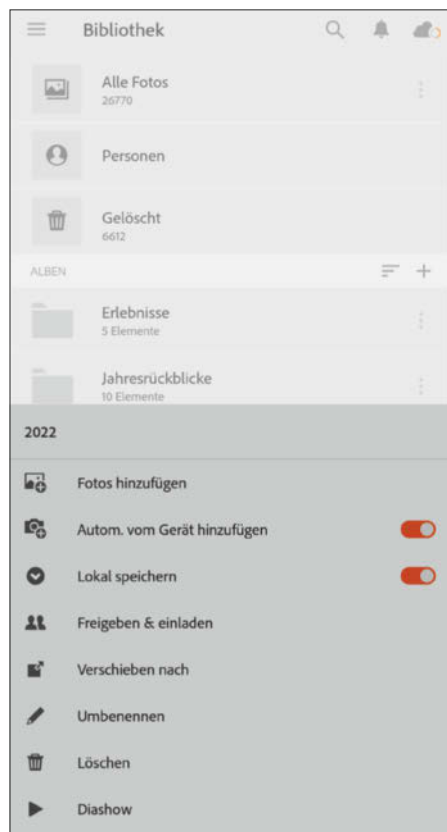
Wenn die Laufzeit dramatisch sinkt, ohne dass Sie eine App dafür verantwortlich machen können, mag das am Alter des Akkus liegen. Drei, vier Jahre lang sollten aktuelle Akkus kaum spürbar nachlassen, aber wenn Ihr Smartphone zu oft besonders hohe oder niedrige Temperaturen aushalten musste, oder wenn Sie einfach Pech haben, kann der Akku schon nach ein oder zwei Jahren schlapper werden.

## Akku und Display wechseln

Bei fast allen Geräten lässt sich der Akku vom Hersteller, von einer Fachwerkstatt oder von einem Handydoktor wechseln – oder in einer Bastelaktion von Ihnen selbst. Sie benötigen dazu geeignetes



iOS und iPadOS (im Bild) zeigen die Größen der Apps inklusive ihrer Daten in den Einstellungen an.



Bei jeder App muss man gucken, wo sie Speicheroptionen versteckt. Lightroom beispielsweise hat für jede Sammlung die Option „lokal speichern“.

Werkzeug und sollten sich die Reparatur in YouTube-Videos anschauen. Vor allem müssen Sie einen passenden, nicht gefälschten und nicht selbst schon gealterten Ersatzakku organisieren – nicht gerade trivial unter den aktuellen Verhältnissen mit wackeligen Lieferketten. Sie sollten bei einem deutschen oder EU-Händler kaufen, um bei Problemen die Händlergewährleistung in Anspruch nehmen zu können. Vielleicht gehen Sie aber einfach zum Handydoktor und ersparen sich damit eine Menge Ärger.

Das Gleiche gilt für Displayreparaturen: Wer Spaß am Basteln und Bestellen von Ersatzteilen hat, mag das selbst bekommen, alle anderen sind mit einer lokalen Werkstatt oder dem Reparaturservice des Herstellers besser bedient.

Schwieriger wirds bei Wackelkontakten oder Schäden an der Ladebuchse oder dem Kopfhörerstecker: Die sitzen bei den meisten Geräten auf der Hauptplatine, und ein Tausch lohnt sich finanziell selten – aber eine Nachfrage beim Handydoktor auf jeden Fall. Im Internet finden sich außerdem viele Teardown-Videos und

Reparaturanleitungen der verschiedensten Geräte. Das hilft, um vorab den Reparaturaufwand einzuschätzen.

## Android und iOS ohne Updates betreiben

Als ein problematischer Nachteil eines älteren Smartphones gelten die fehlenden Updates, wobei man zwischen Sicherheitsupdates und Updates des Betriebssystems unterscheiden sollte. Android und iOS lernen mit jeder Version nur verhältnismäßig wenige neue Tricks. Gerade wenn man sich lange an die vorhandene Version gewöhnt hat, dürfte man manche Neuerungen als Störung im Betriebsablauf empfinden und nichts vermissen.

Allerdings lassen sich mit den Jahren immer mehr Apps nicht installieren, da sie eine neuere iOS- oder Android-Version benötigen. Weil die Entwickler das Problem kennen, versuchen sie, ihre Apps auf alten Betriebssystemversionen lauffähig zu halten. Das klappt oft gut, beispielsweise bei Musikstreaming-Apps: Apple Music benötigt Android 5, Deezer Android 6, Qobuz Android 6, Spotify Android 5, Tidal Android 7. Zum Vergleich: Das 2015 erschienene Samsung Galaxy S6 bekam Updates bis Android 7.

Google und Apple verlangen allerdings auch, dass die Apps ständig steigende Anforderungen erfüllen und alle modernen Schnittstellen implementieren; beispielsweise müssen Android-Apps derzeit Android 12 (API 31) unterstützen. Je weiter dieses sogenannte Target API und das minimale von der App vorausgesetzte API auseinanderliegen, desto mehr Aufwand müssen die Entwickler betreiben. Irgendwann stemmen sie das nicht mehr und erhöhen mit einem App-Update die Mindestanforderung ans Zielgerät.

Immerhin belassen viele Entwickler zusätzlich die vorigen App-Versionen in den App-Stores, sodass ältere Geräte diese installieren. Schon installierte Apps bleiben ebenfalls funktionsfähig. Sie werden allerdings möglicherweise irgendwann nutzlos, wenn sie beispielsweise auf veränderte Dienste nicht mehr zugreifen können oder wenn Zertifikate auslaufen.

## Ausbleibende Sicherheitsupdates

Schwerer wiegt, wenn der Smartphone-Hersteller keine Sicherheitspatches mehr veröffentlicht. Ab dann müssen Sie mehr Vorsicht walten lassen, denn Angreifer können möglicherweise durch Sicher-

heitslücken in Android, iOS oder den Gerätetreibern aufs Smartphone zugreifen. Alle paar Jahre werden sogar schwerwiegende Lücken entdeckt, die Millionen iPhones oder Android-Handys angreifbar machen. Doch ungepatchte Geräte sind nicht von einem Tag auf den anderen komplett offen und in jeder Hinsicht unsicher.

Wie groß das konkrete Risiko ist, lässt sich leider nicht seriös abschätzen, da kein Hersteller Buch darüber führt, welche schwerwiegenden Bugs er nicht patcht. Selbst wenn ein neuer Bug bekannt wird und das eigene Gerät kein Update bekommt, ist es vielleicht nicht angreifbar, weil der Bug erst mit einer Android- oder iOS-Version eingeführt wurde, die Ihr Gerät nicht bekommen hat.

## Unangreifbar bleiben

Es gilt also, ein möglichst kleines Ziel für die Angreifer darzustellen. Manche Bugs bewirken, dass ein Handy von außen per WLAN kompromittiert werden kann, beispielsweise weil Ports offenstehen oder weil der WLAN-Treiber fehlerhafte Pakete unzureichend abfängt. Dazu muss ein Angreifer allerdings erst mal ins WLAN kommen. Meiden Sie also öffentliche WLANs etwa in Hotels, Restaurants, Bahnhöfen und Zügen. Achtung, ein VPN hilft nicht, da es nur den Datenverkehr absichert, aber das Gerät selbst weiterhin im WLAN ansprechbar bleibt.

Laden Sie Apps nur aus den App-Stores von Google und Apple herunter, die beide umfangreiche Sicherheitsprüfungen vornehmen. Unter Android kommen auch F-Droid und der Amazon Store infrage. Da die Sicherheitsmechanismen der Shops immer mal wieder versagen: Installieren Sie Apps von unbekannten Herstellern erst einige Woche nach deren Erscheinen und lesen Sie vorher vor allem die negativen Bewertungen durch. Auch eigentlich seriöse Apps, die viel Werbung einblenden, stellen ein Risiko dar, da böswillige Werbebanner auf Bugs im Browser zielen.

Sobald irgendwo Werbebanner aufploppen, ohne dass Sie eine App gestartet haben – vor allem direkt nach dem Entsperren des Geräts –, überlegen Sie, welche der zuletzt installierten Apps Ihnen diesen Mist eingebrockt haben könnte. Wenn Ihnen ein Fenster weismachen möchte, dass es einen Schädling entdeckt hat und Sie zur Abwehr irgendwo klicken und etwas installieren sollen: Finger weg, das stimmt nie.

Apropos Virens Scanner, Firewalls und ähnliche Tools: Sie schützen im Fall aus-



bleibender Sicherheitspatches kaum, da Android und iOS gar nicht die Möglichkeit bieten, dass so ein Scanner tief genug ins System eingreifen kann. Auch Tools wie Blokada oder Island/Shelter ersetzen fehlende Patches nicht, denn sie überwachen nur die Internetkommunikation einzelner Apps oder schränken ihren Zugriff auf Termine und Adressbuch ein. Damit schützen sie vor böswilligen oder datenabsaugenden (oder schlampig programmierten) Apps, helfen aber nicht gegen Sicherheitslücken im Betriebssystem.

### Vorinstallierte Apps

Ein weiteres Risiko geht von vorinstallierten Apps aus, die nicht über die Stores Updates bekommen, sondern nur per nun ausbleibendem Betriebssystem-Update; das gilt vor allem für Mail, Browser, SMS/MMS-App und Libraries zum Anzeigen von Fotos, Videos oder PDFs.

Unter iOS gilt das für Safari, Mail und Nachrichten. Mail können Sie deinstallieren und auf einen anderen Mailclient umsteigen. Bei Safari funktioniert das nicht so einfach, weil Apple keine fremden Browser-Engines zulässt. Alle anderen Browser – Firefox und Edge beispielsweise – müssen Apples eingebautes WebKit verwenden. Die Engine kommt auch in vielen anderen Apps beispielsweise zum Anzeigen von Werbebannern oder News zum Einsatz. Auch die SMS/MMS-App lässt sich nicht ersetzen, Bugs darin und in Apples WebKit wiegen also schwer.

Google hat dieses Sicherheitsrisiko genannt: Die eingebaute Browser-Engine ist seit vielen Jahren aus der Firmware ausgelagert und bekommt automatisch Updates über den App Store. Apps nutzen also eine stets aktuelle WebView.

Aber mancher Gerätehersteller hat sich hier selbst ein Ei gelegt, indem er einen alternativen Browser mit eigener Engine vorinstalliert – unter Android erlaubt. Wenn die Updates ausbleiben, sollte man den Browser deaktivieren und einen anderen installieren, beispielsweise Chrome oder Firefox.

Das Gleiche gilt für Mail: Der Android-Client Gmail bekommt Updates, aber wenn ein Hersteller seinen eigenen Mailclient mitliefert und die Updates verschläft, sollten Sie ihn deaktivieren und einen anderen Client wie K-9, Nine oder Gmail nutzen.

Komplizierter und nerviger wirds bei Android und iOS, wenn Sie Sicherheits-

lücken beim vorinstallierten Foto-, Video- oder PDF-Viewer vermuten, denn der lässt sich nicht ersetzen. Medien, die Sie selbst aufs Smartphone kopieren, können Sie zwar einfach in einer App Ihrer Wahl betrachten, beispielsweise dem VLC Player.

Aber wie Browser, Messenger oder Mail mit Anhängen umgehen, liegt im Allgemeinen außerhalb Ihrer Kontrolle. Manche mögen einen eigenen Viewer für das eine oder andere Dateiformat mitbringen, viele aber übergeben die Datei einfach dem Betriebssystem zur Ansicht. Sie sollten dann etwaige Voransichten, Video-Autostarts und ähnliches in den Apps ausschalten, damit die Apps zumindest nichts automatisch machen. Speichern Sie verdächtige Dateien lokal und rufen Sie sie dann mit den sicheren Anzeige-Apps auf.

Denken Sie spätestens dann an die sowieso selbstverständlichen Sicherheitsmaßnahmen: Das Smartphone sollte per PIN, Fingerabdruck oder Gesichtssperre gesichert sein. Nutzen Sie für so viele Zugänge wie möglich eine Zwei-Faktor-Authentifizierung und unterschiedliche Passwörter. Klicken Sie in Mails, SMS oder

Messengern höchstens auf Links von vertrauenswürdigen Absendern.

### Letzter Ausweg Custom-ROM

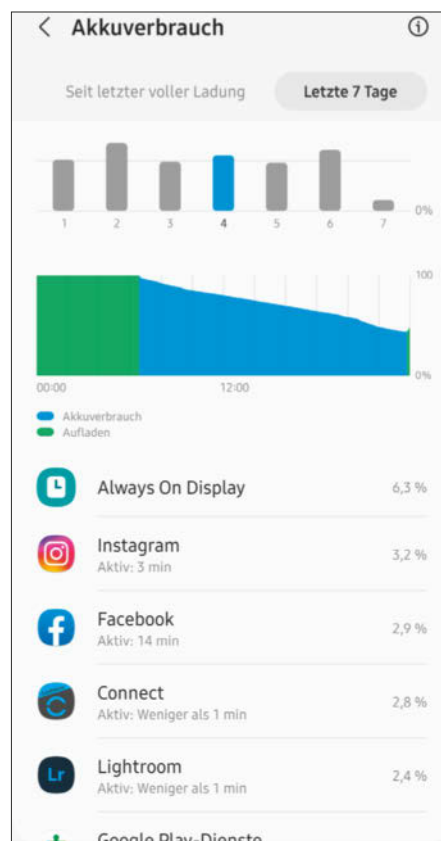
Unter Android haben Sie eine weitere Möglichkeit, ausbleibende Hersteller-Updates zu umgehen und so die Lebensdauer des Smartphones zu verlängern: eine alternative Android-Version. Diese sogenannten Custom-ROMs müssen genau zu Ihrem Smartphone-Modell passen, bei einigen Samsung-Geräten muss man sogar auf den passenden Prozessor achten. Fündig werden Sie beispielsweise bei LineageOS und den darauf aufbauenden /e/OS (siehe c't 16/2022, S. 98) und iOdé. Mit iOdé beispielsweise bekommt ein Samsung Galaxy S9 aus 2018 Android 12 mit dem Security Patch vom September 2022 – Samsung lieferte nur Android 10 und Sicherheitspatches bis Anfang 2022.

Aber selbst ein aktuelles Custom-ROM bietet keine vollständige Sicherheit, da die Updates der Hardware-Treiber fehlen. Zudem ist die Installation eines Custom-ROMs nicht trivial, es gehen beispielsweise alle Daten und Apps erst mal verloren. Als Belohnung bekommt man nicht nur ein moderneres Android mit mehr Updates, sondern auch mehr Datenschutz – Details und Tipps dazu in c't 8/2022 auf Seite 74.

### Fazit

Sofern Ihre eigenen Ansprüche nicht steigen, können Sie Ihr Smartphone mindestens drei Jahre lang nutzen, High-End-Smartphones länger – mit Pech ist vielleicht ein neues Display oder auch ein Akkutauch nötig, mehr nicht. Die meisten Apps und Spiele werden allerdings mit jedem Update fetter, Ihre Foto- und Videosammlung wird wachsen, und vielleicht entwickeln Sie neue (App-)Interessen, die Speicherplatz belegen.

Wenn die iOS- oder Android-Updates ausbleiben, ist das kein Grund für eine übereilte Trennung. Nach Ende der Sicherheitspatches benötigt das Smartphone allerdings mehr Wachsamkeit. Falls Ihnen das zu lästig ist, sollten Sie alle Banking- und Trading-Apps sowie alle Passwortmanager runterschmeißen und vielleicht ein neues Apple- oder Google-Konto nur für das Gerät anlegen. Doch spätestens, wenn das Gerät von schwerwiegenden Sicherheitslücken betroffen ist, eignet es sich nicht mehr als Ihr Hauptgerät, sondern nur noch für sicherheitsunkritische Apps und nicht schützenswerte Daten. (jow@ct.de) **ct**



**iOS und viele Android-Geräte zeigen ausführlich an, welche Apps wie viel Strom benötigen.**

# Neuer Versuch

## Quick Freeze soll Vorratsdatenspeicherung ersetzen

**Bundesjustizminister Marco Buschmann hat einen Vorschlag vorgelegt, mit dem er die Debatte um die Vorratsdatenspeicherung beenden will: Mit Quick Freeze sollen künftig nur bei Verdacht auf eine Straftat Verbindungs- und Standortdaten gesichert werden. Im Kabinett gibt es Widerspruch.**

Von Falk Steiner

Der Europäische Gerichtshof erteilte der anlasslosen Vorratsdatenspeicherung in Deutschland im September eine klare Absage. Nun hat Justizminister Marco Buschmann einen Referentenentwurf vorgelegt, in dem er eine alternative Vorgehensweise vorgeschlägt: das sogenannte „Quick Freeze“-Verfahren. Damit sollen die Telekommunikationsbetreiber künftig nur dann verpflichtet werden können, Verbindungs- und Standortdaten zu sichern, wenn ein Anfangsverdacht auf eine erhebliche Straftat vorliegt. Erhebliche Straftaten sind etwa Mord, Menschenhandel, Raub, Erpressung sowie Verbreitung, Erwerb und Besitz von Darstellungen sexuellen Missbrauchs. Bei der – bereits seit Längerem ausgesetzten – Vorratsdatenspeicherung sind Telekommunikationsanbieter verpflichtet, Verbindungs- und Standortdaten auch ohne Anlass monatelang zu speichern.

Gemäß Buschmanns Quick-Freeze-Entwurf muss es ein Richter genehmigen, dass die Sicherung der Daten angeordnet wird; bei einer solchen Anordnung muss noch kein konkreter Tatverdacht genannt werden. Provider müssten die Daten nach Stand der Technik gesichert, also etwa verschlüsselt, ablegen. Dabei geht es um Verbindungsdaten, die der Provider zum Zeit-

punkt des Freeze vom Nutzer hat, sowie alle weiteren Daten, die ab diesem Zeitpunkt anfallen. Falls weitere Ermittlungen den tatsächlichen Bedarf ergeben, können diese Daten „aufgetaut“ werden, was wiederum der Zustimmung eines Richters bedarf.

Standortdaten fallen vor allem in Mobilfunknetzen an. Sie werden von den Telekommunikationsanbietern zu internen Zwecken in der Regel ohnehin eine Zeit lang gespeichert; darauf baut der Referentenentwurf. Nach dem Einfrieren sollen die Standortdaten von den Behörden nur dann verwendet werden dürfen, wenn dies für die Erforschung der Straftat erforderlich ist oder der Aufenthaltsort eines Beschuldigten darüber herausgefunden werden soll.

### Ewiger Streit

Mit dem Entwurf will Buschmann den ewigen Streit beenden, der vor allem die Gerichte beschäftigte, seit die Vorratsdatenspeicherung 2006 erstmals als EU-

Richtlinie eingeführt wurde. Die Mitgliedstaaten setzten sie in nationale Gesetze um, das Bundesverfassungsgericht verwarf jedoch die deutsche Version 2008 als nichtig. Zugleich erklärte es sie aber in abgespeckter Form für grundsätzlich zulässig und geeignet.

Anders die Richter beim Europäischen Gerichtshof: 2014 kippten sie die europäische Richtlinie als unvereinbar mit europäischen Grundrechten. Im September 2022 entschied der EuGH über die deutsche Neuauflage von 2014. Die sei in der aktuellen Form unzulässig, urteilten die Richter, erklärten aber auch detailliert, wann und wie eine Speicherung von Verbindungs- und Standortdaten auf Vorrat in engen Grenzen doch zulässig sein kann.

### Innenministerin fordert mehr

Der Referentenentwurf aus dem Justizministerium ist nun in der Ressortabstimmung. Nach einem Beschluss des Bundeskabinetts wird der Bundestag über die konkreten Formulierungen beraten. Es stehen wohl intensive Gespräche bevor, denn während Buschmann Quick Freeze als „Zugewinn an Sicherheit“ sieht, will Innenministerin Faeser (SPD) mehr. Insbesondere IP-Adressen sollten ihrer Ansicht nach künftig wieder auf Vorrat gespeichert werden, was laut EuGH zulässig wäre. Der rechtspolitische Sprecher der CDU/CSU-Bundestagsfraktion Günter Krings erklärte, der Entwurf sei unzureichend und die anlasslose Vorratsdatenspeicherung nötig, um Straftaten aufzuklären.

Ob auf EU-Ebene noch einmal ein neuer Anlauf unternommen wird, um europaweit einheitliche Regelungen zu treffen, ist unklar. Nur Österreich verwendet bisher ein Quick-Freeze-Verfahren.

Der Bundesdatenschutzbeauftragte Ulrich Kelber zeigte sich auf Anfrage von c't angetan: Quick Freeze sei eine sinnvolle Alternative zur Vorratsdatenspeicherung. „Nachdem die Gerichte einer allgemeinen, anlass- und unterschiedslosen Speicherung von Verkehrs- und Standortdaten immer wieder Absagen erteilt haben, sollten wir nun endlich die Dinge tun, die mit dem Gesetz vereinbar sind und den Betroffenen wirklich helfen“, sagt Kelber. Mit Quick Freeze würden Grundrechte geschont, den Strafverfolgungsbehörden aber dennoch wirksame Instrumente an die Hand gegeben. (dwi@ct.de) 

Referentenentwurf: [ct.de/y79y](https://ct.de/y79y)



Bild: Twitter

**Justizminister Marco Buschmann setzt sich dafür ein, die anlasslose Speicherung von Datenverkehrs- und Standortdaten zu beenden.**



# Damit Sie Ihre Arbeit erledigen. Nicht Ihre Arbeit Sie.

Ergonomische FlexScan-Monitore von EIZO:  
mit automatischer Helligkeitsanpassung, flexiblem  
Standfuß und entspiegeltem Bildschirm – für mehr  
Komfort am Arbeitsplatz. Mehr auf [eizo.de/ergonomie](https://eizo.de/ergonomie)



Working with the Best





# Hatespeech: Künast siegt am Kammergericht

**Einem letztinstanzlichen Gerichtsbeschluss zufolge muss Facebook Stammdaten von 22 Nutzern herausgeben, die die Politikerin Renate Künast in Postings teils übel beleidigt hatten.**

In einem Rechtsstreit, der mehr als drei Jahre dauerte, erzielte die Bundestagsabgeordnete Renate Künast (Die Grünen) endgültig einen Sieg: Facebook muss die Daten von sämtlichen 22 beschuldigten Nutzern herausgeben, die Künast auf der Social-Media-Plattform beleidigt hatten. Anlass für die Postings war ein angebliches Zitat Künasts zum Thema Pädophilie, das sich als Fälschung herausstellte. Es fielen damals Begriffe wie „Gehirn Amputiert“ (sic!).

Künast hatte im September 2019 Klage am Landgericht Berlin eingereicht und die Herausgabe der Nutzerdaten gefordert. In einem ersten Urteil verwehrt das Gericht ihr dies. Später änderte es auf Beschwerde Künasts hin das Urteil ab und gab dem Antrag in Teilen statt. Nach einer weiteren Beschwerde bekam Künast im März 2020 vom Kammergericht als höhere Instanz in einigen weiteren Punkten Recht: Die Berufungsinstanz stufte sechs

weitere Kommentare als rechtswidrig ein. Zehn strittige Äußerungen betrachteten die Berliner Richter indes nicht weiter.

Erst nach dem Gang vors Bundesverfassungsgericht (BVerfG) konnte Künast im Februar durchsetzen, dass sie auch diese zehn Beschimpfungen und Falschzitate nicht länger dulden muss. Die Karlsruher Richter hoben den Beschluss des Kammergerichts auf, weil dieser die Klägerin in ihrem Persönlichkeitsrecht verletze und die verfassungsrechtliche Abwägung gegen die Meinungsfreiheit unterlassen wurde. Das BVerfG bezeichnete es

als öffentliches Interesse, dass die Rechte von Berufspolitikern gewahrt werden müssen.

Nachdem das Kammergericht daraufhin den Fall neu geprüft hatte, entschied die Richter am 31. Oktober für die Herausgabe aller Nutzerdaten. Der lange Kampf sei „auch emotional mühevoll“ gewesen, sagte Künast. Letztlich hätten die Gerichte nun zumindest klare rechtliche Grenzen gesetzt, so die Politikerin: „Wer sich in der Demokratie engagiert, ist nicht Freiwild derer, die die Demokratie systematisch zerstören wollen.“ (hob@ct.de)

**Die Bundestagsabgeordnete Renate Künast spricht von einem „auch emotional mühevollen“ juristischen Kampf gegen Hate-speech.**



Bild: Kay Nietfeld/dpa

## Signal führt Story-Funktion ein

Signal hat mit einem Update seiner Messenger-App **eine Story-Funktion freigeschaltet**. Nutzer können damit Fotos,



**Über den Reiter Storys in der Signal-App gelangt man zum Story-Editor, der unter anderem Zugriff auf die Kamera benötigt.**

Videos und entsprechend aufbereitete Texte teilen. Ähnlich wie bei Instagram teilen sie damit abseits der üblichen Kanäle etwa Stimmungen oder besondere Erlebnisse. Man kann auswählen, wer die Stories sehen kann – etwa nur bestimmte Freunde oder Gruppen, alle Kontakte aus dem Adressbuch oder alle Menschen, mit denen man einen Chat laufen hat.

Die Stories bleiben nur für 24 Stunden sichtbar. Dieses automatische Verschwinden interpretieren Kritiker des Story-Konzepts als Dark Pattern, weil man immer wieder den Dienst öffnen muss, um nichts zu verpassen. Es geht den Signal-Machern nach eigener Aussage aber um kurze Infos zum aktuellen Status, der eben vergänglich ist. Dass der Messenger auf diesen Zug aufspringt, ist für Signal-Chefin Meredith Whittaker ein logischer Schritt: Nutzer würden Stories eben kennen, seien durch Instagram & Co. daran gewöhnt und würden sie mögen. (hob@ct.de)

## Plattform-Gesetze der EU in Kraft

Die EU-Zwillingsverordnungen Digital Services Act (DSA) und Digital Markets Act (DMA) sind **im November in Kraft getreten**. Der DSA regelt unter anderem den Umgang von Plattformen mit potenziell rechtswidrigen Inhalten. Er gilt seit dem 16. November 2022; bis zum 17. Februar 2023 müssen Online-Plattformen und Suchmaschinen jeder Größe die durchschnittliche monatliche Zahl ihrer aktiven Nutzer an die EU-Kommission melden.

Sobald die EU alle „sehr großen Anbieter“ (mehr als 45 Millionen Nutzer in der EU) ermittelt hat, gelten für diese bereits spezielle Vorschriften. Andere Regeln für kleinere Anbieter greifen dagegen erst ein Jahr später. Die wettbewerbsrechtlichen Vorschriften des DMA gelten nach einer Umsetzungsfrist ab Mai 2023. (hob@ct.de)

## „Souveräne“ Microsoft-Cloud soll 2024 starten

**Microsoft und SAP beeilen sich mit dem Aufbau ihrer Cloud für deutsche Behörden: Sie starten bereits die ersten beiden Rechenzentren aus, und wollen noch in der laufenden Legislaturperiode startklar sein.**

Im Februar kündigte SAP an, für die deutsche Verwaltung ein spezielles Cloud-Angebot auf Basis von Microsoft-Software zu schaffen, jetzt wird es konkret: Der Wall-dorfer Softwareanbieter hat inzwischen eine Tochtergesellschaft namens Delos Cloud gegründet, die die Rechenzentren betreiben soll. Diese hat nun das Ziel ausgerufen, den Aufbau binnen zwei Jahren abzuschließen. „Final soll die Delos-Cloud 2024 vom Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) geprüft und auf Grundlage der dabei erzielten Ergebnisse abgenommen werden“, schreibt Delos-Chef Georges Welz in der Zeitschrift „Datenschutz und Datensicherheit“.

Delos baut aktuell keine neuen Rechenzentren, sondern mietet Räumlichkeiten in zwei existierenden deutschen Colocation-Rechenzentren an. „Das hat tatsächlich einfach etwas mit Geschwindigkeit zu tun“, sagte der ehemalige Microsoft-Manager Welz in einer Diskussionsrunde der Zeitschrift Behörden-Spiegel. Ein Neubau wäre innerhalb der aktuellen Legislaturperiode nicht zu schaffen, erklärte er.

Microsoft und SAP sprechen von einer „souveränen“ Cloud, weil die Rechenzentren von Delos statt von Microsoft betrieben werden sollen, sodass US-Behörden rechtlich gesehen nicht auf Daten zugreifen können. Die Cloud soll auch technisch von Microsofts globaler Cloud-Infrastruktur getrennt bleiben.

Kern der Delos-Cloud ist Microsofts Azure-Plattform. Darauf sollen außer Microsoft 365 auch Clouddienste zahlreicher anderer Anbieter verfügbar sein.

Aus Sicht deutscher Anbieter von Open-Source-Software begibt sich der

**Der ehemalige Microsoft-Manager Georges Welz baut nun als Chef der SAP-Tochter Delos ein Cloud-Angebot für den öffentlichen Sektor auf.**



Bild: Delos Cloud

Staat mit dem Delos-Konzept in eine Abhängigkeit von Microsoft. Außerdem könnten Hintertüren in der Software nicht ausgeschlossen werden, warnte der Verband Open Source Business Alliance im Februar. Die Bundesregierung entwickelt zusammen mit den Bundesländern und dem Dienstleister Dataport auch den sogenannten „souveränen Arbeitsplatz“, der aus quelloffenen Anwendungen besteht und zu einer Microsoft-365-Alternative reifen soll.

(cwo@ct.de)

NERDY AT HEART? WELCOME.

## Herzblut trifft Supertech.

Jetzt Bewerben! [elo.com/karriere](https://elo.com/karriere)



**ELO**<sup>®</sup>  
Digital Office

Seit über 25 Jahren helfen wir Unternehmen dabei, am Puls der Zeit zu bleiben. Die Basis: unsere Low-Code-Plattform für Dokumentenmanagement. Sie ermöglicht es, Prozesse neu zu denken, Arbeitsabläufe zu digitalisieren und der Vision eines papierlosen Büros näher zu kommen. Wir sind ein mittelständisches Unternehmen mit 24 Standorten in 16 Ländern. Weil unsere Mitarbeiter die Basis unseres Erfolgs sind, suchen wir neue Ideengeber, Tüftler und Macher, die unsere Vision teilen und die mit Herzblut zukunftsweisende Produkte entwickeln. Neben spannenden und herausfordernden Aufgaben bieten wir individuelle Entwicklungsmöglichkeiten in einem wertschätzenden Arbeitsumfeld. Getreu unserem Motto: **Herzblut trifft Supertech.**

AT THE OF YOUR BUSINESS  
[www.elo.com](https://www.elo.com)



# Echtzeitüberweisungen sollen Standard werden

**Die EU-Kommission will auf dem Verordnungsweg Zusatzentgelte für SEPA-Echtzeitüberweisungen verbieten. Ein IBAN-Check soll außerdem die Sicherheit erhöhen.**

Verbraucher sollen künftig keine Zusatzentgelte mehr berappen müssen, wenn sie in Echtzeit Geld von ihrem auf ein anderes Euro-Girokonto im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) überweisen. Ein Verordnungsentwurf der EU-Kommission sieht vor, dass die Kreditinstitute SEPA-Echtzeitüberweisungen den SEPA-Standardüberweisungen gleichstellen müssen. Erstere würden dadurch faktisch der Regelfall. Außerdem sollen Banken auf Kundenwunsch zukünftig nach Eingabe der Überweisungsdaten prüfen, ob der angegebene Empfänger tatsächlich Inhaber des Kontos ist, an welches das Geld laut der IBAN gehen soll. Der Entwurf sieht zudem vor, dass die Institute ihre Konteninhaber künftig jeden Tag in einem EWR-weit harmonisierten Verfahren darauf prüfen müssen, ob sie auf Sanktionslisten stehen.

Die Kommission reagiert damit auf die schleppende Umsetzung des 2017 eingeführten SEPA-Standards für Echtzeit-

überweisungen, bei denen die Banken den Empfängern das Geld innerhalb von maximal zehn Sekunden gutschreiben müssen. Innerhalb der EU bietet immer noch ein Drittel der Banken diese Option nicht an. Bei einigen anderen können Kunden

**Details**

Betrag  
200,00 EUR

Verwendungszweck (optional)  
Kling-klang-klong 123

Ausführung am (optional)

☒ Als Echtzeit-Überweisung ausführen ⓘ

Eingaben prüfen →

**Für eine Euro-Echtzeitüberweisung verlangen die meisten Banken ein Zusatzentgelt – wenn diese sie denn überhaupt anbieten. Das will die EU-Kommission ändern.**

Echtzeitüberweisungen bislang nur empfangen, beispielsweise bei der ING und der DKB. Bei Instituten, deren Kunden sie auch senden können, kostet sie häufig zwischen 0,50 und 1,50 Euro zusätzlich. Europaweit laufen daher bislang nur elf Prozent aller Überweisungen in Echtzeit ab.

Mit dem Entwurf will die Kommission Komfort und Sicherheit für Verbraucher und kleine Händler verbessern. Überdies soll er Anreize setzen, damit Start-ups und etablierte Finanzinstitute neue Zahlverfahren für das Internet und die Ladenkasse entwickeln. Die Kommission erhofft sich davon indirekt auch, dass eine starke europäische Konkurrenz zu Firmen wie Visa, Mastercard und PayPal entsteht und Apples Weigerung, seine NFC-Schnittstelle für Drittanbieter zu öffnen, ins Leere läuft. Die Deutsche Kreditwirtschaft als Spitzenverband der hiesigen Banken und Sparkassen befürchtet hingegen höhere Kosten und Betrugsrisiken und kritisiert den Entwurf.

Damit der Kommissionsvorschlag wirksam wird, müssen ihm das EU-Parlament und der EU-Rat zustimmen. Zwölf Monate nach Inkrafttreten sollen die Banken im Euro-Raum die Verordnung dem Entwurf nach vollständig umgesetzt haben. (mon@ct.de)

## Mehr Kontrolle bei Krediten im Handel

Die Verbraucherzentrale Bundesverband (vzbv) hat Stellung zur geplanten **Neuregelung der EU-Verbraucherkreditrichtlinie** bezogen. Die Verbraucherschützer kritisieren insbesondere Versuche von EU-Rat und -Parlament, den weitreichenden Entwurf der Kommission im sogenannten Trilog-Verfahren durch Ausnahmen aufzuweichen.

Rat und Parlament wollen die bisherige Bagatellgrenze für eingehende Kreditwürdigkeitsprüfungen anders als die Kommission nicht generell von 200 Euro auf null senken. Im Gegensatz zu dieser wollen sie außerdem zinslose Ratenzahlungen sowie Rechnungskäufe (auch als „Buy now, pay later“) weitgehend von solchen Prüfungen ausnehmen. Das Parlament möchte überdies Vorgaben abschwächen, nach denen Verbraucher Kredite nur erhalten dürfen, wenn sie

diese laut Prüfungsergebnis „wahrscheinlich“ zurückzahlen können. Rat und Parlament haben sich zudem für nationale Regelungen zu Obergrenzen für Zinssätze, effektiven Jahreszins und absolute Kreditkosten ausgesprochen, während die Kommission eine EU-einheitliche Regelung favorisiert.

Der vzbv fordert nun, zum Schutz der Verbraucher vor Überschuldung die jeweils strengste Variante in den drei Entwürfen einzuführen. Mit dem Revisionsentwurf hatte die Kommission auf die zunehmende Digitalisierung reagiert und will insbesondere Internet-Finanzdienstleister wie Klarna und PayPal sowie große Händler wie Amazon strenger regulieren. Den Verbraucherschützern sind deren Marketing und großzügige Vergabepaxis an vulnerable Gruppen seit Jahren ein Dorn im Auge. (mon@ct.de)

### Kurz & knapp

Die PayPal-Unternehmenstochter Zettle bietet kleinen Händlern mit „Tap to Pay“ ab sofort die Möglichkeit, auf Android-Geräten **über die App „Zettle Go“ kontaktlose Kartenzahlungen** anzunehmen.

Kunden, die von versehentlichen **Doppelbuchungen auf DKB-Girokonten** betroffen waren, sollen keine Überziehungszinsen zahlen müssen. Etwaige Kosten durch Mahngebühren wegen nicht ausgeführter Überweisungen will die DKB im Einzelfall prüfen.

Revolut bietet Privatkunden sein **kostenloses Geschäftskonto „Revolut Pro“** mit eigener IBAN, das sich gezielt an Freiberufler richtet, ab sofort auch in Deutschland an.



# Mit einem sicheren Gefühl durch die dunkle Jahreszeit –

Smart Home sei Dank



Zwar haben sich die letzten Wochen von ihrer goldenen Seite gezeigt und uns zahlreiche spätsommerliche Sonnentage beschert, spätestens mit dem Zurückdrehen der Uhren ist die Zeit der langen Nachmittage aber vorbei.

Dank Smart Home gibt es aber keinen Grund mehr, der dunklen Jahreszeit mit Furcht zu begegnen. Mit der neuen Tapo C420S2 bietet TP-Link ein erschwingliches Überwachungskamerasystem für den Außenbereich an. Die Kameras sind IP65-zertifiziert wasser- und staubdicht und können somit problemlos in Außenbereichen Wind und Wetter ausgesetzt werden.

Da keine Kabel verlegt werden müssen, ist die Platzierung kinderleicht und kann jederzeit nach Bedarf geändert werden.



## Immer im Bild, dank intelligenter KI-Erkennung und Benachrichtigungen

Die Tapo C420S2 verfügt über einen integrierten KI-Prozessor, der in der Lage ist, Personen, Haustiere, Pakete und Autos selbstständig zu identifizieren und Benutzer bei Bedarf zu benachrichtigen. Außerdem können die Kameras bei Bedarf Ton- und Lichtalarme auslösen, wenn eine Bewegung erkannt wird, um so unerwünschte Besucher zu verschrecken. Da die Überwachungskameras über ein integriertes Mikrofon und Lautsprecher verfügen, können Benutzer mit der Tapo-App auf ihrem Smartphone oder Tablet auch direkt über die Tapo C420S2 zum Beispiel mit Paketzustellern kommunizieren.

## Mit Vollfarb-Nachtsicht und Sternenlicht- sensor gegen Energieverschwendung

Der Umwelt zuliebe, vor allem aber in Zeiten drastisch gestiegener Stromkosten wird wohl kaum jemand guten Gewissens den eigenen Hauseingang oder gar das gesamte Grundstück rund um die Uhr hell erleuchten wollen – gut, dass die Tapo C420S2 über Vollfarb-Nachtsicht sowie einen Sternenlichtsensor verfügt. Beide Funktionen sorgen zusammen mit der 2K-QHD-Auflösung dafür, dass Benutzer ein scharfes und klares Bild erhalten, egal zu welcher Tages- und Nachtzeit.



# Das Auto als Game-Controller

Die Motorsportsparte von BMW zeigt ihr Experiment „M Mixed Reality“



Bild: Wolfgang Groeger-Meier

**Ein reales Fahrzeug auf einer echten Straße als Mixed-Reality-Controller für virtuelle Autoren? Klingt abgedreht, aber BMW hat genau das als Proof-of-Concept entwickelt. Der Nutzen bleibt unklar, aber Spaß hat die Probefahrt in der Mixed Reality auf jeden Fall gemacht.**

Von Holger Bleich

Nichts ist immersiver als die Realität. So dachten wohl Ingenieure der BMW-Motorsportsparte „M“ und verkoppelten einen virtuellen Rennparcours mit echten Fahrzeugen aus Stahl. Heraus kam „M Mixed Reality“, das der Konzern am Rande der Websummit-Konferenz in Lissabon einige Journalisten erstmals ausprobieren ließ: Mit aufgezogener VR-Brille fuhren wir im Auto auf einer leeren Parkfläche einen virtuellen Parcours ab. Was von außen betrachtet unheimlich wirkte, funktionierte in der Praxis tatsächlich. Es kostete die meisten anwesenden Journalisten allerdings ein wenig Überwindung, sich auf das Experiment einzulassen.

Das Projekt ist ein Proof-of-Concept, weit weg von der Serienreife. Zum Einsatz kamen zwei Vorserienmodelle der 460 PS starken M2-Sportlimousine. Diese Fahrzeuge hat BMW umgerüstet: Der Fahrer trägt das Mixed-Reality-Headset XR-3 (Verkaufspreis: 6500 Euro). Diese Edelbrille des finnischen Herstellers Varjo kann in Echtzeit und extrem hoher Auflösung reale mit zugespielten Bildern kombinieren. Der Clou im BMW-Setup: Den Parcours blendet das Headset nur auf den

Fensterscheiben ein, den Innenraum des Fahrzeugs bildet das Gerät anhand seiner eingebauten Kameras live nach. Dadurch entsteht ein ungemein realer Eindruck der virtuellen Außenwelt.

Auf der Mittelkonsole des Cockpits verarbeitet ein Tracking-System des Weilheimer Herstellers ART (Advanced Realtime Tracking) die Fahrer-Bewegungsdaten. Diese sowie alle Fahrzeug-Sensordaten – beispielsweise die Position – laufen in einem Rechner auf, den BMW im Kofferraum verbaut hat und nicht zeigte. Es handle sich um einen „handelsüblichen Oberklasse-Gaming-PC“, versicherte Alexander Kuttner, BMW-M-Projektleiter Digital Driving. Bei der Entwicklung kam den Ingenieuren wohl die langjährige Kooperation mit Epic Games in anderen Bereichen zugute: Man konnte den Parcours mit der Unreal Engine realisieren.

Der PC projiziert den Parcours ins Headset. Es gilt, Hindernissen auszuweichen und Münzen einzusammeln. Im realen Experiment sollten die anwesenden Journalisten zunächst je drei Runden (je-

weils weniger als eine Minute Fahrzeit) auf der virtuellen Rennstrecke drehen. Stets konnte man beobachten, dass die erste Runde von einer gesunden Skepsis gegenüber dem System geprägt war, bevor die Hemmungen fielen und das Gaspedal gedrückt wurde, bis die Reifen qualmten. Zur Sicherheit saß dem Journalisten stets ein Profifahrer von BMW M mit eigenem Bremspedal zur Seite.

## Auto im Metaverse

Die berüchtigte „Motion Sickness“ blieb bei allen Probanden aus. Dass niemandem übel wurde, begründete Projektleiter Kuttner damit, dass man nicht nur das GPS-Signal einfließen lasse, „sondern auch sämtliche Bewegungen, die das Fahrzeug in sich tut“. Die Magie bestehe darin, alle Signale möglichst latenzarm abzugreifen und richtig zu interpretieren: „Weil wir möglichst wenig Differenz zwischen dem visuellen Signal und den vom Fahrer wahrgenommenen Bewegungen zulassen, stellt sich die Übelkeit nicht ein.“

Offen blieb, wie dieses Setup in konkrete Produkte einfließen könnte. „Wer die Frage stellt, wie künftige virtuelle Erlebnisse im Automotive-Sektor aussehen können: Das ist die Antwort“, erklärte BMW-M-Chef Frank van Meel recht unkonkret in Lissabon. Man könne sich aber einiges vorstellen, versicherte Projektleiter Kuttner. So sei es möglich, mit dem System ein virtuelles Fahrsicherheitstraining aufzusetzen. Oder man könne potenzielle Kunden ihr Fahrzeug in beliebigen, projizierten Umgebungen ausprobieren lassen. „Auf jeden Fall sind wir nun auch beim Metaverse dabei“, schmunzelte der Ingenieur. (hob@ct.de) 

*Hinweis: BMW hat die Reisekosten des Autors zum Websummit übernommen.*



**Der Fahrer des realen Autos sieht im Headset ausschließlich den virtuellen Parcours, inklusive des in Echtzeit gerenderten Cockpits.**



## KI schlägt MP3

**Mit künstlicher Intelligenz komprimiert ein Codec von Meta AI Musikstücke zehnmals dichter als der MP3-Standard. Trotzdem sollen Encoder und Decoder auf einer CPU in Echtzeit laufen.**

Das Entwicklerteam von Meta AI hat die Musikkompression „EnCodec“ vorgestellt. Dabei handelt es sich um ein verlustbehaftetes KI-Kompressionsverfahren, das die Audiodaten mithilfe eines neuronalen Netzwerks kodiert – und über ein quasi gespiegeltes Konstrukt dekodiert. Ein zusätzlicher Quantisierer legt die Kompressionsrate fest. Beide Netze sind darauf trainiert, wahrnehmbare Verluste zu minimieren. Damit die Netze dies lernen, steuern wahrnehmungsbezogene Verlustfaktoren, sogenannte Diskrimi-

natoren, die Trainingsphase. Diese Diskriminatoren haben die Entwickler mithilfe von Erkenntnissen aus der Psychoakustik gewichtet.

Ihnen zufolge kodieren und dekodieren bereits Single-Core-Prozessoren mit EnCodec in Echtzeit, und zwar in allen Qualitätseinstellungen. Insbesondere bei einer Bandbreite von 64 kbps stellen die Entwickler für ihren Codec gegenüber MP3 eine Verzehnfachung der Kompression fest, ohne einen höheren Qualitätsverlust. Für die Zukunft plant Meta AI, die KI-Kompressionstechnik auf Videos auszuweiten. Zudem könnten entsprechend optimierte Chips für Mobilgeräte die erforderliche Bandbreite für Kommunikation und Streaming in Zukunft deutlich senken.

(agr@ct.de)

**Das Meta-AI-System besteht aus Encoder und Decoder in Form neuronaler Netze. Während des Trainings lernt das Netz, vor allem die vom Menschen wahrnehmbaren Verluste zu minimieren.**

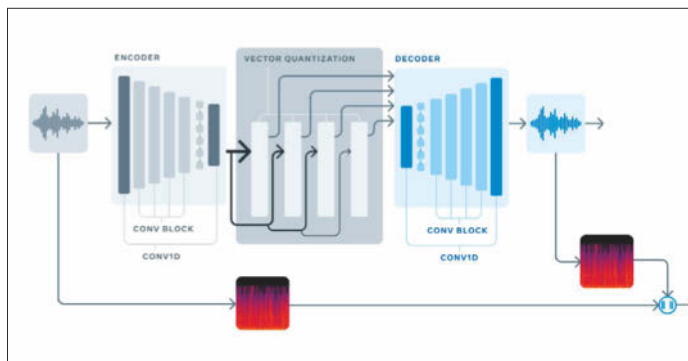


Bild: Meta AI

## Falkendrohne räumt das Flugfeld frei

Wissenschaftler um Charlotte Hemelrijk an der University of Groningen haben Wanderfalken nachgebaut und damit **Vogelschwärme von Feldern und Flugplätzen**

**zen vertrieben.** Ihr RobotFalcon besteht aus faserverstärktem Kunststoff und wird von zwei Propellern angetrieben. Er ähnelt in Form, Farbe und Größe einem echten Wanderfalken mit 70 Zentimeter Flügelspanne. Die Flügel sind starr.

Im Vergleich mit einem schwarzen Quadrocopter konnte RobotFalcon Schwärme von Krähen, Möwen, Staren oder Kiebitzen viel schneller von einem Feld verscheuchen. Er brauchte in der Regel 70 Sekunden; die Drohne musste hingegen 100 Sekunden lang anfliegen. Bei der Drohne setzten sich immer wieder Vögel auf dem Boden ab, beim RobotFalcon wagten sie das nicht. Schließlich blieben sie nach Sichtung des künstlichen Falken bis zu vier Stunden fort, auch das ein einsamer Rekord bei den Versuchen der Forscher.

(agr@ct.de)

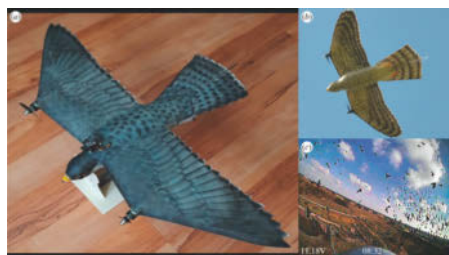


Bild: Uni Groningen

**Mit der Silhouette eines Wanderfalken verjagt RobotFalcon Vögel schneller und nachhaltiger als eine simple Drohne. Bilder der Kamera am Falkenkopf zeigen den Aufruhr der aufgeschreckten Schwärme.**

## Stellt Dein Sofa mitten ins Stadion

Testsieger\*  
nuBoxx AS-225 max

\*z.B. Stiftung Warentest 11/2022 Soundplates (eintellig) GUT (2,3)



**Stadion- und Konzertfeeling pur**  
180W-Soundbar mit Wide Sound-Funktion

- Spitzenklang für TV/Film, Gaming und HiFi-Musikgenuss gleichermaßen
- Aktivlautsprecher mit HDMI eARC und CEC, direkte Steuerung per TV-Fernbedienung
- Bluetooth mit aptX HD für bestes Streaming von verschiedenen Quellen

nuBoxx AS-225 max: Aktives Soundsystem für TV, Musik und Multimedia. 60 cm Breite. Weiß oder Schwarz. Magnetische Stoffblende. 498,- € inklusive 19% MwSt. zzgl. Versand

**Nur direkt + günstig  
vom Hersteller nubert.de**

Nubert electronic GmbH, Nubertstr. 1, D-73529 Schwäbisch Gmünd,  
30 Tage Rückgaberecht · Webshop [www.nubert.de](http://www.nubert.de) · Vorführstudios in  
Schwäb. Gmünd, Duisburg · Expertenberatung +49 (0) 7171 8712-0

**nubert**<sup>®</sup>  
EHRliche LAUTSPRECHER



# Notfallkommunikation 2.0

**Die netzunabhängige Messenger-Firmware Meshtastic feiert das 2.0-Release. Mit dabei sind einige Neuheiten und viele Verbesserungen.**

Wie wichtig netzunabhängige Kommunikationswege sind, musste Deutschland im Sommer 2021 schmerzlich lernen, als die Fluten innerhalb weniger Stunden Mobilfunk- und Festnetze lahmlegten. Die quell-offene Gratis-Firmware Meshtastic macht Smartphones und weitere Hardware fit für die Katastrophenkommunikation. Sie benötigt lediglich Bastelboards mit 868-MHz-LoRa-Modem (von „Long Range“, Modulationstechnik), um ein selbstorganisierendes Meshnetz für Textkommunikation und Telemetrie aufzubauen. Im Beta-Test (c't 13/2022, S. 114) zeigte Meshtastic bereits, dass es seinen Zweck erfüllt und auf dem richtigen Weg ist.

Seit dem 1. November steht Version 2.0 zum Download bereit, zwar noch immer als Beta eingestuft, aber mit einer ganzen Reihe an Neuerungen: Die Entwickler haben die LoRa-Einstellungen überarbeitet, sodass Nachrichten nun deutlich flotter durchs Netz gehen. Ein neuer Mesh-Algorithmus soll es zudem robuster machen und schlauere Routing-Entscheidungen treffen. Meshtastic-Geräte

können jetzt bis zu 80 Mesh-Nodes anzeigen; zuvor waren es 32.

Externe Tastaturen und Drehgeber, um Nachrichten auch ohne Smartphone senden zu können, werden nun besser unterstützt. Meshtastic überträgt zudem beliebige weitere Daten: Außer Bosch's BME/P-280 und BME-680 liest die Firmware jetzt auch die Strom- und Spannungssensoren INA219 und INA260 von Texas Instruments sowie den Temperatur- und Luftfeuchtesensor SHTC3 von Sensirion aus.

Bei der Mikrocontrollerunterstützung hat sich ebenfalls etwas getan: Meshtastic läuft nun auf dem ESP32S3, der gegenüber der Ursprungsvariante mehr Flash-Speicher, rund 100 KByte mehr RAM und 16 GPIOs mehr hat. Ferner sind die Boarddefinitionen für den Nano G1 und den Station G1 nun enthalten, zweier dedizierter ESP32-Geräte für den Meshtastic-Einsatz.

Wir haben Meshtastic 2.0 kurz mit einem Lilygo T-Echo angetestet. Alte Bugs wie Bluetooth-Probleme und Bootschleifen konnten wir dabei nicht mehr entdecken. Positiv fiel auch die lange Akkulaufzeit von rund einem Tag auf; die vorherige Version 1.3 hielt nicht einmal 10 Stunden.

Meshtastic 2.0 steht ab sofort zum Download bereit: [ct.de/yme8](https://ct.de/yme8). ([amo@ct.de](mailto:amo@ct.de))

**Download:** [ct.de/yme8](https://ct.de/yme8)



Geräte mit Espressif ESP32 (WLAN-Mikrocontroller) und Nordic Semiconductor nRF52 (Bluetooth-Mikrocontroller) sowie LoRa-Modem werden mit Meshtastic zu Notfall-Kommunikatoren, die nicht auf bestehende Infrastruktur angewiesen sind.

## WireGuard auf Fritzbox 4060

Ende Oktober hat AVM die erste Beta-Version (Labor) des Routerbetriebssystems **FritzOS 7.50 für den WLAN-Router Fritzbox 4060** bereitgestellt. Schon mit dem Vorgänger überraschte die 4060 (Test in c't 5/2022, S. 74) dank ihres modernen System-on-Chip IPQ8074 mit hohem VPN-Durchsatz (bis zu 745 Mbit/s). Mit der Labor-Firmware 7.39-100991 kam die moderne VPN-Variante WireGuard hinzu.

Das Fritz-VPN mit IPsec kam unter dieser Firmware auf rund 550 Mbit/s (Road Warrior-Szenario, Internet ins LAN, PPPoE). Mit WireGuard maßen wir knapp 900 Mbit/s, also rund 60 Prozent mehr Durchsatz. Die zusätzliche Verschlüsselung trieb dabei die Leistungsaufnahme des Routers nur um 0,4 Watt (IPsec) beziehungsweise 0,7 Watt (WireGuard) hoch. Weitere Neuheiten in FritzOS 7.50 haben wir in Ausgabe 23/2022 ab Seite 62 geschildert. ([ea@ct.de](mailto:ea@ct.de))

## Kurz & knapp

Der Chiphersteller MaxLinear hat Ende Oktober seinen ersten **Wi-Fi-7-Chip-satz angekündigt**: Die für WLAN-Basen vorgesehenen Bausteine MxL31708 (zwei Funkbänder simultan) und MxL31712 (drei Bänder) arbeiten nach einem IEEE-Standardentwurf pro Frequenzbereich mit vier MIMO-Streams. Dank der gegenüber Wi-Fi 6 auf 320 MHz verdoppelten maximalen Signalbreite und der nochmals feiner abgestuften Modulation (4096QAM statt 1024QAM) soll der 31712 über alle Bänder summiert 18,6 Gbit/s brutto erreichen. Erste Wi-Fi-7-Geräte dürften schon 2023 erscheinen, obwohl der IEEE-Standard 802.11be laut aktueller Planung frühestens im Mai 2024 ratifiziert wird.

Sparklan hat mit dem WNFK-269AX(BT) sein erstes **Wi-Fi-6E-Funkmodul für Embedded-Systeme** aufgelegt. Das Modul im M.2-2230-Format baut auf den Chip WCN6856 aus Qualcomms FastConnect-6700-Reihe. Bislang gibt es dafür nur einen Windows-Treiber, die Linux-Fassung ist in Arbeit. Das Modul funkt mit zwei MIMO-Streams im 2,4-, 5- oder 6-GHz-Band. Ferner ist eine Bluetooth-5.2-Schnittstelle an Bord. Als WPEQ-269AX(BT) bietet Sparklan eine Half-Size-Mini-PCIe-Variante an.

Unter dem Namen LevelOne WAP-8131 vertreibt die Dortmunder Digital Data Communications GmbH einen **Wi-Fi-6-Access-Point für Firmen** im Rauchmelder-Design, der unter 200 Euro zu haben ist. Die übers LAN-Kabel mit Energie (PoE, IEEE 802.3af) versorgbare WLAN-Basis überträgt mit zwei MIMO-Streams auf 2,4 und 5 GHz jeweils maximal 600 und 1200 Mbit/s brutto. Sie soll je Band bis zu acht virtuelle Netze aufspannen können (Multi-SSID mit VLAN-Tagging) und optional als Router arbeiten, der über ein externes Modem die Internetverbindung per PPPoE herstellt. Auffällig aber: Laut Handbuch fehlt dem WAP-8131 die in Firmen oft genutzte individuelle Nutzerauthentifizierung (WPA2/3-Enterprise).

# Apple fit für DE-Alert

**Die Einführung von Katastrophenwarnungen per Cell Broadcast in Deutschland nimmt Fahrt auf. Apple verteilt Netzbetreiberprofile, die den Dienst auf iPhones automatisch aktivieren.**

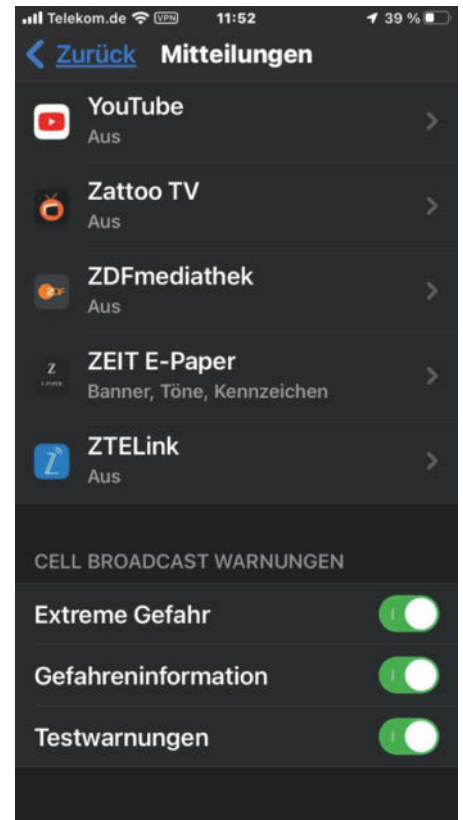
Am 8. Februar 2023 soll es so weit sein: Am nächsten großen deutschlandweiten Warntag soll zum ersten Mal das DE-Alert getaufte Cell-Broadcast-System einen Alarm an alle Mobilfunknutzer verschicken. Anders als zuvor ist dann keine separate App wie NINA oder KATWARN erforderlich, um behördliche Warnmeldungen zu empfangen.

Damit das klappt, müssen die Mobilfunkgeräte jedoch auf die Cell-Broadcast-IDs reagieren, sonst bleibt der Alarm aus. Seit Kurzem verteilt Apple diese auch in Deutschland auf Geräte mit Mobilfunkanbindung. Der Dienst läuft also nicht nur auf

iPhones, sondern auch auf Watches und iPads mit Modem. Davon profitieren auch in Deutschland roamende Gäste mit SIM-Karten aus der ganzen Welt – sofern man ins Netz eingebucht ist, erhält man Cell-Broadcast-Mitteilungen.

Die Netzbetreibereinstellungen enthalten die verwendeten Cell-Broadcast-IDs und deren jeweilige Kategorie. Nutzer können drei Nachrichtenkategorien in iOS aktivieren: „Extreme Gefahr“, also schwere drohende Katastrophen, „Gefahreninformationen“, beispielsweise Brände mit starker Rauchentwicklung oder Unwetter, sowie „Testmitteilungen“, um Probealarme zu erhalten.

Cell Broadcast wird von allen in Europa üblichen Mobilfunkstandards seit GSM unterstützt und ist in vielen anderen Ländern bereits lange in Gebrauch. Nachrichten können bis zu 1395 Zeichen lang sein und netzweit oder regional beschränkt – beispielsweise nur über eine einzige Mobilfunkzelle – an Mobiltelefone zugestellt werden. Da CB-Nachrichten nicht individuell, sondern an alle Geräte in einer Zelle gleichzeitig zugestellt werden, belastet Cell Broadcast ein Mobilfunknetz wesentlich weniger als Warn-SMS oder Apps; per Cell Broadcast kann innerhalb weniger Sekunden der Großteil der Bevölkerung informiert werden, ohne die Infrastruktur zu überlasten. (amo@ct.de)



Spielt Apple Cell-Broadcast-Einstellungen aus, blendet iOS in den Mitteilungseinstellungen zusätzliche Bedienelemente ein. Das klappt auch bei roamenden Gästen, wie dieses iPhone mit serbischer SIM im Telekom-Netz beweist.

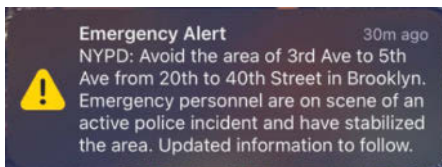


Bild: Stephanie Brown

In vielen anderen Ländern – wie hier in den USA – ist Cell Broadcast seit Jahren integraler Bestandteil der Warninfrastruktur.

**WIBU**  
SYSTEMS

## Das CodeMeter-Universum: Eine Konstellation von Schutz-, Lizenzierungs- und Sicherheitstools

Cybersicherheit erfordert Robustheit, Skalierbarkeit, Modularität und Effizienz in ständiger Feinabstimmung.

Das CodeMeter-Ökosystem schützt und monetarisiert die Maschinensoftware, Konfigurationsdaten und digitale Designs in der vernetzten Industrie.

Greifen Sie nach den Sternen und verlangen Sie Spitzenqualität!



Starten Sie jetzt und fordern Sie Ihr CodeMeter SDK an [wibu.de/sdk](http://wibu.de/sdk)



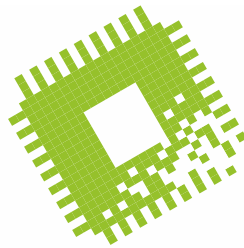
+49 721 931720  
sales@wibu.com  
www.wibu.com



SECURITY  
LICENSING  
PERFECTION IN PROTECTION



# Bit-Rauschen



## AMD legt nach, Intel entlässt und ARM verändert sich

**Mit dem superstarken Epyc 9004 setzt AMD Intel noch stärker unter Druck. Der Intel-Chef kündigt Entlassungen an. ARM streitet sich mit seinem Kunden Qualcomm und will das Lizenzmodell wohl erheblich verändern.**

Von Christof Windeck

Die 96 Kerne des AMD Epyc 9004 stampfen die Konkurrenz in Grund und Boden, siehe Seite 102. Dazu bringt dieser Serverprozessor codenamens „Genoa“ Neuerungen wie PCI Express 5.0 und CXL-RAM, mit denen eigentlich Intels Xeon SP Gen4 alias „Sapphire Rapids“ glänzen sollte. Wenn letzterer im Januar 2023 dann tatsächlich kommt, wird es sehr spannend, in welchen Benchmarks er sich mit seinen 56 Kernen vor den Epyc 9004 kämpft.

Zur Supercomputer-Konferenz SC22 Mitte November kann Intel wieder nur ein paar neue Namen wie Xeon Max für Sapphire-Rapids-Typen mit zusätzlichem High Bandwidth Memory (HBM) verkünden. Und der mit Intel-Technik bestückte 2-Exaflops-Rechner Aurora wird auf der 60. Top500-Liste im November auch nicht auftauchen. Stattdessen hofft Intel nun auf Juni 2023.

Weil die Xeons so schwach sind, bleiben die älteren Epycs konkurrenzfähig und AMD liefert sie weiter aus. So gesehen liegt der neue Epyc schon zwei Runden vor den Xeons. Folgerichtig brach die operative Rendite der Intel-Serversparte „Datacenter and AI Group“ (DCAI) im dritten Quartal 2022 auf 0 Prozent ein. Intel-Chef Pat Gelsinger stimmte die Intel-Belegschaft schon mal auf Entlassungen ein. Intel will 2023 mindestens 3 Mil-

liarden US-Dollar einsparen, im Jahr 2025 sollen es 8 Milliarden US-Dollar sein. Gelsinger betonte jedoch, der Aufbau der neuen Fabs in Ohio und Magdeburg habe hohe Priorität. Die Gebäude sollen so schnell wie möglich gebaut werden, aber die teuren Produktionsanlagen könne man etwas langsamer als bisher geplant beschaffen, falls die Nachfrage nicht so schnell wieder anzieht. Bis dahin ist noch Zeit: Die Fab in Ohio soll ab 2025 in Serie produzieren, die in Magdeburg erst ab 2027.

Trotz starker Produkte wurde im dritten Quartal auch AMD vom Abschwung voll erwischt und erzielte nur noch 66 Millionen US-Dollar Gewinn, 93 Prozent weniger als im Jahr zuvor. Das liegt teilweise an den Folgekosten der Xilinx-Übernahme. Doch auch die schnellen, aber teuren AMD Ryzen 7000 verkaufen sich schlechter als erhofft. Die Preise älterer Ryzen-Prozessoren hat AMD hingegen deutlich gesenkt, siehe Seite 47. Bei der Präsentation der Quartalszahlen am 1. November hatte AMD-Chefin Lisa Su noch etwas spitz angemerkt, man wolle Intels „sehr aggressiver Preisgestaltung bewusst nicht folgen“. Den Grafikchip-Erzkonkurrenten Nvidia hingegen will AMD selbst unterbieten: Gerade noch rechtzeitig vor Weihnachten soll die Radeon RX 7900 XTX gegen die GeForce RTX 4080 antreten



**Der RISC-V-Rechenkern SiFive Performance P670 soll mit einem ARM Cortex-A78 mithalten. In einem System-on-Chip (SoC) rechnen bis zu 16 P670 gemeinsam.**

und rund 250 Euro billiger werden, siehe Seite 48.

### ARM-Umwälzungen

Die japanisch-britische Entwicklerfirma ARM liefert sich einen erbitterten Gerichtsstreit mit ihrem wichtigen Kunden Qualcomm. Zu Beginn der Auseinandersetzung im Spätsommer dachte man noch, es handele sich um einen der typischen Spielzüge im Geschacher um Lizenzgebühren, zu denen auch juristische Geplänkel zählen. Doch vom zuständigen Gericht in Delaware veröffentlichte Dokumente, die Qualcomm eingereicht hat, deuten auf weitreichende Konflikte hin. Demnach plant ARM, sein Lizenzmodell zumindest für Smartphone-Chips grundsätzlich zu ändern.

ARM und Qualcomm haben eigentlich ein gemeinsames Problem: Der schrumpfende Smartphone-Markt wirft auf Dauer zu wenig Geld ab, um die teure SoC-Entwicklung zu finanzieren. Nun plant ARM offenbar, in Zukunft nicht nur bei den Entwicklern von ARM-Chips – in diesem Fall Qualcomm – zu kassieren, sondern zusätzlich bei deren Kunden, also bei Smartphone-Herstellern wie Samsung, Realme und Oppo. Obendrein drängt ARM darauf, dass Chipentwickler ARM-Prozessorkerne ausschließlich mit Grafikernen und KI-Beschleunigern von ARM kombinieren und nicht mit Funktionsblöcken anderer Zulieferer.

Damit spuckt ARM in die Qualcomm-Suppe, denn Qualcomm hat 2021 die Startup-Firma Nuvia gekauft, um spätestens ab 2024 deutlich stärkere ARM-Chips für Windows-Notebooks verkaufen zu können. Die müssen sowohl gegen Apples M-Serie als auch gegen die x86-Konkurrenz von AMD und Intel anstinken können, um Qualcomm mehr Geld einzubringen als Smartphone-Chips. Laut Qualcomm will ARM die Lizenz der Firma Nuvia für ARM-Prozessorkerne aber nicht anerkennen und verlangt mehr Geld.

Wenn zwei sich streiten, freuen sich andere, in diesem Fall wohl AMD, Intel und die aufstrebenden RISC-V-Entwickler: SiFive hat mit dem Performance P670 gerade einen RISC-V-Kern angekündigt, der mit einem ARM Cortex-A78 mithalten soll. Doch für Windows-Notebooks taugt der wohl kaum, solange Microsoft nicht auch noch eine RISC-V-Version von Windows bringt.

(ciw@ct.de)

Podcast Bit-Rauschen: [ct.de/y887](https://ct.de/y887)



# Einplatinencomputer mit Intel-CPU

**Den günstigen Odroid-H3 mit Quad-Core-Celeron, bis zu 64 GByte RAM sowie SATA- und M.2-Anschlüssen kann man als PC, Server oder NAS nutzen.**

Die koreanische Firma Hardkernel bestückt die meisten Einplatinencomputer ihrer Produktfamilie „Odroid“ mit ARM-Prozessoren. Doch auf dem Odroid-H3 und der Variante H3+ rechnen Intel-CPU mit je vier x86-Kernen: auf dem H3 der Celeron N5105, auf dem H3+ der etwas schnellere Pentium Silver N6005. In Deutschland verkauft beispielsweise Antratek den Odroid-H3, dort kostet er 205 Euro und der H3+ 253 Euro.

Zu diesem Preis kommen in der Praxis noch ein Netzteil, ein oder zwei DDR4-SO-DIMMs sowie Massenspeicher hinzu. Der Odroid H3 hat zwei SATA-Buchsen und an der Unterseite eine Fassung für eine M.2-2280-SSD (PCIe 3.0 x4). Damit eignet er sich gut für kleine (Heim-)Server

oder NAS, die nur wenig CPU-Leistung benötigen. Dazu passend gibt es Gehäuse für je zwei Datenträger in den Bauformen 2,5 oder 3,5 Zoll mit Lüftern (je rund 30 Euro). Als Bootmedium ist auch ein eMMC-Modul möglich. Der Odroid-H3 hat auch zwei Netzwerkchips mit 2,5 Gbit/s, vier USB-A-Ports (2 × USB 2.0, 2 × USB 3.0 5 Gbit/s), je eine HDMI-2.0- und eine DisplayPort-1.2-Buchse sowie

Audio-Anschlüsse (2 × Klinke, 1 × TOS-Link).

Im Normalbetrieb soll der Odroid-H3 aufgrund des relativ großen Kühlkörpers auf dem Prozessor ohne Lüfter auskommen. Beim Einbau in enge Gehäuse sowie für den sogenannten „Unlimited Performance Mode“, der etwas mehr Dauerleistung bringt, empfiehlt Hardkernel jedoch einen Ventilator. (ciw@ct.de)

**Der Odroid-H3 von Hardkernel mit Celeron N5105 eignet sich mit seinen M.2- und SATA-Anschlüssen als NAS-Basis, aber auch als Mini-PC.**

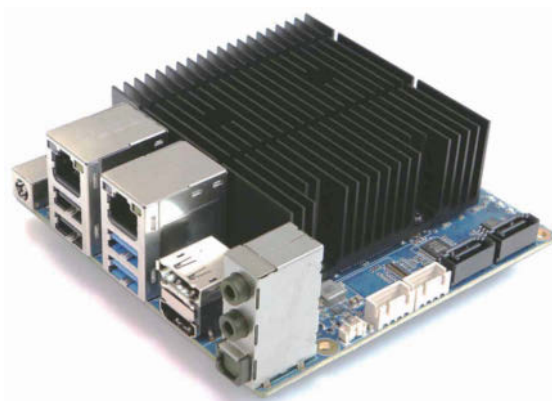


Bild: Hardkernel

## Mehr Futter für Ihre Festplatte



- Linux neben Windows installieren
- Linux-Zukunft mit dem Wechsel von X zu Wayland
- Private Dateien verschlüsseln

Heft für 14,90 €

[shop.heise.de/ct-linuxguide22](https://shop.heise.de/ct-linuxguide22)



- Das Raspi-Universum verstehen
- Mit Raspi-Projekten mehr Sicherheit
- GPIO-Pins mit Python programmieren
- Raspi hilft bei der Unterhaltung

Heft für 14,90 €

[shop.heise.de/ct-raspi22](https://shop.heise.de/ct-raspi22)



- Mit Leitfaden Konten optimal absichern
- Sicher mit Android
- Einen eigenen Messengerdienst für Privatleute und Unternehmen

Heft für 14,90 €

[shop.heise.de/ct-netzsicherheit22](https://shop.heise.de/ct-netzsicherheit22)

# 96-GByte- und CXL-Speichermodule für Server

**SK Hynix baut DDR5-Speichermodule mit ungewöhnlicher Kapazität. Für moderne CXL-fähige Server stellen SK Hynix und Samsung CXL-DIMMs bereit.**

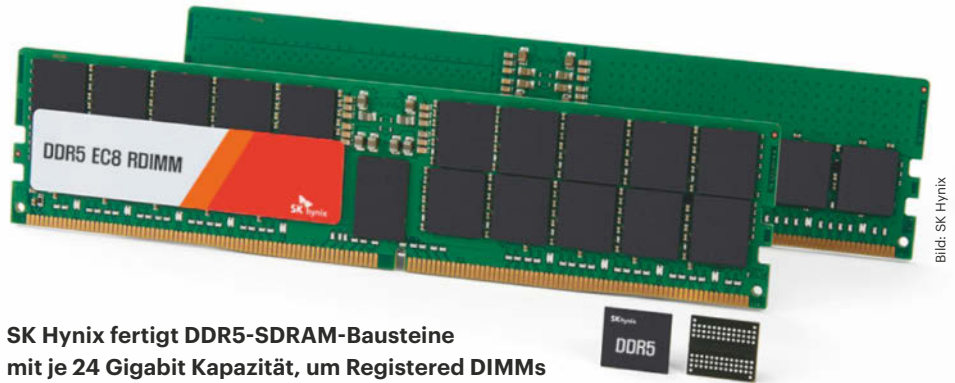
Während DDR4-SDRAM-Chips maximal 16 Gigabit (2 GByte) Daten speichern, werden in der Generation DDR5 auch 32-GBit-Chips (4 GByte) erwartet. Doch SK Hynix fertigt erst einmal die „Zwischengröße“ mit 24 GBit (3 GByte). Daran baut der Hersteller Registered DIMMs (RDIMMs) für Server mit 96 GByte Kapazität, eine bisher unübliche Kapazitätsstufe zwischen 64 und 128 GByte. Doch während für ein 128-GByte-DDR5-RDIMM mit ECC 80 SDRAM-Dies nötig sind, kommen die 96-GByte-DIMMs ebenso wie die 64-GByte-Module mit 40 Dies beziehungsweise Chips aus und sind daher billiger. Auch 48-GByte-RDIMMs

sind geplant, einen Zeitpunkt für den Produktionsstart hat SK Hynix noch nicht genannt.

SK Hynix und Samsung haben außerdem Speichermodule mit der neuen Schnittstelle Compute Express Link (CXL) angekündigt, die auf PCIe 5.0 aufsetzt. Die CXL-DIMMs haben bis zu 512 GByte

Kapazität, sind mit DDR5-SDRAM bestückt und übertragen über acht PCIe-5.0-Lanes bis zu 32 GByte/s. Damit lassen sich CXL-taugliche Server wie solche mit dem AMD Epyc 9004 (siehe S. 102) erweitern, um Kapazität und Transfer rate des Arbeitsspeichers zu steigern.

(ciw@ct.de)



SK Hynix fertigt DDR5-SDRAM-Bausteine mit je 24 Gigabit Kapazität, um Registered DIMMs mit 48 oder 96 GByte zu bestücken.

Bild: SK Hynix

## Energiesparvorgaben für Rechenzentren

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) plant **ein Gesetz, das ab 2024 den Aufbau und Betrieb von Rechenzentren ökologischer machen soll**. Anfang Oktober wurde ein Referentenentwurf bekannt, der unter anderem Mindestwerte für die Energieeffizienz setzt, die Nutzung regenerativer Energie zwingend vorschreibt und verlangt, dass die Abwärme der Server anderen Firmen zur Nutzung angeboten wird.



**Rechenzentren in Deutschland sollen künftig mehr Ökostrom nutzen und ihre Abwärme zur Nachnutzung weitergeben.**

Der IT-Branchenverband Bitkom kritisiert den Gesetzentwurf und befürchtet, dass die aufwendigen Regeln zur Abwanderung von Rechenzentren aus Deutschland führen könnten sowie letztlich sogar zu einem höheren CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Die Sustainable Digital Infrastructure Alliance (SDIA) hingegen begrüßt schärfere Vorgaben für umweltfreundlichere Richtlinien.

Laut dem Referentenentwurf sollen Betreiber von Rechenzentren ihre Kunden schon ab 2023 darüber informieren, welchen Anteil die Energiekosten an den Gesamtkosten haben, um einen Anreiz zum Energiesparen zu geben. Ab 2024 neu gebaute Rechenzentren wiederum sollen Kühlluft nicht weiter abkühlen als auf 24 Grad Celsius, ab 2028 gilt eine Untergrenze von 27 Grad. Damit lassen sich bestimmte High-End-Server heutiger Bauart nicht mehr betreiben, weil sie für niedrigere Temperaturen ausgelegt sind. Ab 2025 müssen mindestens 30 Prozent der Abwärme weiterverwendet werden. Laut Bitkom fehlen bisher jedoch Abnehmer dafür, unter anderem weil es zu wenige Fernwärmenetze gibt. (ciw@ct.de)

## Kurz & knapp

**20 TByte speichert die Serverfestplatte MG10ACA20TE** von Toshiba mit konventioneller CMR-Aufzeichnung auf zehn Magnetscheiben und SATA- oder SAS-Interface. Sie rotiert mit 7200 Umdrehungen pro Minute und erreicht in den Außenzonen maximal 281 MByte/s. Toshiba spezifiziert eine maximale jährliche Belastung von 550 TByte.

Derweil gibt es Berichte über einen möglichen **Eigentümerwechsel bei Toshiba**. Ein japanisches Konsortium um die Beteiligungsgesellschaft Japan Industrial Partners soll dafür eine Summe von mehr als 16 Milliarden US-Dollar aufbringen wollen.

Der weltgrößte Festplattenhersteller **Seagate plant die Entlassung von 3000 Menschen**. Im dritten Quartal 2022 musste das Unternehmen durch deutlich gesunkene Verkäufe einen Gewinneinbruch von 89 Prozent hinnehmen; im Vergleich zum Vorjahresquartal sank der Gewinn sogar um 94 Prozent.



# Preisrutsch bei Ryzen 4000 und 5000: Sechskerner für unter 80 Euro

**AMD hat die Preise der AM4-Prozessoren nochmals deutlich gesenkt. Im Vergleich zum Frühjahr kosten viele Ryzen-CPU's 30 Prozent weniger.**

Ende Oktober haben viele Onlinehändler die Preise für Prozessoren der Serien 4000 und 5000 reduziert. Spitzenreiter ist der Ryzen 5 4500 mit sechs Zen-2-Kernen, dessen Preis innerhalb von drei Wochen von 99 auf 77 Euro um über 20 Prozent fiel. Ebenfalls im zweistelligen Prozentbereich verbilligten sich Ryzen 3 4100, Ryzen 5 4600G, Ryzen 5 5600X, Ryzen 7 5700G und der besonders fürs Gaming geeignete Ryzen 7 5800X3D.

Über die vergangenen sechs Monate fielen die Preise trotz schlechterem Euro-Dollar-Kurs noch stärker. Vor einem halben Jahr verlangten die Händler für den Ryzen 5 4500 mit 140 Euro fast das Doppelte als Anfang November. Die meisten Ryzen 4000 und 5000 kosten 30 Prozent weniger als im Mai. Unverändert teuer blieben hingegen die High-End-CPU's Ryzen 9 5900X mit 12 und Ryzen 9 5950X mit 16 Kernen.

Über die Ursachen der großen Preisnachlässe bei AM4-Prozessoren lässt sich nur spekulieren. Seit Ausbruch des Ukraine-Kriegs ist der PC-Absatz in Europa um rund ein Viertel eingebrochen. Unter anderem wegen der gestiegenen Energiekosten verschieben Firmen und Privatkunden Neuanschaffungen. Vermutlich sitzt AMD deshalb auf vollen Lagern und will diese schnellstmöglich leeren, um Platz für die kürzlich vorgestellten Ryzen 7000 zu schaffen.

Allerdings führen die Preissenkungen dazu, dass die neue AM5-Plattform un-

attraktiv erscheint. So kostet der Sechskerner Ryzen 5 7600X 340 Euro und damit fast das Doppelte des Ryzen 5 5600X (184 Euro). Zudem erfordern die Ryzen 7000 zwingend DDR5-RAM, der rund 50 Prozent teurer ist als DDR4-RAM für die vorherigen Prozessor-Generationen. Zu guter Letzt muss man für ein AM5-Mainboard mit dem Einstiegs-Chipsatz B650 mindestens 200 Euro ausgeben, während es B550-Boards schon ab 80 Euro gibt. Deshalb verkaufen sich die Ryzen 7000 nach Berichten von Einzelhändlern nur schleppend. (chh@ct.de)

**Der Ryzen 7 5800X3D eignet sich wegen des großen Level-3-Caches ideal für Gaming-PCs. Inzwischen gibt es ihn für deutlich unter 400 Euro.**

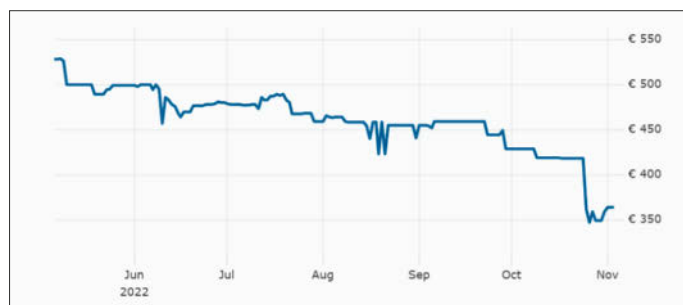


Bild: Geizhals Preisvergleich

## Quelloffener RAM-Tester

Nach mehreren Jahren Pause haben die Entwickler Martin Whitaker und Sam Demeulemeester Version 6.00 des **Speichertestprogramms Memtest86+** zum Download bereitgestellt. Sie haben das Open-Source-Tool komplett überarbeitet und es bootet sowohl im 32-Bit- und 64-Bit-UEFI- als auch im CSM-Modus vom USB-Stick. Secure Boot muss aller-

dings im BIOS-Setup abgeschaltet sein. Das Testprogramm stellt sehr geringe Anforderungen an die Hardware und belegt lediglich 440 KByte.

Memtest86+ in Version 6.00 erkennt nun die Speicherprofile von DDR4- und DDR5-RAM sowie von Overclocking-DIMMs mit XMP 3.0. Es unterstützt alle Ryzen-Prozessoren (Zen 1, 2, 3, 4) und aktuelle Intel-CPU's bis zur 13. Core-i-Generation sowie maximal 256 Prozessorkerne. Während der Tests zeigt Memtest86+ unter anderem die CPU-Temperatur an. Dabei untersucht es den kompletten Arbeitsspeicher mit zehn verschiedenen Datenmustern. Damit lassen sich defekte DIMMs erkennen oder übertaktete Systeme auf Stabilität prüfen. Außer dem Quellcode stellen die Entwickler einen komfortablen Installer für Windows sowie ISO-Images für Linux-Distributionen bereit.

(chh@ct.de)

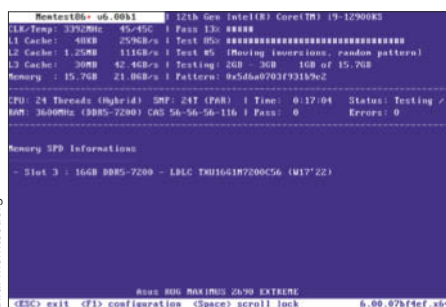


Bild: memtest.org

**Die aktuelle Version 6.00 des Memtest86+ kommt auch mit schnellem DDR5-7200 zurecht.**

**Download Memtest86+: [ct.de/ygpk](https://ct.de/ygpk)**

## Kurz & knapp

Arctic hat die **Wärmeleitpaste MX-6** vorgestellt. Erhältlich ist sie in drei Spritzengrößen mit zwei, vier und acht Gramm für 12, 14 beziehungsweise 18 Euro. Den Vorgänger MX-5 nahm der Hersteller nach wenigen Monaten vom Markt, weil sich die Suspension in Flüssigkeit und Feststoff entmischen kann. Dadurch verschlechtert sich der Wärmeübergang zwischen Kühler und Prozessor (siehe c't 4/2022, S. 43).

Nvidia hat **einen Hotfix-Treiber für GeForce-Grafikkarten** mit der Versionsnummer 526.61 veröffentlicht. Dieser behebt einen Bug beim vorherigen Treiber 526.47, dessentwegen die GPU nach dem Ende der 3D-Last nicht mehr aus dem höchsten Leistungszustand in sparsamere Modi wechselt, sodass die Grafikkarte unnötig viel Energie verbraucht.

**Download Hotfix-Treiber: [ct.de/ygpk](https://ct.de/ygpk)**



# Grafik mit Chiplets

## AMDs Radeon RX 7900 XT und XTX mit modernster Technik



Bild: AMD

**AMD schickt seine neuen Grafikkarten Radeon RX 7900 XT und XTX ab 13. Dezember gegen Nvidias GeForce RTX 4080 in den Ring. Mithilfe ihrer Chiplet-Technik soll die Radeon die GeForce preislich deutlich unter- und leistungsmäßig überbieten.**

Von Carsten Spille

Mit mehr als 2,5 GHz Takt und separaten Chiplets für den Grafikchip einerseits sowie Speichercontroller plus Cache andererseits soll die neue AMD-Grafikgeneration einen großen Leistungssprung hinlegen. Spätestens seit dem Marktstart von Nvidias GeForce RTX 4090 ist klar, dass das auch nötig ist, damit AMD nicht den Anschluss verliert.

Unabhängig ermittelte Leistungswerte gibt es bislang nicht, die vorhandenen Benchmarks stammen von AMD direkt und beziehen sich auf die stärkere Radeon RX 7900 XTX. Rechnerisch sollte die XT rund 15 Prozent hinter der XTX liegen. Ausgehend von den veröffentlichten Werten balgen sich beide Karten mit und um die GeForce RTX 4080 herum: Die Radeon RX 7900 XTX dürfte zumeist etwas schneller sein, die XT eventuell etwas lang-

samer. Mit Raytracing sollte die GeForce-Karte im Vergleich mit den neuen Radeons besser abschneiden als ohne.

Die beiden Radeon-Karten sollen 999 respektive 899 US-Dollar zuzüglich Steuern kosten, was bei derzeitigem Wechselkurs mindestens 1210 und 1090 Euro ergeben dürfte. Dafür gibt es außer viel 3D-Leistung speziell für Spiele in hohen Auflösungen auch reichlich Grafikspeicher: AMD stattet die RX 7900 XTX mit 24, die XT mit 20 GByte GDDR6-Speicher großzügig und für Spiele auch in höchster Auflösung genügend aus. Sie kommen als Referenzdesign mit 2,5 Slot dicken Kühlern aus und sind maximal knapp 29 Zentimeter lang. Ihre Stromversorgung übernehmen zwei normale 8-Pol-Stecker vom Netzteil. Die Karten binden vier hochauflösende Displays über HDMI 2.1 und DisplayPort 2.1 an, wovon ein Anschluss als USB-Typ-C-Buchse ausgeführt ist. Dank DP 2.1 mit 13,5 Gbit/s pro Lane (Ultra High Bit Rate, UHBR 13.5) schaffen sie deutlich höhere Refreshraten als DP 1.4a und sollen auch 8K-Bildschirme mit bis zu 165 Hertz ansteuern. Ihre Encoding-Engines können Videos in das platzsparende und lizenzfreie AV1-Format umwandeln, was vor allem Streamer freuen dürfte.

Bei der Radeon RX 7900 XT und XTX verwendet AMD zwei verschiedene Arten von Chiplets: das im modernen, teuren 5-Nanometer-Verfahren gefertigte Gra-

phics Compute Die (GCD) und die bis zu sechs Memory Cache Dies (MCDs), die AMD in älterer, aber günstigerer 6-Nanometer-Fertigung herstellen lässt. Die MCD-Strukturen würden mit dem Wechsel auf TSMC N5 kaum schrumpfen.

### Komplexe Technik

Jedes MCD ist über einen schnellen Datenpfad mit dem GDC verbunden und enthält außer dem Speichercontroller jeweils ein 16 MByte großes Stück des Infinity-Cache, der gegenüber dem des Vorgängers somit um 32 auf 96 MByte, respektive 80 MByte bei der XT, schrumpft. Der Infinity-Cache soll Zugriffe auf den Speicher abfangen. Doch letzterer ist bei der RX 7900 XTX im Vergleich zur 6950 XT sowieso um 67 Prozent flotter und 50 Prozent größer.

Die beiden Radeon-RX-7900-Modelle übertreffen ihre Vorgänger der RX-6900-Reihe bei der Rechenleistung deutlich und spucken im Falle der XTX-Variante bis zu 61,6 Billionen einfache genaue Gleitkommaoperationen pro Sekunde (FP32-TFlops) aus. Das ist rund 2,6-mal (+160 Prozent) so viel wie bei der Radeon RX 6950 XT und immer noch 26 Prozent mehr als bei Nvidias GeForce RTX 4080. Ein Teil der Mehrleistung kommt durch den höheren Boosttakt zustande, ein anderer durch die 96 statt zuvor 80 Compute Units. Den Großteil bringt allerdings durch eine Umstellung der FP32-Rechenwerke, die

## Radeon RX 7900 XTX und XT: Technische Daten

Grafikkarte	Radeon RX 7900 XTX	Radeon RX 7900 XT	Radeon RX 6950 XT	RTX 4080 (16GB)	RTX 4090	RTX 3090 Ti
Grafikchip / Fertigung	Navi 31 / TSMC N5 (GCD), 6N (MCD)	Navi 31 / TSMC N5 (GCD), 6N (MCD)	Navi 21 / TSMC N7	AD103 / TSMC N4	AD102 / TSMC N4	GA102 / Samsung 8N
Shader-Gruppen / -Rechenkerne	96 / 6144	84 / 5376	80 / 5120	76 / 9728	128 / 16.384	84 / 10.752
Basis- / Game- / max. Boosttakt	1,9 / 2,2 / 2,505 GHz	1,5 / 2,0 / 2,4 GHz	1,93 / 2,1 / 2,32 GHz	2,21 / n. v. / 2,51 GHz	2,23 / n. v. / 2,52 GHz	1,56 / n. v. / 1,86 GHz
Textereinheiten / Rasterendstufen	384 / 192	336 / 192	320 / 128	304 / 112	512 / 176	336 / 112
Tensor- / Raytracingeinheiten	keine / 96	keine / 80	keine / 80	304 / 76	512 / 128	336 / 84
Rechenleistung (bei Boosttakt)	61,6 TFlops	51,6 TFlops	23,8 TFlops	48,8 TFlops	82,6 TFlops	40 TFlops
Last-Level-Cache	98.304 KByte (L3)	81.920 KByte (L3)	131.072 KByte (L3)	65.536 KByte (L2)	73.728 KByte (L2)	6.144 KByte (L2)
Grafikspeicher: Menge & Typ	24 GByte GDDR6X	20 GByte GDDR6X	16 GByte GDDR6	16 GByte GDDR6X	24 GByte GDDR6X	24 GByte GDDR6X
Grafikspeicher: Anbindung / Transferrate	384 Bit / 960 GByte/s	320 Bit / 800 GByte/s	256 Bit / 512 GByte/s	256 Bit / 717 GByte/s	384 Bit / 1008 GByte/s	384 Bit / 1008 GByte/s
Thermal Design Power	355 Watt	300 Watt	335 Watt	320 Watt	450 Watt	450 Watt
Preis (Straße / UVP)	noch nicht erhältlich / 999 US-\$ (zzgl. Steuern)	noch nicht erhältlich / 899 US-\$ (zzgl. Steuern)	900 € / 1099 €	noch nicht erhältlich / 1469 €	2200 € / 1949 €	1200 € / 1469 €

nun als VLIW2-Verbund arbeiten. Durch zweifach verkettete „Very Long Instruction Words“ können sie den Durchsatz verdoppeln, sofern der Treiber-Compiler genug Aufgaben findet, die sich parallelisieren lassen. Den gesteigerten Durchsatz gibt es in erster Linie für standardmäßige FP32-Berechnungen, ähnlich wie bei Nvidias GeForce RTX 3000.

Erstmals baut AMD auch Beschleuniger für Matrix-Multiplikationen mit reduzierter Genauigkeit ein, wie sie häufig für KI-Algorithmen genutzt werden. Mit den verbreitetsten Formaten FP16, BFloat16, INT8 und INT4 schleusen sie laut AMD Matrix-Multiplikationen mithilfe der Shader-Rechenwerke 2,8-mal so schnell durch die Compute Units wie zuvor.

### Schnelle Strahlen

Allerdings skalieren nicht alle Eckdaten gleichermaßen, denn AMD hat die Shader-Rechenkerne und die Rasterendstufen besonders stark ausgebaut. Die Texturleistung steigt dagegen maximal um 30 Prozent, das XT-Modell liegt sogar nur 9 Prozent vor der GeForce RTX 4080 liegt die RX 7900 XTX in den meisten Kenngrößen um 26 Prozent, die 7900 XT nur um 6 Prozent vorn. Nur die Leistung der Rasterendstufen liegt bei AMD wesentlich höher als auf der Nvidia-Karte. Da nicht alle Einheiten so deutlich zulegen wie die FP32-Rechenwerke, dürfte auch der kleinere Infinity-Cache in Verbindung mit der gestiegenen Speichertransferrate ausreichen, um das GCD adäquat zu versorgen, sodass Bandbreitenmangel kaum zu befürchten ist.

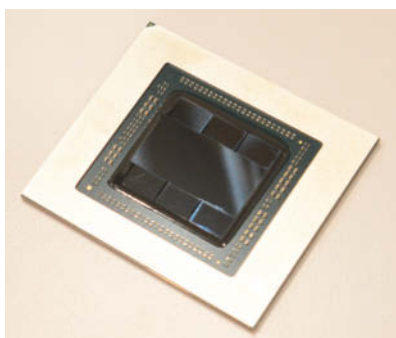
Beim Raytracing hat AMD pro Compute Unit keine zusätzlichen Einheiten im Vergleich zur 6950 XT eingebaut, kommt also maximal auf 96. Allerdings verstehen diese nun einige zusätzliche Befehle („DXR Flags“) und Abbruchbedingungen bei der Schnittpunktprüfung zwischen verfolgtem Strahl und der Geometrie der 3D-Welt. Das kann mehrere Dutzend Shader-Instruktionen einsparen, die dann wiederum für andere allgemeine Berechnungen zur Verfügung stehen. Wohl auch deshalb kommt AMD in seinen eigenen Benchmarks mit rund 30 Prozent mehr Raytracing-Rohleistung auf einen Leistungszuwachs von 50 bis 80 Prozent gegenüber dem Vorgänger. Das reicht vermutlich aber nicht, um in dieser Disziplin die GeForce RTX 4080 einzuholen.

### Fazit

Gerade in hohen Auflösungen und ohne Raytracing-Einsatz dürften die Radeon RX 7900 XT und XTX einen großen Sprung bei der Performance hinlegen. Für ein Duell mit der GeForce RTX 4090 reicht es eher nicht, aber die RTX 4080 muss um ihre Stellung als zweitschnellste Grafikkarte wohl bangen.

(csp@ct.de) **ct**

**Das Trägersubstrat auf den RX-7900-Karten vereint sieben Chips: mittig das große Graphics Compute Die, darum herum die bis zu sechs MCDs – die 7900 XT hat nur fünf MCDs und einen Dummy-Chip.**



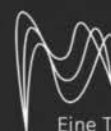
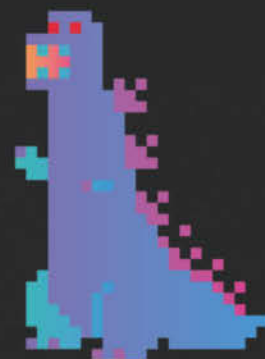
## From <Code> Lines to <Car> Lanes

Bei MBition entwickeln und integrieren wir die Zukunft der In-Car-Infotainment Systeme für die nächste Generation von Mercedes-Benz Fahrzeugen.

Als 100% Tochter der Mercedes-Benz Group AG und Treiber der digitalen Transformation, sind wir Teil des internationalen Mercedes-Benz Entwicklungsnetzwerkes im Bereich Software. Basierend auf dem Mercedes-Benz Operating System (MB.OS) bieten wir so Nutzern auf der ganzen Welt digitalen Luxus und ein nahtloses und vernetztes Mobilitätserlebnis.

Join the team!

[mbition.io/jobs](https://mbition.io/jobs)



MBITION

Eine Tochter der Mercedes-Benz Group AG

# Smartes Durcheinander

## Erste konkrete Termine für Smart-Home-Zubehör mit Matter



**Der neue Kommunikationsstandard Matter soll eine Verkehrssprache für das ganze Smart Home etablieren, verwirrt zum Start aber mit Alleingängen der Hersteller.**

Von Berti Kolbow-Lehradt

**E**rstes Smart-Home-Zubehör soll noch in diesem Jahr mithilfe des neuen Standards Matter untereinander koppelbar sein. Firmware-Updates für schon verkaufte Smart-Home-Geräte erscheinen in wenigen Wochen, hieß es auf einer Veranstaltung zum Matter-Start in Amsterdam. Die bislang rund 300 beteiligten Hersteller wollen die Vernetzung untereinander vereinfachen (siehe c't 23/2022, S. 44). Dazu zieht Matter eine Software-schicht über den bestehenden Funkverbindungen WLAN und Thread – ZigBee und Bluetooth funktionieren nur über Bridges – ein, worüber die bisher getrennten Systeme von Amazon, Apple, Google und Samsung kommunizieren. Matter stellt dafür gewisse Mindestanforderungen an Rechenleistung und Speichergröße, die allerdings nicht alle Smart-Home-Geräte erfüllen. Zum Auftakt verursachten gerade die großen Mitstreiter Verwirrung, weil sie die Spezifikationen unvollständig, zeitlich stark versetzt und verzerrt durch exklusive Partnerschaften umsetzen.

Immerhin geht es nun los. Laut dem zuständigen Gremium Connectivity Standards Alliance (CSA) sind bisher 190 Geräte zertifiziert oder im Prüfprozess. Offiziell kompatible Produkte listet die CSA-Webseite auf (siehe [ct.de/yq2u](https://ct.de/yq2u)). Wann es

sie zu kaufen gibt, kündigt jeder Hersteller individuell an.

### Erste Firmware-Updates

Ubisys will sein LAN-Gateway G1 im November anpassen. Dann kann es als „Matter Bridge“ ZigBee-Komponenten in ein Matter-Netzwerk einbinden – ohne Zwang zum Datenaustausch von Cloud zu Cloud. Das ist eine Kernvorgabe des Standards. Später soll das Gateway als „Matter Controller“ auch Geräte anderer Hersteller steuern.

Eve verteilt ab dem 12. Dezember neue Firmware für die Thread-Varianten seines Kontaktsensors, eines Zwischensteckers und eines Bewegungsmelders. Aqara nennt kein genaues Datum für das geplante Dezember-Update seines ZigBee-Gateways M2. Die Modelle M1S/M1S Gen 2, Hub E1, Camera Hub G3 und Camera Hub G2H Pro sind „in den folgenden Monaten“ dran. Nach dem Update reichen sie rund 40 Geräte ans Matter-Netzwerk durch, später sollen es bis zu 160 sein.

Philips Hue plant, seine ZigBee-Bridge im ersten Vierteljahr 2023 zu aktualisieren. Danach seien fast alle damit verbundenen Produkte Matter-fähig, so der Hersteller. Nur einen TV-Adapter und einen Drehdimmschalter akzeptiert die Version 1.0 des Standards nicht.

IKEA rüstet den ZigBee-Hub Dirigera zu „Beginn des Jahres 2023“ nach, doch der bisherige Tradfri-Hub bekommt wohl kein Update. Der Gebäudespezialist Schneider Electric will sein ZigBee-Gateway 2023 aktualisieren.

Außer Updates für ZigBee-Geräte plant Aqara neues Matter-Zubehör mit Thread. Im Frühjahr 2023 sollen je ein Kontakt- und Bewegungssensor erscheinen, später soll der mit ZigBee und Thread ausgestattete Hub M3 folgen, der sich als

Matter-Controller eignet. Nanoleaf bringt laut eigenen Angaben Anfang 2023 eine neue Generation von E27- und GU10-Leuchtmitteln sowie eines Lightstrips der Essential-Produktreihe. Die älteren Thread-Chips in den sonst baugleichen Bestandsgeräten seien nicht leistungstark genug für Matter. Aus dem gleichen Grund hatten zuletzt Nuki und Yale Neuauflagen ihrer smarten Schlösser für nächstes Jahr angekündigt.

### iPhone-Fans müssen warten

Der Bedienungsbereich kompatibler Geräte hängt von den Steuer-Apps der Matter-Controller ab. Amazon enttäuschte damit, ab Dezember zunächst nur WLAN-, aber keine Thread-Geräte zu unterstützen, und dann auch nur Leuchtmittel, Steckdosen und Schalter mit einem von 17 Matter-fähigen Echo-Lautsprechern zu koppeln. Thread-Geräte und andere Gerätetypen sind erst für 2023 geplant. Samsungs SmartThings-Hubs sprechen jetzt schon Matter, nutzen es aber wiederum nur per Thread und nicht per WLAN oder ZigBee-Bridging. Stattdessen ergänzt SmartThings die Matter-Rechtefreigabe von Geräten („Multi Admin“) zusätzlich um eine vereinfachte Migration exklusiv zu Alexa und Google Home – hierbei bleibt Apple HomeKit außen vor.

Und noch eine Einschränkung: Anfangs klappt ein Matter-Setup bei Amazon und Samsung nur per Android, nicht per iPhone – obwohl iOS, iPadOS und tvOS bereits Matter-tauglich sind. Apple blieb dem Launch-Event ebenso wie Google fern. Für einen Smart-Home-Standard, der als einheitliche Verkehrssprache gedacht ist, erzeugt Matter noch unerfreulich viel Durcheinander. (jow@ct.de) **ct**

**Matter-Geräteliste:** [ct.de/yq2u](https://ct.de/yq2u)



# Vollbremsung für die Games-Branche: Förderstopp in der Spieleentwicklung

**Die Fördertöpfe der bundesweiten Games-Förderung sind leer. Und zwar nicht nur für 2022, sondern auch bereits für das nächste Jahr. Die gerade erst durchstartende Games-Branche trifft das hart.**

Stolze 9,8 Milliarden Euro Umsatz erzielte die Games-Branche im Jahr 2021 in Deutschland mit digitalen Spielen. An deutsche Unternehmen gehen davon weniger als fünf Prozent, die meisten Spiele werden im Ausland produziert. Die 2019 eingeführte bundesweite Förderung für die Spieleentwicklung sollte das ändern und greift hiesigen Firmen deshalb mit rund 50 Millionen Euro jährlich unter die Arme.

Die Förderung gilt als besonders gut kalkulierbar: Der Bund steuert 50 Prozent der Projektkosten bei, wenn die übrige Finanzierung (etwa durch einen Publisher) gesichert ist und darüber hinaus einige formelle Anforderungen erfüllt sind. Der Branchenverband game e. V. zieht bereits jetzt eine positive Bilanz: In den vergangenen zwei Jahren sei die Zahl der Spieleschmieden um 26 Prozent gewachsen, rund zwölf Prozent mehr Stellen seien in diesem Bereich entstanden.

Der Aufschwung droht nun zu stocken: Ende Oktober hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) einen Annahmestopp für Förderanträge verkündet, da die Mittel aktuell ausgeschöpft seien. Bereits bewilligte Fördergelder will es wie geplant auszahlen und bereits eingereichte Anträge weiterbear-

beiten, allerdings unter „dem Vorbehalt der Mittelverfügbarkeit“. Da sich die Zuschüsse über die geplante Entwicklungszeit eines geförderten Spiels verteilen, sind auch die für 2023 vorgesehenen Mittel bereits vergeben. Wird der Topf nicht doch noch aufgestockt, können erst 2024 wieder Projektanträge bewilligt werden. Für viele Game-Studios ist das ein harter Schlag. Wenn Teile der geplanten Finanzierung wegbrechen, werden manche Spiele verzögert oder gar nicht erscheinen.

Die Förderung des Bundes ist häufig ein fester Bestandteil in den Finanzplänen deutscher Game-Studios. Während die Länder ihre Fördergelder überwiegend als Darlehen vergeben, die zurückgezahlt werden müssen, fließt die Spieleförderung des Bundes als Subvention. Sind alle Voraussetzungen erfüllt, konnten Spielstudios bisher sicher mit dem Geld rechnen. Auch einen Auswahlprozess gibt es bei der Bundesförderung nicht. Bleibt es beim vorläufigen Antragsstopp, erschwert das

für viele Studios die Suche nach einem Publisher, der nun deutlich mehr Geld beisteuern müsste. Das könnte auch das Vertrauen internationaler Publisher erschüttern, die sich bislang darauf verlassen konnten, dass der Zuschuss des BMWK bewilligt wird.

Noch 2021 hatte der Bund mit seiner „Strategie für den Games-Standort Deutschland“ große Ziele vor Augen: „Deutschland zu einem Leitmarkt für Computerspiele zu entwickeln und den Produktionsstandort international wettbewerbsfähig zu machen.“ Der Haushaltsentwurf für 2023 sieht mit 48,8 Millionen Euro allerdings noch etwas weniger als die bisher jährlich bereitgestellten 50 Millionen Euro für die Computerspieleförderung vor. Felix Falk, der Geschäftsführer des Branchenverbands game, bemängelt die fehlende Orientierung am tatsächlichen Bedarf. Beim aktuellen Erfolg des Förderprogramms sei es nötig, die Mittel innerhalb weniger Jahre auf 100 Millionen Euro jährlich zu erhöhen. (lmd@ct.de)

**Auf der Gamescom 2022 blickten viele kleine Indie-Studios noch optimistisch in die Zukunft. Für einige könnte nun die Finanzierung ihrer Spiele schwierig werden.**





**TIM MÜLLER**  
Mad of IT Security

## RATEN SIE MAL, WER ENTSPANNT AUF ÜBERSTUNDEN VERZICHTET?



**PATRICK MAYER**  
Datacenter Manager  
und Kentix Kunde



## Neuer Service: c't-Artikel in heise+ lesen

**Die c't-Artikel im Paid-Content-Bereich heise+ auf heise online können c't-Abonnenten ab sofort kostenlos lesen.**

Bislang mussten c't-Abonnenten das Angebot heise+ dazu kaufen, um Zugriff auf die Artikel dort zu bekommen. Heise+ ist das Bezahlangebot von heise online. Das haben wir geändert. Die mit „c't magazin“ markierten Artikel können c't-Abonnenten ab sofort kostenlos lesen, sowohl im Browser als auch in der heise online App.

Dabei ist es egal, ob Sie ein Digital-Abo haben, ein Plus-Abo oder ein reines Print-Abo. Voraussetzung ist lediglich die Verknüpfung Ihres Abos mit dem heise-Online-Zugang. Melden Sie sich dafür bitte zuerst auf heise online an. Nach der Anmeldung gehen Sie auf „Mein Account“. Dort klicken Sie in der linken Spalte auf „Abonnements“, dann sehen Sie rechts die Eingabemaske für Abonummer, Postleitzahl und Stadt (wenn Ihr Abo bereits verknüpft ist, sehen Sie diese Eingabe-

maske nicht). Nach der Eingabe ist Ihr c't-Abo mit heise online verknüpft und Sie können die c't-Artikel auf heise+ lesen.

Eventuell brauchen Sie noch etwas Geduld, bis die Verknüpfung aktiv ist.

(jr@ct.de)

**Nachdem Sie sich auf heise online angemeldet haben, gehen Sie auf „Mein Account“ und Sie sehen diese Eingabemaske, um Ihr Abo mit heise online zu verknüpfen. Danach können Abonnenten c't-Artikel auf heise+ kostenlos lesen.**

## Bits und Böses, der neue Tech-Crime-Podcast

c't-Leser kennen das Augenrollen vom Gegenüber, wenn sie über IT-Security, Passwörter und Backups sprechen. Mit dem neuen Tech-Crime-Podcast „Bits und Böses“ von heise online wollen wir genau die eher IT-fernen Menschen erreichen.



**Die Podcast-Familie bekommt Zuwachs: „Bits und Böses“ von heise online warnt und schützt vor Cyber-Angriffen.**

Diese bekommen auf unterhaltsame Weise Werkzeuge an die Hand, um sich gegen Cybercrime zu schützen.

**Die erste Staffel „Fisch im Netz“** erzählt die wahre Geschichte einer olympischen Schwimmerin, deren Instagram-Account Erpresser gekapert haben. „Bits und Böses“ zeigt an diesem Fall die Mästen der Angreifer, wie vielfältig sie sind und wie individuell.

Den Podcast moderiert Isabel Grünewald, Audio-Redakteurin bei heise online und bekannt vom täglichen News-Podcast „Kurz informiert“. Isabel lädt Gäste ein aus den Redaktionen von heise online und c't, von LKAs, Verbraucherschutzorganisation und der Opferhilfe Weißer Ring. Am 15. November geht es los. Unter [podfollow.com/bitsboeses](https://podfollow.com/bitsboeses) und über den QR-Code hier im Bild kommen Sie zum Podcast. Weitere Podcasts wie Bit-Rauschen, Auslegungssache und c't uplink finden Sie unter [ct.de/yfya](https://ct.de/yfya). (jr@ct.de)

**Unsere Podcasts:** [ct.de/yfya](https://ct.de/yfya)

## Neue Version des c't-Raspion

Unsere Software-Sammlung c't-Raspion verwandelt einen **Raspberry Pi in einen WLAN-Router**, mit dem Sie den kompletten Netzwerkverkehr der eingebuchten Geräte bequem mitschneiden und analysieren können, darunter auch, was IoT- und Smart-Home-Geräte nach Hause funken wollen.

Ende 2019 haben wir c't-Raspion vorgestellt, jetzt gibt es eine neue Version. Das war unter anderem notwendig, weil eine Neuinstallation seit einiger Zeit wegen Updates an Pi OS und an enthaltenen Paketen scheiterte. Das überarbeitete c't-Raspion-Paket funktioniert jetzt mit Pi OS Legacy. Wir denken des Weiteren auch über einen Umbau fürs aktuelle Pi OS nach. Wenn Sie dazu Anregungen oder Wünsche haben, schreiben Sie uns gern. Alle in c't-Raspion enthaltene Programme, darunter ntopng, Wireshark und mitmproxy, können Sie mit einem Webbrowser bedienen. (ps@ct.de)

**Projekt c't-Raspion:** [ct.de/yfya](https://ct.de/yfya)





# Homepage Fresh

## 12 .de-Domains inklusive

- > Kostenlose SSL-Zertifikate für alle Domains
- > Viele 1-Klick-Apps inklusive
- > Webbaukasten
- > Webkonferenzlösung
- > 100 GB Webspace
- > 1.000 E-Mail-Adressen
- > 100 GB E-Mail-Speicher
- > 100 MySQL-Datenbanken

DAUERPREIS

**2,29**

€/Monat\*



**Verlängert bis  
30.11.2022!**

Preis gilt dauerhaft!

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

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



## PowerToys wachsen weiter

**Mit Version 0.64.0 hat Microsofts Werkzeugsammlung PowerToys zwei neue Hilfsprogramme bekommen.**

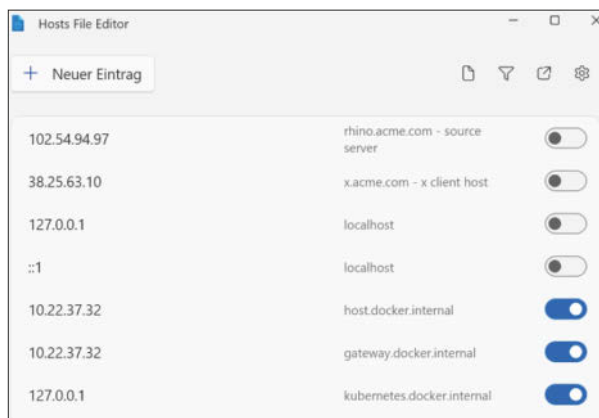
Die Anzahl der einzelnen Werkzeuge in Microsofts PowerToys ist von 15 auf 17 Tools gewachsen. Der „File Locksmith“ (in der deutschen Version „Datei-Schlüsseldienst“) zeigt an, welcher Prozess eine Datei, einen Ordner oder ein Laufwerk in Beschlag nimmt, wenn sich das Element nicht löschen lässt oder Windows die sichere Abmeldung eines USB-Mediums verweigert – und bietet dann eine Schaltfläche, um den Prozess zu beenden. Das Tool ist ins Explorer-Kontextmenü integriert – ein Rechtsklick auf die betroffene Datei und „Was verwendet diese Datei?“ startet es.

Mit dem „Hostsdatei-Editor“ bearbeitet man die Datei %windir%\System32\drivers\etc\hosts, ohne dafür den Text-

editor (notepad.exe) zu benutzen. Das Tool zeigt an, für welche Hostnamen in der Hosts-Datei IP-Adressen eingetragen sind. Jeder Eintrag ist mit einem Schalter versehen, um Einträge zu aktivieren und zu deaktivieren. Aus technischer Sicht

wird die betreffende Zeile der hosts-Datei schlicht auskommentiert. Zudem kann man neue Einträge komfortabel hinzufügen. (jss@ct.de)

**Download PowerToys:** [ct.de/y9tx](https://ct.de/y9tx)

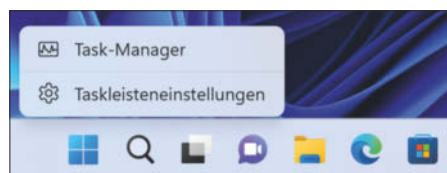


**Mit dem Hosts-Datei-Editor der aktuellen PowerToys-Version 0.64.0 sind Änderungen an der Hosts-Datei komfortabel möglich.**

## Task-Manager zurück in der Taskleiste

In einem der zahlreichen Kritikpunkte an Windows 11 bessert Microsoft nach: Das Kontextmenü der Taskleiste, das sich per Rechtsklick darauf öffnet, bekommt wie-

der einen Eintrag für den **Task-Manager**. Die Änderung kommt für beide bislang erschienenen Windows-11-Versionen, also 21H2 und 22H2.



**Ja, das passiert wirklich: Der Task-Manager kommt zurück ins Kontextmenü der Taskleiste – ganz ohne Zusatzprogramme.**

Die Korrektur steckt in den optionalen kumulativen Updates, die Microsoft zum 25. Oktober freigegeben hat. Wenn der neue Menüpunkt nach der Installation nicht auftaucht, ist das laut Microsoft normal: Die Änderung soll innerhalb der kommenden Tage bis Wochen aktiviert werden – so geht Microsoft öfters vor, damit eventuelle Probleme mit einer neuen Funktion nicht allzu viele Rechner auf einmal treffen. (jss@ct.de)

## Internet Explorer 11: Abschaltung in Windows 10 rückt näher

Am 14. Februar 2023 will Microsoft den Internet Explorer 11 auf diversen Windows-10-Editionen dauerhaft deaktivieren. **Betroffen sind die meisten Windows-Clientsysteme** (Home, Pro, Pro Education, Pro für Workstation, Education, Enterprise) sowie Windows 10 IoT. Ausgenommen sind alle anderen Systeme, in denen der antike Browser noch steckt: sämtliche LTSC-Varianten von Windows 10 und Windows Server, Windows Server im Semi-Annual Channel, Windows 8.1 und Windows 7 mit Extended Security Updates (ESU).

Sämtliche Aufrufe des Internet Explorers (iexplore.exe) werden nach der Abschaltung in ein Edge-Fenster im IE-Kompatibilitätsmodus umgeleitet. In Windows 11 ist dieses Verhalten von Anfang an der Standard. Der Internet Explorer ist dort nicht mehr enthalten – wenngleich der Programmordner auch dort nach wie vor existiert, allerdings nur, damit die Trident-Engine des Browsers noch für Legacy-Anwendungen verfügbar ist. (jss@ct.de)

**IE11-Supportinfos:** [ct.de/y9tx](https://ct.de/y9tx)

### Kurz & knapp

Der **Process Monitor** aus Microsofts Werkzeugkasten Sysinternals hat ein Update bekommen und unterstützt nun eine Darstellung im Dark Mode (dunkles Design mit hellem Text auf dunklem Hintergrund).

Microsoft hat die **CPU-Kompatibilitätslisten** für Windows 11 um aktuelle Prozessormodelle der Baureihen AMD Ryzen 7000 (Zen 4) und Intel Core 13000 (Raptor Lake) erweitert – jeweils für die Versionen 21H2 und 22H2.

## GitHub Universe: Copilot für Unternehmen

**GitHub hat auf der Entwicklerkonferenz Universe neue Funktionen für den KI-Programmierassistenten Copilot vorgestellt. Außerdem steht die Cloud-IDE Codespaces jetzt allen GitHub-Nutzern offen.**

GitHubs Entwicklerkonferenz Universe fand in diesem Jahr erstmals wieder in Person statt. Im Rampenlicht stand vor allem der KI-Programmierassistent Copilot, der im Juni die Beta-Phase verlassen hatte und seitdem als monatliches Abonnement für individuelle Accounts zu haben ist. Copilot für Unternehmen und Entwicklerteams soll bald nachziehen und Admins erlauben, die Copilot-Lizenzen von Mitarbeitern zu verwalten.

GitHub testet, wie Entwickler den KI-Assistenten mit Sprachbefehlen steuern können. Die Funktion namens „Hey GitHub“ befindet sich noch in Entwicklung und soll künftig Barrieren für Entwickler absenken, die beispielsweise aufgrund eines Handicaps keine Tastatur nutzen können.

Außerdem gab das Unternehmen bekannt, dass es die hauseigene Cloud-Entwicklungsumgebung Codespaces für alle Nutzer öffnet. Jeder Account soll die Cloud-IDE pro Monat 60 Stunden kostenlos nutzen dürfen. Codespaces war bislang Teams und Unternehmenskunden vorbehalten.

Im Rahmen der Konferenz hat GitHub den diesjährigen Report „State of the Octoverse“ vorgestellt (siehe [ct.de/yrvu](https://ct.de/yrvu)), der Trends in der Entwickler-Community anzeigt. JavaScript bleibt demnach weiterhin die meistgenutzte Programmiersprache auf GitHub. Den größten Zuwachs mit 56 Prozent Steigerung im Vergleich zum Vorjahr verzeichnet Hashicorp HCL (Hashicorp Configuration Language), das vor allem für Infrastructure-as-code-Werkzeuge wie Terraform eingesetzt wird. Der Python-Anteil in den Repositories ist um 22,5 Prozent gestiegen. GitHub zählt inzwischen 94 Millionen Nutzer, von denen sich allein 20,5 Millionen im Jahr 2022 registriert haben. (ndi@ct.de)

**Octoverse-Report:** [ct.de/yrvu](https://ct.de/yrvu)

## Firefox aus Snap unterstützt Native Messaging API

Die Firefox-Version aus dem stabilen Snap-Zweig unterstützt das Native Messaging API. Das hat Canonical-Entwickler Olivier Tilloy auf Ubuntu Discourse verkündet. Damit funktioniert die **Kommunikation zwischen Browser-Erweiterungen und anderen auf dem System installierten Programmen** wieder, was bisher durch die Snap-Sandbox blockiert wurde. Über eine im Sommer vom Ubuntu-Team

vorgestellte neue Schnittstelle namens WebExtensions erteilt man gezielte Ausnahmen, etwa für den Passwortmanager KeePassXC. Dies klappt auch unter Ubuntu 22.04 LTS, wo Firefox erstmals ausschließlich als Snap-Paket enthalten war. WebExtensions ist Teil der Schnittstellensammlung Desktop-Portal (xdg-desktop-portal), auf die neben Snap auch Flatpak zugreift. (ktn@ct.de)



**Firefox aus Snap fragt nun nach Erlaubnis, wenn Erweiterungen das Native Messaging API trotz Sandbox nutzen wollen.**



# WIR MACHEN IT-WEITERBILDUNG DIGITAL!

## Die neue Lernplattform für IT-Professionals

**Das erwartet dich:**

- Über 100 Online-Trainings und 80 Online-Kurse
- Die wichtigsten IT-Themen für heute und morgen
- Erfahrene IT-Experten
- Übungsaufgaben und Wissenstests

Hier geht's zu deiner Weiterbildung:  
**[heise-academy.de](https://heise-academy.de)**

# Kleiner Zwölfender

## Mini-PC Intel NUC12WS mit Hybridprozessor Core i7-1260P



**Im NUC12WS steckt ein starker Mobilprozessor mit zwölf CPU-Kernen und Thunderbolt 4/USB4. Der Minicomputer stemmt anspruchsvolle Aufgaben, aber der Test entlarvt zwei Schwachpunkte.**

Von Christof Windeck

Die Rechenleistung moderner Mobilprozessoren genügt für Alltagsaufgaben locker. Daher sind Mini-PCs mit Notebooktechnik beliebt. Intel liefert in der Baureihe „Next Unit of Computing“ (NUC) nun auch Versionen, die mit einem Core-i-Prozessor der zwölften Generation „Alder Lake“ bestückt sind. In unserem Testexemplar steckt einer der stärksten 28-Watt-Typen, der Core i7-1260P mit vier Performance-(P-)Kernen und acht effizienten (E-)Kernen. Zusammen verarbeiten sie 16 Threads: die P-Cores je zwei und jeder E-Core einen.

### Ausstattungsfülle

Die Buchstabenkombination „WS“ in der Produktbezeichnung NUC12WS steht für die NUC-Familie Wall Street Canyon. Sie hat mehr als 30 Mitglieder, weil Intel sie einerseits als Barebones anbietet sowie andererseits auch inklusive DDR4-RAM und SSD als Komplettrechner mit vorinstalliertem Windows 11. Außerdem gibt es zwei unterschiedlich hohe Gehäuse: die flachen Typen mit einem „K“ in der Typenbezeichnung und die höheren „H“-Varianten, in die zusätzlich ein 2,5-Zoll-SATA-Datenträger passt. Etwas billiger sind jeweils die „Lite“-Versionen ohne Thunderbolt 4, die auch keine rückseitigen USB-C-Buchsen haben und daher

auch nur je zwei Displays ansteuern können. Weitere Vielfalt ergibt sich durch unterschiedliche Prozessoren vom Core i3-1220P über den Core i5-1240P bis hin zum Core i7-1260P. Die „vPro“-Versionen mit Core i5-1250P oder i7-1270P haben Fernwartungsfunktionen für Bürocomputer; ansonsten unterscheiden sie sich nicht von den vorgenannten. Unser Testmuster mit Core i7-1260P kostet als Barebone rund 700 Euro, die Versionen mit Core i5-1240P sind ab etwa 530 Euro erhältlich. Für den NUC12WS mit Core i3-1220P fanden sich bis Redaktionsschluss Anfang November noch keine Angebote.

Auch die flachen „K“-Versionen des NUC12WS lassen sich mit je zwei SSDs bestücken: einer M.2-2280-SSD mit NVMe (PCIe 4.0 x4) und einer weiteren M.2-SSD in der kürzeren Bauform 2242. Letztere kann nur eine einzige PCIe-3.0-Lane oder alternativ SATA nutzen. Zwei SO-DIMM-Fassungen nehmen bis zu 64 GByte DDR4-3200-RAM auf; NUC12WS-Versionen für schnelleren DDR5-Speicher

gibt es bisher nicht. Wie bei den NUCs üblich, lassen sich Speichermodule und SSD-Kärtchen sehr einfach wechseln – es sind lediglich vier Kreuzschlitzschrauben zu lösen, um den Bodendeckel abzunehmen.

Der NUC12WS liefert flotte Netzwerkverbindungen: Ethernet mit bis zu 2,5 Gbit/s und WLAN per Wi-Fi 6E. Der WLAN-Durchsatz war im Test sehr gut und erreichte bei Nahverbindungen im 5- oder 6-GHz-Band über 1,5 Gbit/s, also rund 190 MByte/s. Über 20 Meter und durch Wände waren es immerhin noch 260 bis 470 Mbit/s.

Für externe Erweiterungen hat der NUC12WS vier USB-A- und zwei USB-C-Buchsen; letztere beherrschen sowohl USB4 als auch Thunderbolt 4 (TB4). Über seine beiden HDMI-2.1-Buchsen und die USB-C-Buchsen steuert der Minicomputer bis zu vier 4K-Displays mit jeweils 60 Bildern pro Sekunde an.

Bei den HDMI-Ports hat Intel eine Besonderheit eingebaut, nämlich einen Emulator für die Extended Display Identification Data (EDID) angeschlossener Monitore. Ist diese Funktion im BIOS-Setup aktiviert, dann speichert das System die EDID des gerade angeschlossenen Displays und meldet sie dem Betriebssystem beziehungsweise Grafiktreiber. Das hat Vorteile, wenn man den NUC zur Ansteuerung digitaler Anzeigetafeln verwendet, die aus mehreren Einzeldisplays bestehen: Fällt eines aus, verändert sich die Anzeige der anderen dank EDID-Emulator nicht. Auch beim Betrieb ohne Display ist die Funktion in Spezialfällen hilfreich.

### Stark und sparsam, aber ...

Als Testmuster schickte uns Intel eine flache K-Version des NUC12WS mit Core i7-1260P, die wir mit 2 x 8 GByte RAM und einer Samsung SSD 980 Pro bestückten und darauf Windows 11 installierten. Der



**In den NUC12WS mit flachem Gehäuse (K-Version) passen je zwei SO-DIMMs und M.2-SSDs. Auch der WLAN-Adapter hat M.2-Format.**



Rechner lief problemlos auch unter Ubuntu 22.10.

Der Core i7-1260P legt im NUC ein enormes Tempo vor. Im Cinebench R23 zieht er um 10 bis 18 Prozent (Multi-/Singlethreading) am Desktop-PC-Prozessor AMD Ryzen 5 5600X vorbei und bleibt unter Volllast deutlich sparsamer (maximal 63 statt 102 Watt), wie man es von einem Mobilprozessor erwartet. Während des 28 Sekunden langen CPU-Turbofensers zieht der NUC12WS fast 80 Watt, weshalb das relativ große externe Netzteil für 120 Watt ausgelegt ist.

Im Vergleich zum Core i5-1135G7 aus den NUC11TNKi5 des Jahrgangs 2021 [1] liefert der Core i7-1260P mehr als die doppelte Multithreading-Rechenleistung. Bei Singlethreading ist er um etwa ein Drittel schneller. Dank kräftiger Kühlung entwickelt der Core i7-1260P im NUC12WS mehr Performance als in schlanken Notebooks [2], er zieht auch an solchen mit Ryzen 7 Pro 6860Z beziehungsweise Ryzen 7 6800U vorbei.

Der Mehrpreis des NUC12WS mit Core i7-1260P von 170 Euro im Vergleich zur Version mit Core i5-1240P dürfte sich nur selten lohnen: Beide Prozessoren haben je vier P- und acht E-Kerne, der 1260P taktet lediglich um 7 Prozent höher (4,7 statt 4,4 GHz). Allerdings hat er auch 50 Prozent mehr Cache (18 statt 12 MByte).

Die hohe CPU-Performance hat eine Schattenseite: Bei hoher Prozessorlast legt der Ventilator des NUC12WS ordentlich los, um die Abwärme aus dem kleinen Gehäuse zu blasen – die bis zu 1,7 sone sind nicht bürokompatibel. Glücklicherweise dreht der Lüfter bei Office-Aufgaben nur kurzzeitig hoch und im Leerlauf hört man ihn nicht. Dann bleibt er mit 4 Watt auch sehr sparsam.

Die eingebaute „Xe“-Prozessorgrafik mit 96 Execution Units (EUs) ist deutlich stärker als die Xe-GPUs in den Desktop-PC-Prozessoren von Intel. Allerdings reicht die 3D-Beschleunigung trotzdem nur für anspruchslose PC-Spielchen. Weil sich keine Grafikkarte nachrüsten lässt, eignet sich der NUC12WS nicht für Gamer. Theoretisch kann man per TB4 eine externe GPU (eGPU) anschließen, aber die sind teuer und klobig.

Leider übertrug eine externe SSD mit USB 3.2 Gen 2x2 Daten höchstens mit 10 Gbit/s statt mit 20 Gbit/s; für superschnelle Transfers ist also TB3, TB4 oder USB4 empfehlenswert. Eine unserer beiden

Test-SSDs wurde nur an den USB-C-Buchsen erkannt, aber nicht an den USB-A-Buchsen. Hier fehlt noch Feinschliff.

## Fazit

Der NUC12WS beeindruckt mit hoher Rechenleistung in kompakter Bauform. Die Performance genügt außer für Büroarbeiten auch für Bildbearbeitung und gelegentlichen Videoschnitt. Dank der vielen Schnittstellen lässt sich der Rechenzweig flexibel extern erweitern. Im Vergleich zu einem Notebook bekommt man mehr Rechenleistung pro Euro und kann RAM- und SSD-Kapazität nach eigenen Vorstellungen wählen.

Schade nur, dass der Mini-PC unter Volllast zu laut rauscht und die USB-beziehungsweise Thunderbolt-Anschlüsse etwas wählerisch waren. Immerhin bleibt der Rechner im Leerlauf flüsterleise. Wer seine hohe Leistung nur ab und zu ausschöpft, wird mit dem Lüftergeräusch leben können. (ciw@ct.de) **ct**

## Literatur

- [1] Christof Windeck, Tiger-Box, Mini-PC-Barebone Intel NUC11 mit Tiger-Lake-Prozessor Core i5-1135G7, c't 7/2021, S. 102
- [2] Florian Müssig, Gehobene Gerätschaft, Kompakte Edel-Notebooks mit Prozessoren von AMD, Apple, Intel und Qualcomm, c't 21/2022, S. 88

## Intel NUC12 Pro NUC12WSKi7

Mini-PC-Barebone mit Intel Core i7-1260P (Alder Lake)	
Hardware-Ausstattung	
CPU / Kerne / Takt (Turbo)	Core i7-1260P / 4 P + 8 E / bis zu 4,7 GHz
RAM	2 × DDR4-SO-DIMM (max. 64 GByte)
Grafik (-speicher)	Intel Xe (vom Hauptspeicher)
Mainboard (Format) / Chipsatz	NUC12WSB (proprietär) / im CPU-SoC integriert
SSD-Steckplätze <sup>1</sup>	1 × M.2 2280 (PCIe 4.0 x4), 1 × M.2 2242 (PCIe 3.0 x1 oder SATA)
Sound-Chip (Chip) / TPM	HD Audio (Realtek ALC269) / fTPM 2.0
Netzwerk-Interface (Chip, Anbindung)	2,5 Gbit/s (Intel i225V, PCIe)
WLAN-Interface (Chip, Anbindung)	Wi-Fi 6E, 2400 Mbit/s, Bluetooth 5.3 (Intel AX211, CNVi)
Abmessungen	11,8 × 3,7 × 11,8 cm (Tiefe 15,5 cm mit Stromstecker)
Netzteil	Chicony 120 W (20 Volt), 1,75 m Kabel
Anschlüsse hinten	2 × HDMI 2.1, 2 × USB-C/TB4, 1 × USB-A 10 Gbit/s, 1 × USB-A 2.0, 1 × LAN
Anschlüsse vorne	2 × USB-A 10 Gbit/s, 1 × Audio-Klinke (Kopfhörer/Mikrofon, TRRS)
Zubehör	Netzteil, VESA-Montageschrauben
Besonderheiten	EDID-Emulation
Elektrische Leistungsaufnahme, Datentransfer-Messungen und Geräuschentwicklung	
Soft-Off / Energie Sparen	1,0 / 1,3 W
Leerlauf mit 4K-Display an HDMI	4,0 W
Volllast: CPU / CPU und Grafik	60 / 63 W (kurzzeitig 80 W)
M.2-SSD lesen (schreiben)	6,9 (4,9) GByte/s
USB 10 Gbit/s lesen (schreiben)	1,07 (1,0) GByte/s
WLAN-Durchsatz	263 bis 1523 Mbit/s
Geräuschentwicklung	<0,1 / 1,7 sone (Leerlauf / Volllast)
Funktionstests	
Secure Boot ab- / CSM einschaltbar	✓ / – (nur UEFI-Bootmodus)
Wake on LAN: Standby / Soft-Off	✓ / –
USB: 5V in Soft-Off	✓ (am Ladeanschluss)
Wecken per USB-Tastatur Standby / Soft-Off	✓ / –
Bootdauer bis Login m. Fastboot	11 s
Parallelbetrieb Monitore (Ports)	4 × 4K 60 Hz (HDMI + USB-C)
analog Mehrkanalton / 2. Audiostrom	– (nur Stereo) / –
Systemleistung	
Cinebench R23: 1 / alle Threads	1809 / 12053 Punkte
BAPCo SYSmark 25	1541 Punkte
3DMark: Fire Strike	4567 Punkte
Bewertung	
Systemleistung: Office / Rendering / Spiele	⊕⊕ / ⊕ / ⊖
Audio: Wiedergabe / Aufnahme	⊕ / ⊖
Geräuschentwicklung / Systemaufbau	○ – ⊖ / ⊕⊕
Preis / Garantie	700 € / 3 Jahre
⊕⊕ sehr gut   ⊕ gut   ○ zufriedenstellend   ⊖ schlecht   ⊖⊖ sehr schlecht ✓ funktioniert   – funktioniert nicht	
<sup>1</sup> in der hohen Gehäusebauform („H“-Versionen) zusätzlich 1 SATA-Laufwerk mit 2,5 Zoll	



# Schnelle Reisefunker

## Kompaktrouter mit Wi-Fi 5 und 6 im Doppeltest

**Lahmt das WLAN im Hotelzimmer oder Ferienhaus aufgrund geringer Signalstärke, hilft ein Reiserouter aus. Doch nicht nur das: Sie reichen VPN-Zugänge weiter, blockieren Werbung und streamen Medien von angesteckten Speichern an die gesamte Mobilgeräteflotte. GL.iNets neueste Modelle versprechen rasantes Wi-Fi 6 und viel Rechenleistung. Unser Blick auf und unter die Haube.**

Von Andrijan Möcker

**E**in Internetzugang per WLAN gehört in Unterkünften für Geschäfts- und Feriengäste zur Grundausstattung. Doch nicht alle Betreiber kümmern sich um brauchbare Abdeckung. Insbesondere Mobilgeräte mit kleinen Antennen leiden

an der Reichweitengrenze unter ständigen Abbrüchen. Hat man außerdem nur einen Voucher für die WLAN-Vorschaltseite, aber drei Mobilgeräte, wirds richtig nervig. Ein Reiserouter löst diese Probleme, indem er das Funknetz an passender Stelle verstärkt oder per Kabel ans Hotelnetz angeschlossen wird und ein eigenes WLAN aufspannt – ein mobiles Heimnetz also.

Vor einigen Jahren waren TP-Link, Allnet, Zyxel, GL.iNet und Alfa Networks die großen Anbieter im Reiseroutergeschäft. Viele Geräte sind zwar weiterhin erhältlich, regelmäßig neue Hardware liefert aber nur noch GL.iNet. Der chinesische Hersteller hat vor einigen Monaten zwei potente Modelle vorgestellt: erstens den Slate Plus mit dem Wi-Fi-5-System-on-Chip Qualcomm IPQ4018 (ARM-A7-Quadcore mit 717 MHz Takt), das trotz sechstem Geburtstag noch immer empfehlenswert ist und mehrere hundert Megabit pro Sekunde WireGuard-Datenrate schafft. Und zweitens den Slate AX, den ersten Reiserouter mit Wi-Fi 6.

Er kommt mit dem System-on-Chip IPQ6000, das vier ARM-A53-Kerne à 1,2 GHz hat. Beide Router bringen also Dual-Band-WLAN-Hardware mit und weit mehr Rechenleistung als fürs Jonglieren von WLAN-Paketen nötig ist. Die kann man sich auch anderweitig zu Nutze machen, etwa als Werbeblocker und VPN-Zugang für mehrere Mobilgeräte gleichzeitig.

Der Slate AX ist bereits für 130 Euro bei Amazon erhältlich; der Slate Plus steht noch aus. Wir haben dennoch beide Geräte getestet.

### Universalisten

GL.iNet installiert auf beiden Routern eine gut gepackte Firmware: Neben den typischen Netzwerkfunktionen wie Ethernet-Routing (WAN-Port), WISP-Router (WLAN-Hotspot-Router), Mobilfunk (USB-Modem/Tethering) und Firewalling beherrschen die Geräte VPN mit OpenVPN und WireGuard, um sich in öffentlichen Netzen nicht in die Karten schauen zu lassen; DNS über HTTPS oder TLS verschlüsselt Domainanfragen und mit AdGuard fliegt Werbung schon auf DNS-Ebene raus – das spart Bandbreite. Samba, WebDAV und DLNA erlauben, die Router mit angestecktem Speichermedium (USB, microSD; NTFS, FAT32, Ext4) als Netzwerkspeicher und Medienserver einzusetzen. Slate Plus und Slate AX nehmen sich softwareseitig nichts, weshalb wir diesen Punkt gemeinsam betrachten.

Beide haben ab Werk aufgedruckte, individuelle WLAN-Zugangsdaten. Fürs Einrichten und Bedienen muss man Englisch (oder Spanisch, Italienisch, Chinesisch, Japanisch) verstehen; Deutsch fehlt. Kein Drama in unseren Augen, denn das Menü ist sprachlich einfach und grundlegende Englischkenntnisse darf man dem typischen Europäer zutrauen.

Unter der Haube läuft zwar das durchaus komplexe Router-Betriebssystem OpenWrt (22.03), GL.iNet hat jedoch ein eigenes Web-Interface und eine App (iOS/Android) dafür gestrickt. Beide machen den gesamten Funktionsumfang gut strukturiert und einsteigertauglich zugänglich; grundlegende Netzwerkkenntnisse sollten genügen.

Die Internetzugangseinstellungen wie Hotspot-Profil oder Mobilfunkkonfigurationen bearbeitet man bequem auf der Hauptseite. Alles Weitere erreicht man über eine Navigationsleiste. Besonders gut gefielen uns die VPN-Menüs: Man kann

mehrere VPN-Client-Profilen zu Provider-Gruppen zusammenfassen – also etwa die Profile Frankfurt, Berlin und London für Provider A – und über das VPN-Dashboard aktivieren.

Auch die NAS-Funktion hat der Hersteller gut heruntergebrochen: Sie bietet DLNA, WebDAV und Samba (Windows-Freigaben) als Sharing-Protokolle, um Ordner auf angesteckten Medien freizugeben. Über separat anzulegende Benutzerkonten regelt man, wer schreiben und lesen oder nur lesen darf.

Durchgepustet

Im NAS- und VPN-Benchmark schlagen sich beide Modelle gut. Dank der Quad-Core-ARM-CPU's schaufeln sie entsprechend mehrere hundert Megabit pro Sekunde durch WireGuard-Tunnel (siehe Tabelle). Wer das Protokoll nach Hause oder mit seinem VPN-Anbieter nutzen kann, wird also kaum einen Unterschied gegenüber der direkten Internetverbindung bemerken. Mit OpenVPN leisten die Router erwartungsgemäß weniger, doch auch hier ist das Ergebnis gut. Die NAS-Funktion genügt auf beiden Geräten, um Urlaubsbilder zu sichern und größere Mediendateien zu streamen.

Im NAT- und WLAN-Benchmark fiel uns indes einiges negativ auf: Der Slate Plus erreichte nur rund 600 Mbit/s NAT-Datenrate. Die während unseres Benchmarks auftretende hohe CPU-Last deutet

daraufhin, dass Hardwarebeschleunigung für NAT deaktiviert ist; eine Einschalt-Option entdeckten wir nicht.

Der Wi-Fi-6-fähige Slate AX erreichte selbst auf kurze Distanz nur rund 290 Mbit/s und weniger als die Hälfte im WISP-Router-Modus (5 GHz zu 5 GHz). Der Slate Plus übertraf ihn – trotz älterem Wi-Fi 5. Eine Erklärung dafür lieferte der Hersteller bis Redaktionsschluss nicht.

Um die Abwärme des IPQ6000 loszuwerden, hat der Slate AX einen kleinen Lüfter. Den schaltet die aktuelle Firmware nicht ein: Der Systemdienst existiert zwar, aber die Konfiguration fehlt. In der herunterladbaren Beta-Firmware kann man eine Temperaturschwelle einstellen, ab der der Lüfter losdreht. In unseren Versuchen passierte das nur bei sehr hoher Last, sodass man nicht mit nächtlichen Störungen rechnen muss – zumal der Lüfter bei niedrigen Drehzahlen sehr leise ist.

OpenWrt ≠ OpenWrt

Insgesamt macht die Bedienung per Web-Interface und App Spaß und die Netzwerkleistung übersteigt trotz einiger Ungeheimheiten das, was man in den meisten Unterkünften erwarten darf, bei weitem.

Netzwerkspezialisten, die lieber alles selbst einrichten, werden zwar begeistert sein, müssen aber auch mit Abstrichen leben. Zuerst das Gute: GL.iNet belässt die OpenWrt-Weboberfläche LuCI in der

Firmware und bindet sie als „Advanced Settings“ ins Menü ein. Auch einen SSH-Zugang gibt es, über den man nach Belieben in den Konfigurationsdateien herum-schrauben kann. Legt man das Gerät dabei lahm, lässt es sich über den Debricking-Modus des Bootloaders in den Werkszustand zurückversetzen.

Das Schlechte: Offiziell unterstützt OpenWrt beide Geräte (noch) nicht; das OpenWrt von GL.iNet stammt aus einem Software-Development-Kit von Qualcomm. Es ist zwar relativ aktuell, aber wie lange das so bleibt, hängt vom Wohlwollen des Herstellers ab. Wer mit dem GL.iNet-Funktionsumfang zufrieden ist, hat nicht pauschal ein Problem, denn die Firma liefert für viele ältere Modelle nach wie vor Updates. Möchte man jedoch ein sauberes OpenWrt mit eigenen Ergänzungen und selbstgestrickten Abbildern, sind beide Modelle nicht die erste Wahl; das IPQ6000-SoC des Slate AX wird derzeit nicht einmal offiziell unterstützt. Es fehlt also nicht nur die Hardwaredefinition für den Router, sondern die gesamte Plattformerunterstützung. Wann sie kommt, ist derzeit nicht abzusehen. Das IPQ4018-SoC des Slate Plus wird von OpenWrt unterstützt, Bestrebungen des Herstellers, die Hardwaredefinitionen in OpenWrt zu ergänzen, konnten wir indes nicht entdecken. Ältere, bereits unterstützte Modelle wie der GL.iNet AR750S sind noch erhältlich.

Die Behauptung „runs on OpenWrt“ – trotz fehlender offizieller Unterstützung – sorgt in der Community nicht gerade für Freude. Doch GL.iNet hätte hier leichtes Spiel, denn die OpenWrt-Entwickler wären wohl die letzten, die sich einem Hersteller versperren würden, der sich um die offizielle Unterstützung seiner Geräte kümmert; damit könnte dieser zur ersten Wahl in diesen Kreisen werden.

Fazit

Sowohl der Slate AX als auch der Slate Plus sind nützliche Ergänzungen im Reiseroutermarkt: Der Slate Plus ist der erste Kompaktrouter mit Quad-Core-ARM-CPU, der Slate AX das erste Wi-Fi-6-Gerät in dieser Kategorie. GL.iNet hat ein rundes und einsteigertaugliches Bedienkonzept abgeliefert. Die LuCI- und SSH-Zugänge machen anspruchsvolleren Netzwerkern Freude. In puncto WLAN- und NAT-Datenrate sowie Softwareunterstützung sollte der Hersteller noch nachbessern. (amo@ct.de) **ct**

WLAN-Router für Reisen

Modell	GL.iNet Slate AX (GL-AXT1800)	GL.iNet Slate Plus (GL-A1300)
Hersteller, URL	GL.iNet, gl-inet.com	
System-on-Chip	Qualcomm IPQ6000 (4 × 1,2 GHz, ARM Cortex-A53), 512 MByte DDR3L-RAM, 128 MByte NAND-Flash	Qualcomm IPQ4018 (4 × 717 MHz, ARM Cortex-A7), 256 MByte DDR3L-RAM, 128 MByte NAND-Flash
WLAN	Wi-Fi 6 (2); Simultan-Dualband (max. 600 / 1200 Mbit/s brutto)	Wi-Fi 5 (2); Simultan-Dualband (max. 400 / 867 Mbit/s brutto)
Anschlüsse	1 × Gigabit-WAN, 2 × Gigabit-LAN, USB-A (5 Gbit/s), USB-C (Spannungsversorgung), microSD-Slot	1 × Gigabit-WAN, 2 × Gigabit-LAN, USB-A (5 Gbit/s), USB-C (Spannungsversorgung)
Bedienelemente	Resettaster, Modusschalter, mehrfarbige LED	Resettaster, Modusschalter, mehrfarbige LED
Getestete Firmware	4.0.3	4.0.0
NAT-Perf. IP/IP (DS / US) <sup>1</sup>	941 / 941 Mbit/s	624 / 584 Mbit/s
WLAN 2,4 GHz nah / 20m <sup>2</sup>	82 / 34 Mbit/s	116 / 16 Mbit/s
5 GHz nah / 20 m <sup>2</sup>	290 / 31 Mbit/s	306 / 75 Mbit/s
WISP-Router 2,4 / 5 GHz <sup>3</sup>	245 / 105 Mbit/s	50 / 116 Mbit/s
WireGuard-Datenrate <sup>1</sup>	665 Mbit/s	226 Mbit/s
OpenVPN-Datenrate <sup>1</sup>	130 Mbit/s	27 Mbit/s
NAS-Datenrate <sup>4</sup>	2 MByte: 54 / 23 MByte/s; 400 MByte: 106 / 106 MByte/s	2 MByte: 12 / 13 MByte/s; 400 MByte: 64 / 77 MByte/s
Leistungsaufnahme <sup>5</sup>	6 Watt / 11 VA	3,5 Watt / 7 VA
Lieferumfang	RJ45-Flachbandkabel (50 cm), Internationales USB-C-Netzteil (100–240 Volt AC; Steckadapter A, C (Euro), G)	
Gewicht, Maße	13 cm × 9 cm × 4 cm, 250 g	12 cm × 9 cm × 3 cm, 185 g
Preis	133 Euro	k. A.

<sup>1</sup> per Gigabit-Ethernet, 6 Streams, 60-Sekunden-Mittel    <sup>2</sup> gegen Intel AX210    <sup>3</sup> gegen Asus GT-AXE11000, 10 Meter entfernt; Client 10 Meter vom Reiserouter entfernt    <sup>4</sup> mit USB-SSD, per Samba, ext4-Dateisystem, Testdateigröße: Schreiben / Lesen    <sup>5</sup> idle, WLAN-AP-Modus, WAN-Port und ein LAN-Port belegt

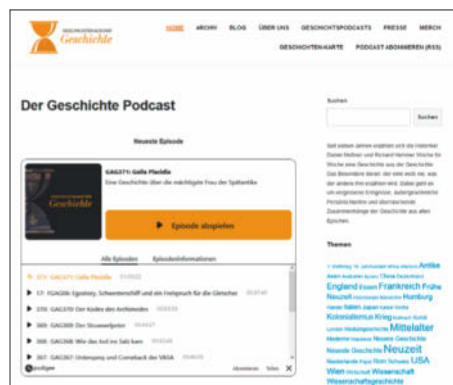


# Geschichte(n)geplauder

[geschichte.fm](https://geschichte.fm)

Die Vergangenheit enthält einen reichen Fundus an Anekdoten und Überraschungen – und damit für unterhaltsame Recherchen und Gespräche. Das kombinieren die beiden österreichischen Historiker Daniel Meßner und Richard Hemmer wöchentlich zu ihrem Podcast-Blog **Fakeshop-Finder**.

In über 370 Episoden vermitteln sie stets kurzweilig und zeitlos historische Ereignisse. Die Themen schlagen oft die Zuhörer vor, anschließend liest sich einer der beiden ein und erzählt. Der andere lässt sich überraschen und stellt Fragen.



Das ergibt reizvolle Podcasts quer durch alle Epochen: Deshalb verbindet die Literatur die Evolutionstheorie trotz Arbeiten anderer Forscher fast immer mit

Charles Darwin? Warum halten Meßner und Hemmer die Schlacht von Adrianopel im Jahr 378 für „die wohl folgenreichste“ für das Römische Reich?

Zu den einzelnen Folgen schreiben die beiden einen kurzen Blogeintrag, in dem man neben einer kurzen Beschreibung auch Literaturhinweise und einen Kommentarbereich findet. Auf einer „Geschichten-Karte“ kann man Folgen gezielt nach den Schauplätzen suchen, außerdem gibt es eine Liste mit weiteren Geschichts-Podcasts. (mon@ct.de)

## Erdumlaufbahnen

[orbtrack.org](https://orbtrack.org)

Um die Erde kreisen hunderte Satelliten sowie die beiden Raumstationen ISS und Tiangong. Auf der Website **OrbTrack** kann man nach einer Vielzahl dieser künstlichen Himmelskörper suchen. Dafür zapft sie die Datenbank CelesTrak des Ingenieurs und Satelliten-Operators T.S. Kelso an, anschließend zeigt sie die aktuelle Position des Objekts in Echtzeit und liefert Daten zur exakten Position und Höhe über Grund sowie zur Geschwindigkeit. Auf einer Weltkarte stellt OrbTrack außerdem die Bahn der nächsten Erdumrundung der menschengemachten Trabanten dar – geostationäre Satelliten natürlich ausgenommen.

Zusätzlich erhält man zur eigenen oder jeder beliebigen Position auf der Erdoberfläche den Blickwinkel (Azimut), den Winkel über dem Horizont (Elevation) und die Entfernung. Wer eine Beobachtung planen oder Antennen ausrichten möchte, erhält die Eckdaten für Azimut und Elevation samt Durchgangszeiten für fünf Tage im Voraus.



Hinter OrbTrack steckt der Hobby-Programmierer Torssten Hoffmann. Auf sein Konto geht beispielsweise auch das Tool [sonnenverlauf.de](https://sonnenverlauf.de), mit dem man für beliebige Standorte auf der Erde den Sonnenverlauf oder -einstrahlwinkel ermitteln kann. (mon@ct.de)

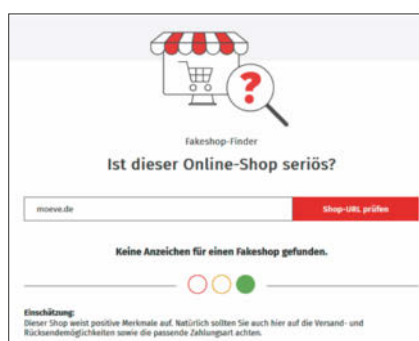
## Vertrauensprüfung

[verbraucherzentrale.de/fakeshopfinder](https://verbraucherzentrale.de/fakeshopfinder)

Suchen Sie im Internet nach Schnäppchen oder raren Produkten (oder beidem), werden Sie dabei früher oder später auf betrügerische Webshops treffen. Um kostspielige Fehlgänge zu vermeiden, sollten Sie bei besonders verlockenden Angeboten auf verdächtige Merkmale des Verkäufers achten.

Eine Hilfestellung bietet dabei der **Fakeshop-Finder** der Verbraucherzentralen. Dort geben Sie einfach die URL des fraglichen Webshops ein. Der Fakeshop-Finder klopft dessen Website da-

raufhin auf Verdachtsmomente ab, zum Beispiel ein fehlendes Impressum, erst kürzlich geänderte Domain-Informationen oder negative Nennungen in Bewertungsportalen wie Trusted Shops. Das Gesamtergebnis charakterisiert er mit



einer Ampel und erläutert seine jeweilige Einschätzung. Bei rotem Licht kann man sich nahezu sicher sein, dass Betrüger hinter dem Shop stecken, bei gelbem Licht lohnt sich eine eingehendere Prüfung, bei Grün taucht die Website bereits auf einer verifizierten Whitelist auf.

In einem kompakten Fakeshop-Glossar informiert das Portal über Hintergründe und gibt Tipps, worauf man achten sollte. Ergänzend empfehlen wir auch die c't-Checklisten für den Onlineeinkauf in Ausgabe 8/2022 ab Seite 16.

(Hans-Peter Schüler/mon@ct.de)

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

# GIGABYTE™



## The Market's Largest Selection!

# Next-gen GIGABYTE NVIDIA GPU Servers



Performance-Cost Balanced

All-Purpose, NUMA Balanced



World's Highest  
GPU Density



Discover Full Product Range  
[gigabyte.com/Enterprise](http://gigabyte.com/Enterprise)

# Versprochen gebrochen

MediaMarkt verschleppt versprochene Gutscheine



**Wer bei einem Kaufangebot zusätzliche Leistungen wie eine Gutscheine verspricht, sollte dieses Versprechen in der Regel auch zeitnah erfüllen. Bei MediaMarkt sieht man das offenbar locker.**

Von Tim Gerber

**M**itte August bemerkte Andreas L. ein interessantes Bundle-Angebot im Onlineshop von MediaMarkt. Es umfasste ein Smartphone Google Pixel 6a mit 128 GByte Speicher und Dual-SIM, ein Pixel-Cover sowie einen Coupon für weitere Einkäufe im Wert von 35 Euro. Das Ganze kostete 459 Euro, am 16. August gab Andreas L. seine Bestellung auf und bezahlte die Rechnung sofort elektronisch.

Wenige Tage später erhielt der Kunde die bestellte Ware. Nur der versprochene Gutschein, der für Einkäufe bei MediaMarkt nutzbar sein und per E-Mail geliefert werden sollte, ließ auf sich warten. Nach knapp einem Monat, am 10. Septem-

ber, wandte sich Andreas L. deshalb erstmals per E-Mail an den Kundenservice von MediaMarkt. Dieser bestätigte dem Kunden noch am selben Tag, dass ihm der Coupon zustehe, aber der Zeitpunkt der Zustellung per E-Mail noch nicht feststehe. Warum der Versand nicht direkt erfolgte, begründete der Kundenservice nicht. Eigentlich hatte Andreas L. mit einer sofortigen Bereitstellung des Guthabens gerechnet und wunderte sich über die Verzögerung.

## Hinausgezögert

Am 22. September, also knapp zwei Wochen nach seiner ersten Anfrage und fünf Wochen nach dem Kauf, hatte der Kunde



den versprochenen Coupon immer noch nicht erhalten. Also fragte er ein weiteres Mal nach und erhielt nun immerhin die etwas konkretere Auskunft, dass der Gutschein am 29. September per E-Mail verschickt werden solle.

Bis zum 13. Oktober konnte Andreas L. den Eingang des erwarteten Gutscheins noch immer nicht feststellen und wandte sich deshalb an die c't-Redaktion. Wir fragten am 17. Oktober bei der Unternehmenskommunikation des MediaMarktSaturn-Konzerns an, wo der versprochene Gutschein von Andreas L. bleibe.

**VOR  
SICHT  
KUNDE!**

### Gretchenfrage

Vor allem aber wollten wir wissen, warum der Coupon nicht unmittelbar nach seinem Erwerb versandt wurde, wie dies bei elektronischen Gutscheinen aller Art die Regel ist und es selbst eher behäbige Konzerne wie die Deutsche Bahn ganz gut hinbekommen. Doch nach einer Woche hatten wir von den Unternehmenskommunikatoren noch nicht einmal eine Rückmeldung erhalten, dass unsere Anfrage bearbeitet wurde. Also hakten wir am Morgen des 24. Oktober an verschiedenen Stellen des Unternehmens nach, unter anderem bei der Filiale, in deren Namen und mit deren Anschrift die Rechnung für Andreas L. ausgestellt worden war.

Und siehe da, nur etwa drei Stunden später erhielt er auch eine Entschuldigungsmail von der MediaMarktfiliale mit der Zusicherung, dass man der Sache nachgehen wolle, selbst aber den Coupon nicht ausstellen könne, da er online erworben wurde. Etwa zeitgleich erhielt er direkt vom Online-Service des MediaMarkts den versprochenen Coupon in Form eines per E-Mail übermittelten Codes, den er bei weiteren Einkäufen einlösen kann.

### Späte Antwort

Gut einen Tag später erhielten wir dann auch eine Stellungnahme von einer Unternehmenssprecherin. Sie schrieb, der Coupon sei bereits am 29. September wie angekündigt versandt worden. Andreas L. prüfte seine Mails erneut und bestätigte uns nochmals, diese niemals erhalten zu haben. Die Frage, warum man den Gutschein überhaupt erst Wochen nach dem Kauf verschickt hat, ließ die Sprecherin unbeantwortet.

Wir fragten deshalb am 7. November nochmals nach dem Grund für die offenbar geplante Verzögerung. Außerdem wollten wir von dem Handelskonzern gern wissen, ob und gegebenenfalls auf welche Weise er im Zug dieses Angebots die Kunden vorab darauf hingewiesen hat, dass der angebotene Coupon erst zu einem deutlich späteren Zeitpunkt verschickt werden sollte. Am 8. November erhielten wir die Auskunft, dass man solche Gutscheine grundsätzlich erst nach Ablauf eines 28-tägigen Widerrufsrecht des Kunden verschicke und dies in den AGB verankert sei.

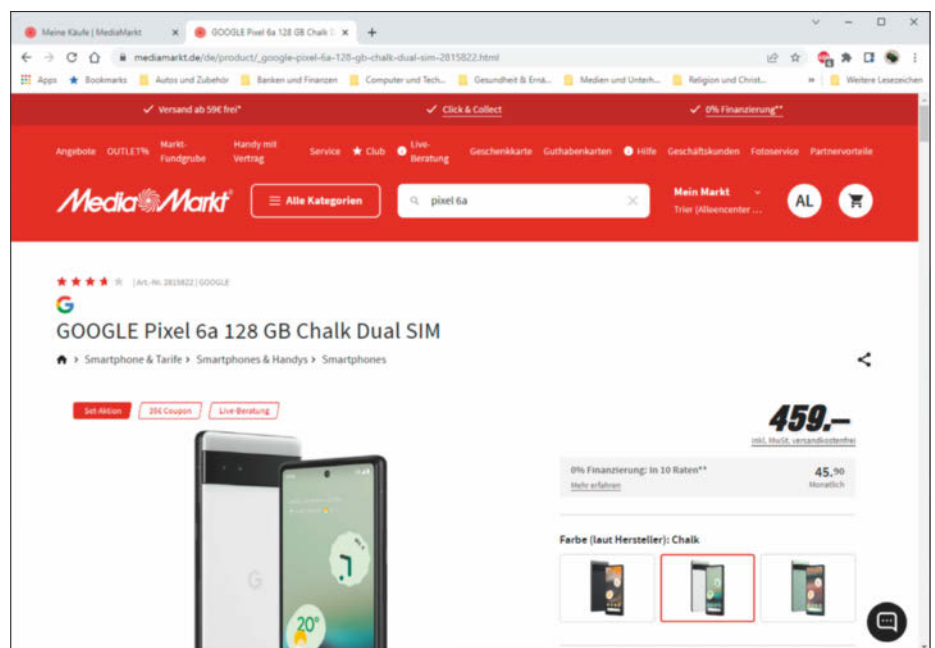
Dass es bei der Lieferung von Waren mitunter zu Verzögerungen kommen kann, leuchtet ein. Virtuelle Güter wie Gutscheinodes, die elektronisch verschickt werden können, sollten Unternehmen ihren Kunden innerhalb von Sekunden liefern. Und wenn dies aus irgendeinem Grund anders beabsichtigt sein sollte, darf man von einem Elektronikhandelskonzern erwarten, dass er seine Kunde rechtzeitig, deutlich und proaktiv über den geplanten Liefertermin informiert und dies nicht im Kleingedruckten versteckt.

Widerrufsrechte sind kein Grund, einen Gutschein erst nach deren Ablauf

zu verschicken, denn die Rückabwicklung ist gesetzlich geregelt. So regelt § 357 Absatz 1 des Bürgerlichen Gesetzbuches (BGB) kurz und bündig, dass die empfangenen Leistungen innerhalb von 14 Tagen nach einem Widerruf zurückzugeben sind. Für den Kaufpreis, den Andreas L. ja bereits bezahlt hat, gilt das erst ab Eingang des gelieferten Smartphones. Sollte der Kunde dann den Gutschein schon verwendet haben, kann der Händler die 35 Euro einfach abziehen. Auch dafür gibt es seit dem Jahr 1900 bewährte Regeln der Aufrechnung im BGB. Und wenn man schon das Einlösen verzögern möchte, könnte man den Gutschein auch sofort versenden und ein Datum festlegen, ab wann er einlösbar ist. Ebenso ist ja in der Regel auch ein Enddatum festgelegt, bis zu dem der Gutschein spätestens eingelöst sein muss. Im Fall des Gutscheins von Andreas L. ist das der 29. September 2024.

### Schlechter Service

Seine Kunden wie im Falle von Andreas L. im Ungewissen warten zu lassen und erst auf mehrfache Nachfrage zu informieren, ist aber in jedem Falle schlechter Service – ganz unabhängig von der nicht endgültig zu klärenden Frage, ob MediaMarkt den Gutscheincode nun schon am 29. September oder erst am 24. Oktober geliefert hat. (tig@ct.de) **ct**



**Das Bundle-Angebot von MediaMarkt enthielt keinen deutlichen Hinweis darauf, dass der enthaltene 35-Euro-Coupon erst Wochen nach dem Kauf geliefert werden sollte.**

# Kunst kommt von KI

Was Bildgeneratoren können und wie man sie einsetzt



Was KI-Bildgeneratoren können .....	Seite 64
Dall-E & Co. mit den richtigen Prompts bedienen ....	Seite 68
Sechs Bildgenerator-Dienste im Vergleich .....	Seite 72
Wie KI Bilder malt .....	Seite 80



## Mehr als eine kurze Textvorgabe benötigen Bilder-KIs wie Dall-E, Midjourney oder Stable Diffusion nicht, um faszinierende Werke zu erschaffen. Die künstlichen Künstler werden so manchen grafischen Produktionsprozess umkrempeln. Die Technik wirft aber auch rechtliche und moralische Fragen auf.

Von Jo Bager und Pina Merkert

**U**nter der Adresse <https://beta.dreamstudio.ai> ist ein neues Künstlerkollektiv erreichbar. Wann immer Ihnen der Sinn nach einem Gemälde, einer Grafik oder einem Foto steht: Rufen Sie die Website auf und beschreiben Sie dort das Motiv sowie den Stil mit einem kurzen Text, zum Beispiel „a fox astronaut with the cosmos reflecting on the glass of his helmet dreaming of the stars“. Sofort setzt sich ein Künstler an seine Staffelei und malt das Bild für Sie. Innerhalb von ein paar Sekunden sehen Sie das Ergebnis.

Natürlich handelt es sich nicht um ein Kollektiv aus menschlichen Kreativen, sondern um einen virtuellen Künstler namens Stable Diffusion. Die KI hat gelernt, wie Rembrandt, Van Gogh, Dalí und Dutzende andere alte Meister zu malen und beherrscht noch Hunderte weiterer Stile. Sie entwirft Illustrationen, die von denen erfahrener Grafiker nicht zu unterscheiden sind, Comic-artige Szenen sowie „Fotos“ von Orten und Ereignissen, die es nicht gibt und auch nie gegeben hat.

Stable Diffusion ist nur ein Beispiel für eine ganze Klasse an KI-Modellen, die sich auf Text-zu-Bild-Konversion verstehen. Bei etlichen Onlinediensten kommen solche Modelle bereits zum Einsatz. Dieser und die folgenden Artikel stellen Ihnen das spannende und zugleich sehr unterhaltsame Thema der KI-Bildgeneratoren im Detail vor.

In diesem Artikel geht es darum, was die KI-Künstler können, welche rechtlichen Auswirkungen die KI-Kunst hat und wie sie die Arbeit von Kreativen beeinflusst. Ab Seite 72 vergleichen wir sechs

Online-Bildgeneratoren, die wir im Akkord Bilder malen lassen haben.

Bei Stable Diffusion und Konsorten handelt es sich streng genommen jeweils nicht um eine einzelne KI. Stattdessen haben die Entwickler es geschafft, mehrere spezialisierte neuronale Netze sinnvoll zusammenspielen zu lassen. Ab Seite 80 erklären wir den Prozess, in dem die Systeme Bilder erzeugen, im Detail.

### Datenquelle: Internet

Wie alle nennenswerten KI-Erfindungen der letzten Jahre funktionieren auch die Bildgeneratoren nur deswegen so gut, weil sie mit immens großen Datensätzen trainiert wurden. Firmen wie OpenAI und Google durchforsten das Internet auf der Suche nach Bildern und zugehörigen Textbeschreibungen. Das können Bildunterschriften von Online-Artikeln sein, Beschreibungen der Künstler auf Plattformen wie Instagram oder ArtStation oder auch der Inhalt des alt-Attributs beim img-Tag beliebiger HTML-Seiten.

Die Beschreibungen sind von sehr unterschiedlicher Qualität. Manchmal umschreiben ein oder zwei Sätze den Bildinhalt für blinde Webseitenbesucher. Fotografen geben mitunter Details zur verwendeten Kamera und zum Objektiv an. Maler nennen einen Bildtitel und dokumentieren, ob sie mit Ölfarben oder digital gearbeitet haben.

Manchmal hat das Trainingsmaterial aber auch das Potenzial, die KI auf einen Holzweg zu führen. Tweets zum Beispiel verstecken im Zusammenspiel zwischen Bild und Text gerne mal Witze. Ironie, Verneinungen, Rechtschreibfehler und Irrtümer: Es gibt viele Möglichkeiten, einer KI Schwierigkeiten zu bereiten.

Die knappen, mitunter widersprüchlichen und in die Irre führenden Textbe-

schreibungen sind einer der Gründe dafür, dass es eine Wissenschaft für sich ist, Formulierungen zu finden, mit denen man den KIs Bilder entlockt, die den eigenen Vorstellungen entsprechen. Der Fachbegriff für diesen Prozess lautet Prompt Engineering, weil die Entwickler der KI-Modelle den Eingabesatz „Prompt“ nennen.

Wir haben verschiedene Generator-KIs mit Dutzenden Prompts gefüttert und unsere Erfahrungen ab Seite 68 zusammengefasst. Unsere Tipps zeigen Ihnen, worauf Sie bei der Formulierung von Prompts achten sollten, um bei Ihren Versuchen mit Stable Diffusion, Midjourney & Co. schneller zu ansehnlichen Ergebnissen zu kommen.

### Nebenwirkungen

Mit den Trainingsdaten und ihrer Beschaffung hängen noch zahlreiche weitere Probleme der Bildgeneratoren zusammen. Sie reproduzieren zum Beispiel gesellschaftliche Klischees, die sie aus den Daten gelernt haben, wie unter anderem Experimente der Neuen Zürcher Zeitung zeigen: Auf die Eingabe des englischsprachigen „doctor“ hin generierten Dall-E, Midjourney und Stable Diffusion Bilder von Ärztinnen und Ärzten. Wurde „competent doctor“ vorgegeben, stiegen in allen Programmen der Männeranteil und das Alter. Zur Eingabe „prisoner“ erzeugten die Bildgeneratoren nur noch Männer – und anders als bei Ärzten tauchten nun auch Menschen mit dunkler Hautfarbe auf.

Nicht jeder mag damit einverstanden sein, dass sein Konterfei ungefragt für das Training einer KI herangezogen worden ist. Auf ähnliche Weise könnten Kreative



So stellt sich Stable Diffusion „a fox astronaut with the cosmos reflecting on the glass of his helmet dreaming of the stars“ vor.





Mit In- und Outpainting kann man in Dall-E 2 klassischen Motiven eine neue Bedeutung verpassen. Hier wurde aus dem Bild „Der Schrei“ von Edvard Munch der Hintergrund ausradiert und durch neue Frames mit dem Prompt „a crowded city with much traffic edvard munch“ ersetzt.

ein Problem damit haben, dass ihre Werke in das Training einfließen – Training für Systeme, die sich möglicherweise mal als Jobkonkurrenten herausstellen.

In vielen Fällen ist es aber gar nicht möglich nachzuvollziehen, ob die eigenen Bilder in ein KI-Modell eingeflossen sind. Das liegt daran, dass die Modelle aus Nutzersicht Black Boxes sind: Man kann nur einen Prompt eingeben und den Output ansehen – welche Bilder im Trainingsdatensatz steckten und welche Rolle diese wiederum für eine bestimmte Ausgabe spielten, lässt sich von außen nicht erkennen.

Die Betreiber des Projekts Spawning wollen ein Bewusstsein für das Problem schaffen. Mit ihrem Dienst „Have I Been Trained?“ erschließen sie die Bilddatenbank LAION-5B. Die ist mit 5,85 Milliarden Bildern und dazugehörigen Beschreibungstexten einer der größten öffentlich verfügbaren Datensätze für das Training von Bild-KIs. Besucher der Website können die Datenbank per Text oder per Bild durchsuchen.

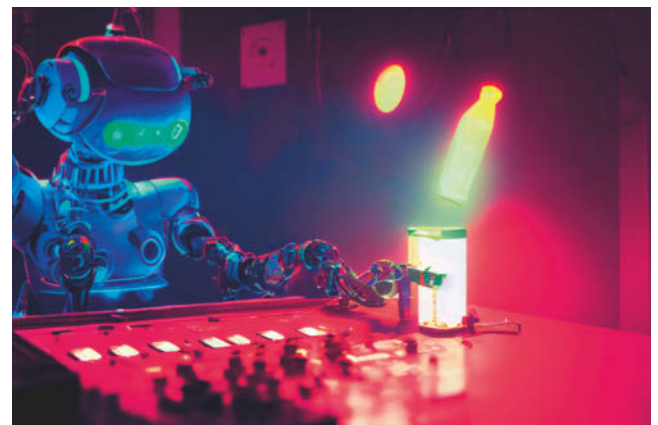
### Urheberrecht: Kein Problem

Einig sind sich die meisten Juristen immerhin, dass per KI erstellte Bilder im Normalfall nicht unter das Urheberrecht fallen und daher frei genutzt werden dürfen. Dies ergibt sich hierzulande daraus, dass es sich für einen Schutz aus dem Urheber-

rechtsgesetz um ein Ergebnis eines menschlichen Schaffens handeln müsste. Daran fehlt es bei computergenerierten Grafiken offenkundig. Ähnlich hat auch das US-Copyright-Office entschieden, welches mehrfach die Einstufung von computergenerierten Bildern abgelehnt hat. Die Folge: Derartige Bilder dürfen frei genutzt werden.

Eine Ausnahme kann es allerdings dann geben, wenn die KI erkennbar große Teile eines bestehenden Werkes wiedergibt. Handelt es sich bei dem reproduzierten Bild um ein Foto eines Menschen, wäre das auch datenschutzrechtlich kritisch. Werden dagegen Fotos von Menschen nur für das Training einer KI genutzt, so gehen Juristen von einem sogenannten „berech-

Letztlich ist es Glückssache, was eine KI auswirft. Man produziert auch viel Ausschuss. Dieser deformierte Roboter entstand beim Versuch, eine Illustration für c't zu erzeugen.



tigten Interesse“ zur Nutzung dieser Bilder aus – und dürften ihr Okay geben. Allerdings ist das Thema der KI-Kunst noch neu und solche Fragen dürften die Experten noch einige Zeit beschäftigen.

### Inhalte-Filter

Problematisch können auch erzeugte Bilder sein, die nicht jugendfrei sind oder anderweitigen Schaden anrichten könnten. Die Betreiber der Dienste versuchen, das durch restriktive Nutzungsbedingungen zu unterbinden. Der Dall-E-Entwickler OpenAI zum Beispiel verbietet es ausdrücklich, solche Bilder zu erstellen.

Zu den verbotenen Inhalten zählen Gewalt, „Belästigung“, Sexualität und Nacktheit. Tabu sind aber „große Verschwörungen oder Ereignisse im Zusammenhang mit wichtigen laufenden geopolitischen Ereignissen“, Inhalte, „die zur Beeinflussung des politischen Prozesses oder zum Wahlkampf verwendet werden können“ sowie „Bilder von Personen des öffentlichen Lebens“. Nutzer sind auch zur Transparenz angehalten. Sie dürfen nicht verschleiern, dass die erzeugten Bilder von einer KI stammen.

Offensichtlich nutzt OpenAI auch Wortfilter, um seine Regeln durchzusetzen. So weigerte sich Dall-E bei unseren Versuchen, ein Bild mit dem Prompt „elon musk flying on a blue bird digital art“ zu erzeugen.

### Das Ende der Kunst?

Momentan entsteht ein großer Hype um die KI-Bildgeneratoren. Der Stockfoto-Anbieter Shutterstock etwa will künftig direkt auf seinem Portal mit Dall-E von OpenAI Bilder generieren – ebenso wie Microsoft mit seiner Suchmaschine Bing.

Derweil werden die KI-Dienste schnell weiterentwickelt und etwa um die Funktionen Inpainting und Outpainting

ergänzt. Inpainting erlaubt es dem Nutzer, Bildbereiche zu löschen, in die die KI mithilfe des Prompts neue Inhalte hinein-erfindet. Beim Outpainting wiederum kann eine KI ein Originalbild über den Rand hinaus erweitern. Dabei übernimmt sie wahlweise den Stil des Originals oder variiert ihn.

Die künstlichen Künstler haben ganz offensichtlich das Potenzial, so manchen grafischen Gestaltungsprozess zu verändern. Vielleicht ist Ihnen ja schon das eine oder andere von einer KI gestaltete Bildelement untergekommen – zum Beispiel in der c't: Das Aufmacherbild auf Seite 104 in Ausgabe 23 hat eine KI fabriziert.

Als im August ein von Midjourney generiertes Bild einen Kunstwettbewerb gewann, wurde auf Twitter und in einschlägigen Blogs schon diskutiert, ob die KI-Bildgeneratoren den „Tod der Kunst“ einläuten. Aber das scheint überzogen zu sein. Zwar finden viele Menschen zumindest einige KI-Bilder schön, der größte Teil ist aber auf eine unangenehme Art seltsam oder schlichtweg sinnloser Ausschuss. Vor allem aber ist es mit Prompt Engineering alleine nicht möglich, den Prozess so zu kontrollieren, dass das Ergebnis exakt den Erwartungen entspricht.

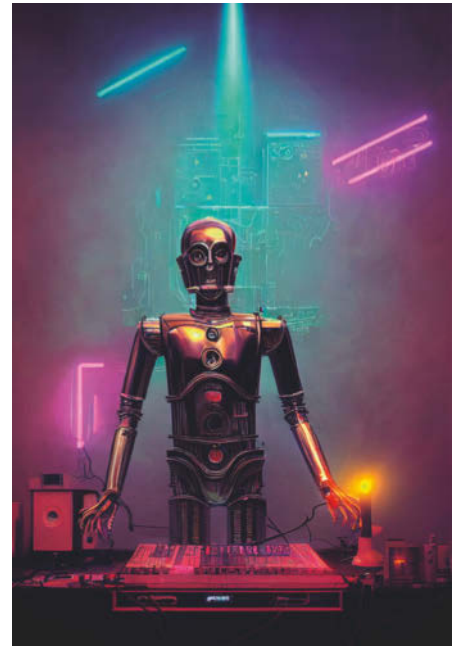
Genau aus diesem Grund haben wir gar nicht erst versucht, die Aufmacherbilder für die Artikel dieses Schwerpunkts von einer KI malen zu lassen, sondern einen Grafiker beauftragt. Die vier Bilder

sollten wiedererkennbare Elemente haben, die eine grafische Verbindung zwischen den Artikeln knüpfen. So etwas kann man bei KI-Generatoren nicht bestellen.

Dass die KI-Bilder schwer zu beeinflussen sind, wird sich auch mit den nächsten Generationen der Generatoren nicht ändern. Die Auflösungen werden sicherlich steigen, die Bezüge in den Bildern werden logischer werden, die Werke werden immer weniger wie Wimmelbilder aussehen. Aber es wird schwierig bleiben, bestimmte Ausgabe zu erzeugen, bei denen Komposition, Inhalte und Stil den eigenen Vorstellungen entsprechen.

Wer sich mehr Kontrolle erhofft, muss auf verbessertes Inpainting hoffen, das sicherlich in Zukunft eine größere Rolle in Bildbearbeitungsprogrammen spielen wird. Photoshop hat jetzt schon eine Funktion für KI-Inpainting. Die kann man aber bisher noch nicht mit einer Texteingabe steuern.

Für die Zukunft ist also zu erwarten, dass Bildgeneratoren Teil des Werkzeugkastens von Illustratoren und Künstlern werden, diese aber nicht ersetzen. Kreative werden die Grafik-KIs als Inspirationsquelle nutzen oder als Lieferanten von Rohmaterial – wie beim Aufmacher auf Seite 130 der c't 23. Dafür hat eine Kollegin mehrere Bilder mit Stable Diffusion generiert, zu einer Komposition zusammengestellt, in Photoshop einige Fehler retu-



**Midjourney: „C3PO the robot god of music production wielding the magic“. Haben Sie's gesehen? Dieses Bild illustriert einen Artikel in Heft 23.**

schert, das Mikro ausgebessert, die Augen verändert und die Farben mittels Filter aufgefrischt.

## Spaß mit Bildern

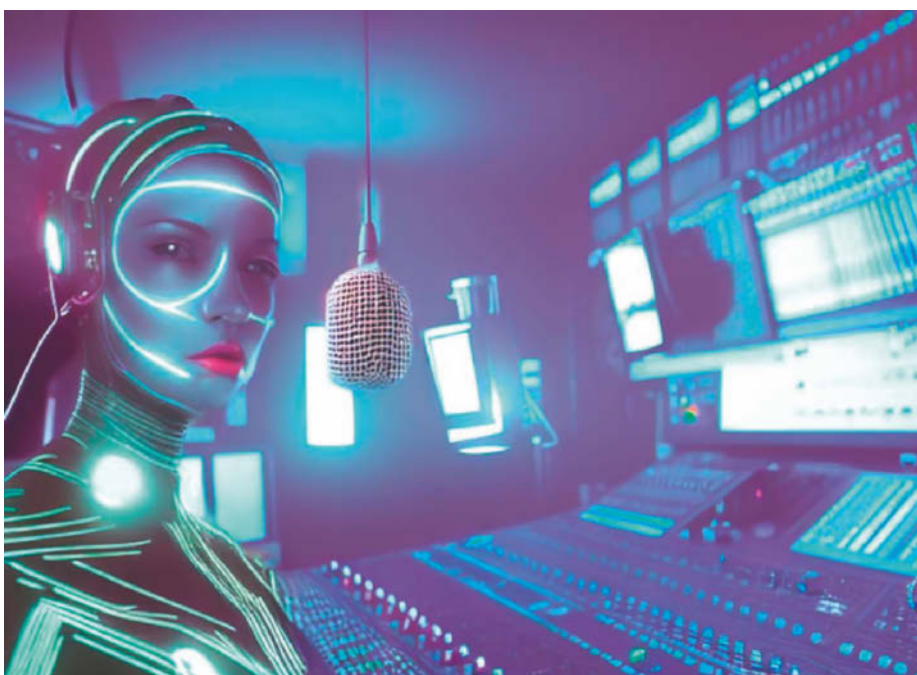
Man muss aber kein Profi sein, um die faszinierenden Bildgeneratoren zu nutzen. Die meisten Dienste sind zumindest in einer Basisversion kostenlos. Und es macht Spaß, sich an einem Werk zu versuchen – probieren Sie es einfach einmal aus. Einige c't-Kollegen haben bereits besonders gelungene Werke ausgedruckt und an die Wand gehängt.

Sie können auch ein Quiz daraus machen: Generieren Sie Bilder zu einem Songtitel, Bandnamen oder einer Textzeile und lassen Sie Ihre Freunde den Prompt raten. Oder sie veranstalten ein „Prompt Battle“ wie die Dozenten und Studenten der Hochschule für Technik und Wirtschaft in Dresden: Dabei geht es darum, durch die besseren Prompts Dall-E die eindrucksvolleren Bilder zu entlocken. (jo@ct.de) **ct**

## Literatur

- [1] Dirk Hecker und Gerhard Paaß: Sprachverstehrer, GPT-3 & Co. texten überzeugend, aber nicht faktentreu, c't 9/22, S. 64

**Erwähnte Bildgeneratoren:** [ct.de/y299](https://www.ct.de/y299)



**Für dieses Aufmacherbild eines Artikels in c't 24 wurden mehrere Bilder mit StableDiffusion generiert, in Photoshop zusammengesetzt und nachbearbeitet.**





Bild: Albert Hulm

# Mal mir was, KI!

## Prompt-Engineering: Tipps für die besten Ergebnisse mit KI-Bildgeneratoren

**Neuronale Netze malen auf Zuruf überraschende, wunderschöne Bilder – wenn man den Arbeitsauftrag richtig formuliert. Dieser Artikel hilft Ihnen, die besten sogenannten Prompts für die schönsten Bilder zu finden.**

Von Pina Merkert

**N**euerdings begleitet mich Rembrandt. Wann immer mir der Sinn danach steht, beschreibe ich ihm kurz, welches Bild ich haben möchte, und sofort setzt er sich dran und malt es für mich. Bleibe ich vage, erfindet er Dinge dazu, bis kein Fleck der Leinwand leer bleibt.

Mein Rembrandt ist ganz schön praktisch: Tweets sehen mit Bild viel schöner aus, und seitdem der Künstler mich begleitet, habe ich auch viel mehr Follower. Auch in WhatsApp kommen seine Werke oft besser an als Sticker und Emojis. Seit ich seine Bilder habe, kann ich mich klarer ausdrücken, bei abstrakten Themen haben meine Chatpartner jetzt buchstäblich ein Bild vor Augen.

Mein Begleiter ist natürlich nicht der echte Rembrandt, sondern eine KI. Die ist sogar vielseitiger: Während der echte Rembrandt stets in seinem berühmten Stil malte, beherrscht die KI Tausende unterschiedliche Stile. Ein kleiner Hinweis in meiner Beschreibung reicht, damit sie wie Picasso malt, Salvador Dalí imitiert oder sogar die Optik eines Fotos hervorzaubert.

Mein Rembrandt ist allerdings ein bisschen schwer von Begriff. Ich muss schon sehr genau aufpassen, wie ich ihm Anweisungen gebe. Prinzipiell hat er Ahnung von Bildkomposition und Farbe, von der echten Welt hat er aber nie etwas gesehen. Alles, was mein Rembrandt kennt,





**Dall-E 2:** „Painting of a PlayStation 5, Rembrandt van Rijn, oil on canvas“. Die Form der Konsole trifft Dall-E nicht, der Controller wirkt vergleichsweise realistisch. Rembrandt hätte die Konsole zudem nicht so bunt gemalt.



**StableDiffusion 1.5:** „A geysir in Yellowstone national park, DSLR photo, 4k“. Bei den Bäumen im Hintergrund erkennt man noch kleinere Artefakte, die Optik des Bildes entspricht aber schon deutlich der eines Fotos.

sind Bilder aus dem Internet und die meist recht ungenügenden Beschreibungen, die Menschen unter den Bildern hinterlassen haben.

Der Prozess, eine Formulierung zu finden, die zum gewünschten Bild führt, nennt sich „Prompt Engineering“, weil die Entwickler der KI-Modelle den Eingabesatz „Prompt“ nennen. Es ist mitunter schwer, die KI in eine bestimmte Richtung zu lenken. Meist überrascht mich, was die KI malt.

Erstaunlicherweise kommen beim Verwirrspiel zwischen mir und der KI auch mal wunderschöne Bilder heraus. Der ganze Prozess ist chaotisch und es ist sehr schwer, ihn in eine bestimmte Richtung zu lenken. Der Weg zu einem schönen KI-Kunstwerk ist gesäumt von Dutzenden bis Hunderten Fehlschlägen. Damit Sie mit deutlich weniger Fehlversuchen auskommen als wir, haben wir von verschiedenen Bildgeneratoren mehrere Tausend KI-Werke malen lassen und dabei viele For-

mulierungen (im Fachjargon „Prompts“) ausprobiert. Trotzdem: Sie sollten selbst einige Dutzend Prompts ausprobieren, um ein Gefühl für die Technik zu entwickeln. Ganz abnehmen können wir Ihnen diese Experimente nicht. Mithilfe der folgenden Tipps werden Sie den KIs aber viel schneller schöne Bilder entlocken.

### Umgekehrt gedacht

Alle Bildgeneratoren haben ein Interface mit einem Eingabefeld, in das man den

## Midjourney-Parameter

Midjourney unterstützt in der Prompt-Zeile auch Parameter. Die hängt man einfach wie bei einem Kommandozeilenprogramm mit Leerzeichen getrennt an. Am häufigsten braucht man `--ar 16:9` für Bilder im Seitenverhältnis des Monitors. Die Zahlen dürfen Sie auch umdrehen, um hochformatige Bilder für Smartphones zu bekommen.

Schreiben Sie eine URL zu einem Bild in den Prompt, lädt Midjourney das Bild und nutzt es als hauptsächlich stilistischen Anreiz. Das klappt auch mit mehreren Bildern. Sie können für jedes Bild angeben, wie stark sich Midjourney davon beeinflus-

sen lassen soll. Dafür schreiben Sie `--iw` und eine Kommazahl hinter die URL. Standardmäßig haben Bilder ein sehr geringes Gewicht von 0,25 und beeinflussen das Ergebnis kaum. Schreiben Sie beispielsweise `--iw 5.5`, beeinflusst das Bild die Ausgabe schon mehr als der Text.

Geben Sie den Parameter `--test` an, benutzt Midjourney ein anderes neuronales Netz, vermutlich eine Betaversion der nächsten nachtrainierten Variante. Die Ergebnisse unterscheiden sich erheblich, Gesichter und menschliche Proportionen gelingen dem Testnetz deut-

lich besser. Es gibt auch eine hauptsächlich mit Fotos trainierte Variante dieses Netzes, die Sie mit `--testp` auswählen. Beide Testnetze erzeugen keine Vierer-Raster in der ersten Stufe, sodass Sie den Prompt mehrfach neu starten lassen müssen, um einen Eindruck für die Varianz in den möglichen Ergebnissen zu bekommen. Die Testnetze unterstützen bisher auch keine Bild-URLs. Außerdem scheint „Upscale to Max“ nicht zur Verfügung zu stehen. Die Auflösung der hochskalierten Variante ist aber von sich aus höher als beim normalen Netz.

Prompt eintippt. Bei Midjourney kann man in das gleiche Feld auch Parameter tippen, bei DiscoDiffusion kann man daneben noch etwas einstellen. Im einfachsten Fall gibt es aber nur ein einzelnes leeres Feld wie bei einer Suchmaschine.

Um für dieses Feld einen möglichst effektiven Prompt zu erfinden, stellen Sie sich vor, das perfekte Bild wäre schon da. Mit dem Bild im Kopf fragen Sie sich dann: „Wie würde ein Internetnutzer dieses Bild treffend in wenigen Worten beschreiben?“ Diese Beschreibung tippen Sie dann ein und ignorieren, dass das eventuell kein grammatikalisch korrekter Satz ist.

Möchten Sie beispielsweise eine Spielekonsole im Stil von Rembrandt generieren lassen, sollten Sie „Bild einer PlayStation 5, Rembrandt van Rijn, Öl auf Leinwand“ versuchen. Da die Bildgeneratoren alle nur Englisch können, natürlich übersetzt: „Painting of a PlayStation 5, Rembrandt van Rijn, oil on canvas“. Die Angabe von Künstler, Farben und Trägermaterial setzt für die KI einen deutlichen Hinweis fürs Imitieren der Maltechnik. Den wird sie versuchen, im Bild vorkommen zu lassen, obwohl es von Spielekonsolen wohl eher mehr Fotos als Gemälde in den Trainingsdaten gibt. Die KI versucht aber, alle Begriffe aus dem Prompt gleichermaßen zu berücksichtigen, weshalb man durchaus mit Erfolg nach Kombinationen fragen kann, die im Datensatz nicht vorkamen.

Ein häufig fotografiertes Motiv funktioniert natürlich besonders gut, wenn Sie eine gängige Beschreibung als Prompt liefern: „A geysir in Yellowstone national

**Midjourney:**  
„A sorcerer with a gray hat“. Zauberer waren in den Trainingsdaten von Midjourney wohl meist Illustrationen oder Gemälde.



park, DSLR photo, 4k“. Die KI simuliert hier natürlich keine Kamera und spuckt auch keine 4K-Auflösung aus. „DSLR“ ist als Begriff aber ein Hinweis auf ein mit einer Profi-Kamera geschossenes Foto und „4k“ der Hinweis, dass das Bild sich als Desktophintergrund eignen sollte.

### Grammatik zweitrangig

Die Grammatik der Prompts ist eher zweitrangig. Warum das so ist, können Sie an der auf S. 80 erklärten technischen Struktur nachvollziehen. Intern nutzen manche Teile der KIs die Wortreihenfolge und andere nicht. In der Praxis lohnt es sich mal „DSLR photo of a dog in a space suit“ und mal „a dog in a space suit, DSLR photo“ auszuprobieren. Die beiden Prompts führen intern zu leicht unterschiedlichen Zahlenwerten.

Solche kleinen Unterschiede können sich im Gesamtsystem durchaus so auswirken, dass die Bilder ganz anders aussehen. In der Praxis ist es deswegen sinnvoll, einen Prompt in mehreren sinnvollen Formulierungsvarianten auszuprobieren. Wir haben gute Erfahrungen damit

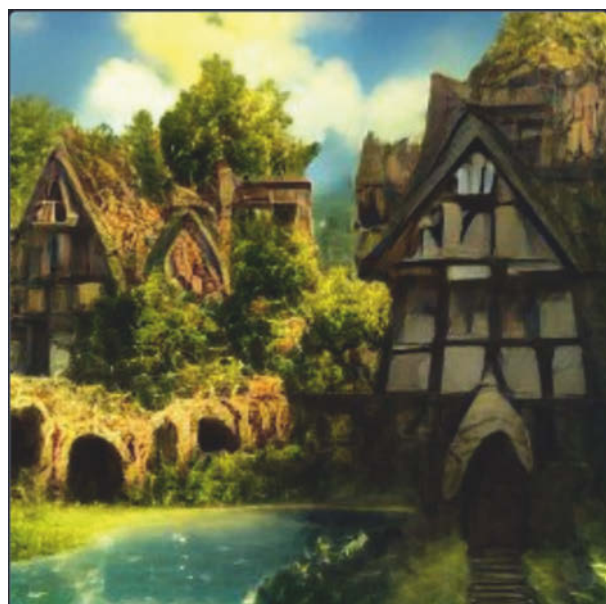
gemacht, einzelne Begriffe zu ergänzen, solange das Bildthema schon in die richtige Richtung geht. Stellen Sie den Satz deutlich um, wenn der Inhalt nicht den Erwartungen entspricht.

### Hinweise streuen

Oft ist es eine gute Idee, mit einem einfachen Prompt anzufangen und bei Bedarf zusätzliche Hinweise zu streuen. Bei „A sorcerer with a gray hat“ erzeugt Midjourney beispielsweise zunächst eine Kinderbuch-Illustration. Ergänzt man „Lord of the Rings“, kommt eine Fantasy-Roman-Illustration heraus. Interessanterweise erinnerte der Zauberer erst an Gandalf aus dem Film von Peter Jackson, als wir „digital painting“ hinzufügten.

Nach Ölgemälden, Illustrationen oder Postern können Sie die KIs direkt fragen. In den Trainingsdaten der meisten Netze gibt es so viele schlechte und mittelmäßige Fotos, dass Sie besser indirekt Profifotos bestellen, indem Sie beispielsweise Informationen zu einem Objektiv ergänzen. Das funktioniert mit den Daten tatsächlicher Objektive sehr gut, etwa mit „Helios 44-2 58mm f2.0“, Fantasiekombinationen technischer Daten funktionieren weniger gut (Canon 45mm f1.5). Wer 3D-Renderings mag, kann einen Algorithmus wie „Octane render“ angeben, wer Spieledemo-Ästhetik schätzt, ergänzt „Unreal Engine“. Auch beschriebene Berühmtheit kann die KI anspornen: „trending on ArtStation“. ArtStation ist eine Online-Community für meist digital arbeitende Künstler.

Manche Begriffe ergänzt man bei Bedarf, wenn die Bilder zu unruhig werden: „symmetrical“, „ultra-detailed“, „blue and orange color scheme“. Synonyme zu ergänzen bringt meist wenig; wenn Begriffe neue Teilaspekte ergänzen, können sie aber hilfreich sein. In eine Längenbegrenzung laufen Sie normalerweise nicht, ein längerer Prompt ist aber auch nicht unbedingt ein besserer Prompt.



**Craiyon:** „A beautiful fantasy village“. Craiyon nutzt nur ein kleines neuronales Netz und deshalb zeigen die Bilder mehr Artefakte.



## Jede KI malt anders

Welche Formulierung des Prompts die schönsten Bilder herauskitzelt, ist leider stark vom jeweiligen Bildgenerator abhängig. Was bei Craiyon funktioniert, sieht bei Dall-E möglicherweise nicht so gut aus wie ein auf die Besonderheiten von Dall-E zugeschnittener Prompt. Imagen werden Sie explizit nach Malerei fragen müssen, während Midjourney standardmäßig digitale Malerei liefert. Wollen Sie Midjourney dagegen einen Photo-Look abringen, werden Sie definitiv „a photo of“ in den Prompt schreiben müssen. Oder etwas Ähnliches, was der KI den nötigen Hinweis gibt.

Sie werden recht schnell lernen, was funktioniert, wenn Sie in kurzer Zeit viele Prompts ausprobieren. Das ist bei DiscoDiffusion und StableDiffusion auf dem eigenen Rechner schwierig, weil der meist weniger Rechenleistung als die Cloud-dienste hat und die Berechnungen viel länger dauern. Muss man wie bei Dall-E 2 für jedes Bild bezahlen, experimentiert man weniger gern als mit einer Flatrate, wie es sie bei Midjourney im /relaxed-Modus gibt.

Gibt es öffentlich zugängliche Beispiele, bei denen der Prompt dabeisteht, können Sie, ohne eigene Rechenzeit zu investieren, Hinweise sammeln, welche Prompts gut funktionieren. Es lohnt sich auch, auf Reddit, Twitter oder einschlägi-

**StableDiffusion 1.5 hat hier im wahrsten Sinne nur Versatzstücke einer Tänzerin dargestellt. In den Zwischenräumen hat sich die KI in einer Textur verloren. Alle KIs machen Fehler dieser Art und die meisten Werke sind beim ersten Versuch unbrauchbar.**



gen Plattformen wie playgroundai.com oder prompthero.com nach Tipps für gute Prompts zu suchen (siehe [ct.de/ykec](https://ct.de/ykec)). Ganz ohne eigene Experimente kommen Sie dabei aber trotzdem nicht aus, weil sich die fremden Bilder selten eins zu eins für die eigenen Zwecke eignen und eine Abwandlung kaum im ersten Versuch gelingt. Bei den stolz präsentierten Werken anderer Nutzer bekommen Sie die vielen Fehlschläge nicht zu sehen.

## Nachbearbeiten

Es liegt in der Natur der Verfahren, dass man der KI keine Anweisungen zum Verändern der Bilder geben kann. Ein menschlicher Illustrator könnte leicht die Proportionen der Figuren anpassen, eine Malerin könnte schnell mal ein Schwert in der Hand durch eine Feder ersetzen. Bei den KI-Bildgeneratoren fängt man dagegen immer bei Null an und bekommt meist eine ganz andere Bildkomposition, sobald man nur Kleinigkeiten am Prompt verändert.

Beherrscht die KI wie Dall-E 2 Inpainting beziehungsweise Outpainting, dann können Sie ein Stück weit von der Regel abweichen. Die Funktion erlaubt es, mit einem Radierer Bereiche zu löschen, in die die KI mithilfe des Prompts Bildinhalt hineinfindet. Die nicht ausradierten Pixel dienen dabei als Kontext, den die KI berücksichtigen muss. Meistens gelingt ihr ein fließender Übergang zwischen den alten und den neuen Bildinhalten. Bei Dall-E 2 bekommen Sie aber auch oft nicht das, was Sie im Prompt beschrieben haben. Trotzdem stellt Inpainting eine

Möglichkeit dar, KI-Bilder nachträglich anzupassen.

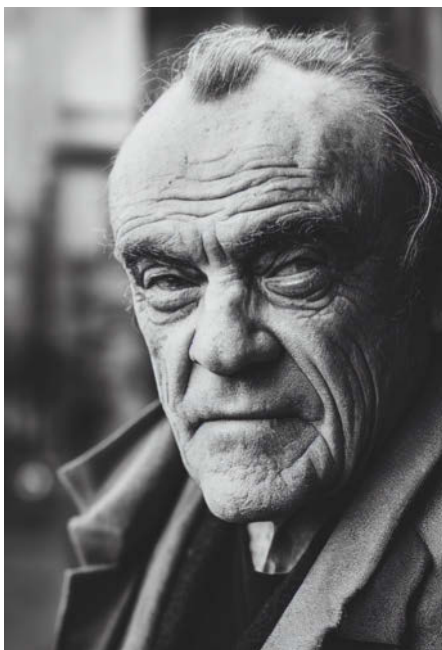
Es gibt Künstler, die Bildgeneratoren wie DiscoDiffusion einsetzen, um ein Basisbild zu erzeugen, das sie anschließend teilweise oder ganz übermalen. Die Künstler nutzen die KI dann als Inspirationsquelle. Die kann gerade durch ihre Defizite die Kreativität fördern. Eine schwebende Stadt über den Wolken ist physikalisch unmöglich. Malt der Künstler Stützen zum Boden, entsteht eine interessante Fantasy-Szenerie.

## Kostenlos ausprobieren

Die Firmen hinter den Bildgeneratoren gewähren neuen Nutzern oft ein kleines Freivolumen, mit dem man zumindest eine Handvoll Bilder rechnen lassen kann. Details zu den einzelnen Anbietern finden Sie im Vergleichstest ab Seite 72.

Prompt Engineering ist eine Fähigkeit, die man nicht analytisch lernt wie Programmieren. Stattdessen müssen Sie ein Bauchgefühl entwickeln, bei welchen Formulierungen die KIs schöne Ergebnisse liefern. Wer Geld sparen will, liest sich zuerst die Prompts einiger gelungener Beispiele durch und verpulvert danach mit viel Variation das Freivolumen. Wer dabei Spaß hat, kauft dann etwas Rechenzeit hinzu und versucht gezielter, bestimmte Stile und Motive zu erzeugen. Vertrauen Sie auf den Prozess! Es macht nämlich eine Menge Spaß, die KI malen zu lassen, gerade weil man nie genau weiß, was dabei herauskommt. (pmk@ct.de) **ct**

**Beispiel-Prompts:** [ct.de/ykec](https://ct.de/ykec)



**Midjourney (Foto-Testnetz): „Bruno Ganz, Canon 85mm f1.2“. Dem mit Fotos trainierten Testnetz von Midjourney gelingen Bilder, die kaum von echten Fotos zu unterscheiden sind. Illustrationen sind damit fast unmöglich.**





Bild: Albert Hulm

# Malwettbewerb

## KI-Bildgeneratoren: Sechs Web-Apps im Test

**Medien und Online-Foren zeigen beeindruckende Bilder aus KI-Generatoren wie Dall-E 2, Midjourney und Stable Diffusion. Sie erwecken den Eindruck, man müsse nur einen Satz eingeben und könne das Resultat in der Nationalgalerie aufhängen. Doch unser Test zeigt, dass nicht jeder Dienst alle Motive gleich gut umsetzt.**

Von André Kramer

**D**as Web ist voller atemberaubender Gemälde, Illustrationen und Renderings von KI-Bildgeneratoren wie Dall-E 2 oder Midjourney. Feuilletonistische Artikel und launige Reddit-Threads verzerren mit ihren Best-ofs aber die KI-Wirklichkeit. Im Test zeigten sich die Grenzen der Bildgeneratoren: Sie können nicht jeden Zusammenhang und nicht alle Motive gleichgut wiedergeben. Bei manchen Diensten kristallisieren sich Spezialitäten heraus.

Wir haben sechs Webdienste getestet, die aus Textkommandos in englischer Sprache, den „Prompts“, Bilder erstellen. Dazu gehören die populären Dienste Dall-E 2 und Midjourney sowie Craiyon, zuvor bekannt als Dall-E mini. In aller Munde ist außerdem Stable Diffusion von Stability AI. Dessen Web-App heißt DreamStudio und trägt derzeit noch den Zusatz Beta. Stable Diffu-

sion ist anders als die Technik hinter Dall-E oder Midjourney Open Source. Daher findet sich Stable Diffusion auch in vielen anderen Diensten. NightCafe bietet beispielsweise Stable Diffusion, aber auch noch drei andere Techniken. Den Generator Wombo Dream gibt es auch als Mobil-App.

Die Bewertungen in der Tabelle am Ende dieses Artikels setzen sich aus Noten von 1 bis 5 für jeweils 20 Bildanfragen zusammen. Unter „Umsetzung der Bildidee“ haben wir bewertet, wie gut das Bild zum Prompt passte, aber auch wie viele Details das Bild enthielt, und ob das Motiv glaubwürdig und realistisch erschien, beispielsweise ein Gesicht mit zwei Augen, Mund und Nase zeigte oder eher eine Art Schattenspiel, das entfernt einem Antlitz ähnelt. Die Zeile „Technische Bildqualität“ bezieht sich auf Merkmale wie Auflösung, Artefakte und Bildrauschen.

## Format, Stil und Auflösung

Die meisten KI-Bildgeneratoren geben quadratische Bilder in der Größenordnung von 512 bis 1024 Pixel Kantenlänge aus, denn die Bilder entstehen in einem rechenintensiven Prozess: Die Modelle starten mit einer Kantenlänge von 64 Pixeln und skalieren dann auf 128, dann 256, dann 512 Pixel. Das stellt sicher, dass immer das ganze Bild zum Prompt passt und nicht nur eine Ecke. Außerdem müssen die KIs Schritt für Schritt das Bildrauschen reduzieren. Und jeder Schritt kostet Strom, Zeit und Geld – also erzeugen die Anbieter keine 24-Megapixel-Bilder, sondern deckeln die Ausgabe auf ein Maß, das sich zwar gut für Instagram eignet, nicht aber für großformatigen Druck.

Als Ausgabeformat wählen die Anbieter browserverträgliche Formate, also JPEG, PNG oder WebP in 8 Bit Farbtiefe pro Kanal und ohne Farbmanagement, beziehungsweise im kleinsten Farbraum sRGB mit eher geringem Potenzial zur Weiterverarbeitung. Craiyon und Wombo umgeben die Bilder mit einem Rahmen, der das Logo und den Schriftzug des Herstellers enthält. Die Pixelangaben in der Tabelle beziehen sich lediglich auf das generierte Bild, ziehen den Rahmen also ab.

Einige Web-Apps fallen durch Stilvorlieben auf: Midjourney erzeugt Illustrationen, die an Gemälde erinnern, Stable Diffusion hingegen eher fotorealistische Renderings. NightCafe Creator und Wombo Dream bieten eine Reihe Stile von Ölgemälde bis Foto zum Anklicken an. Bei der Suche nach dem perfekten Prompt helfen Stichwortreihen wie „professional photography, bokeh, natural lighting, nikon lens, 64 mpixel, high resolution“ oder „Pixar, Disney, concept art, 3d digital art, Maya“ (siehe S. 68).

„The Beatles playing football“ (von links oben: Craiyon, Dall-E 2, DreamStudio; unten: Midjourney, NightCafe, Wombo Dream)



## Öffentliche Nutzung

Computergenerierte Bilder sind nach der zeitigen Meinung von Juristen nicht durch das Urheberrecht geschützt. Dennoch kann es zu Problemen führen, solche Bilder beispielsweise auf einer privaten Webseite zu zeigen. Jeder Dienst hat eigene Nutzungsbedingungen. Craiyon ist kostenlos nutzbar und erlaubt auch die kommerzielle Nutzung, wenn der Dienst namentlich genannt wird. Midjourney erlaubt die Nutzung unter „Creative Commons Noncommercial 4.0 Attribution“, also ebenfalls unter Namensnennung des Anbieters. Bei einem Unternehmensumsatz von mehr als eine Million US-Dollar jährlich werden bei beiden Anbietern Gebühren fällig. Bei Craiyon soll man sich per E-Mail an den Hersteller wenden. Midjourney verlangt einen „Corporate Plan“ für 600 US-Dollar pro Jahr.

Stability AI, Entwickler von Stable Diffusion, und OpenAI, Hersteller von Dall-E 2, erlauben die kommerzielle Verwendung der erzeugten Bilder. Bei OpenAI heißt es ferner: „To the extent allowed by law [...], you own your Prompts and Uploads, and you agree that OpenAI owns all Genera-

tions.“ Demnach gehört dem Nutzer die Texteingabe und dem Anbieter das Bild, allerdings nur, soweit das Gesetz es erlaubt – mangels Urheberrecht an der generierten Grafik geht der Schutz hier aber nicht weit. NightCafe Creator erlaubt kommerzielle Nutzung explizit nur, sofern nicht die Rechte Dritter verletzt werden.

Hier wird es interessant. Denn die Daten, mit denen die künstliche Intelligenz trainiert wurde, haben starken Einfluss auf den Prozess. Die dabei verwendeten fremden Bilder unterliegen in fast allen Fällen dem Urheberrecht, möglicherweise aber auch dem Datenschutz und anderen Regelungen wie dem Markenrecht. Die Probe kann man selbst machen, indem man „Batman“, „Micky Maus“ oder „C-3PO“ als Prompt eingibt. Wer ein solcherart generiertes Bild mit einem geschützten Inhalt zum Beispiel online stellt, bekommt möglicherweise Post aus der Rechtsabteilung von Warner Bros. oder Disney.

Aus diesem Grund hat die Bildagentur Getty bereits die Nutzung von KI-generierten Bildern für ihren Dienst untersagt. Wichtig ist also nicht nur, die Nutzungsbedingungen des Diensteanbieters einzuhalten, sondern auch das generierte Bild darauf zu überprüfen, ob es allzu offensichtlich geschützte Inhalte enthält.

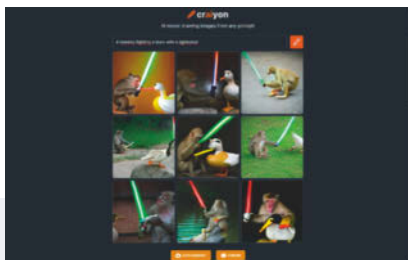
## Was die KI versteht

Mithilfe einer Textzeile ein spezifisches Resultat zu erzielen, scheitert in der Regel. Eine Testanfrage lautete: „Ein kranker Roboter beim Arzt“. Die KI zeigte oftmals den Arzt als Roboter, zwei Roboter oder zwei Menschen und eine Maschine an der Seite des Betts. Dabei spielt es keine Rolle, welchen Dienst man einsetzt; in keinem Fall versteht das Sprachmodell die Grammatik. Entwickler trainieren die künstliche Intelligenz mit großen Bibliotheken



„A chihuahua wearing a yellow raincoat holding an umbrella“ (von links oben: Craiyon, Dall-E 2, DreamStudio; unten: Midjourney, NightCafe, Wombo Dream)





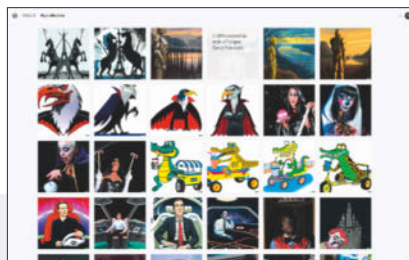
## Craiyon

Der Webdienst Craiyon hat es unter seinem früheren Namen Dall-E mini zur Netzberühmtheit gebracht, beispielsweise mit Kreationen wie Yoda, der einen Supermarkt ausraubt oder Thanos, der in einem Walmart seine Mutter sucht. Der Programmierer Boris Dayma entwickelte ihn im Juli 2021 anlässlich eines von Google und der KI-Community Hugging Face ausgeschriebenen Wettbewerbs. Mit Dall-E hat Craiyon nichts zu tun. Im Juli 2022 änderte Dayma den Namen seines Dienstes auf Wunsch von OpenAI, „um Missverständnisse zu vermeiden“, wie es auf der Craiyon-Webseite heißt.

Ein Konto ist für Craiyon nicht nötig. Der Dienst kostet nichts, sondern finanziert sich über Bannerwerbung auf der Webseite, und speichert die erzeugten Bilder nicht online. Ein mit „Premium Access“ beschrifteter Link weist lediglich auf eine E-Mail-Adresse, die man im Falle kommerzieller Nutzung kontaktieren soll. Unternehmen, die mehr als eine Million US-Dollar Umsatz im Jahr erwirtschaften, sollen zahlen, was sie für angemessen halten. Das antwortete Craiyon auf Anfrage von c't.

Craiyon generiert nach Texteingabe Gruppen aus neun Bildvorschlägen in einem 3-3-Raster. Die Bilder erscheinen hochskaliert, haben aber nur eine native Auflösung von 256 x 256 Pixeln. Von allen Testkandidaten fallen sie nicht nur durch die geringste Auflösung, sondern auch durch das höchste Maß an Artefakten auf. Außerdem zeigen sie vergleichsweise wenig Details. Charaktere, Tiere und Gegenstände bleiben meist unkenntlich.

- 👆 kostenlos und ohne Konto nutzbar
  - 👇 geringer Detailgrad
- Preis: kostenlos (für Privatzwecke)



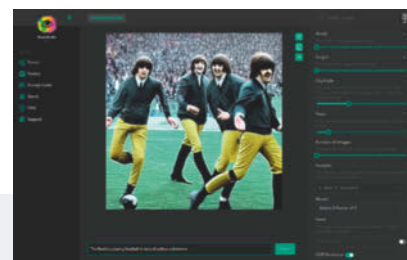
## Dall-E 2

Der Name verbindet den Pixar-Roboter Wall-E mit dem spanischen Surrealisten Salvador Dalí. OpenAI veröffentlichte die erste Version im Januar 2021 und nutzte als Grundlage eine Variante von GPT-3. Der im April 2022 veröffentlichte Nachfolger Dall-E 2 gibt realistischere Bilder in höherer Auflösung aus. Seit Juli 2022 konnten sich Interessenten im Rahmen eines Betaprogramms für Dall-E 2 bewerben; es dauert Monate, einen Zugang zu erhalten. Nun ist die Beta-phase beendet und der Dienst steht allen Interessenten offen.

Nach erfolgreicher Anmeldung zeigt Dall-E 2 zunächst ein Textfeld und eine Schaltfläche zum Hochladen einer Bildvorlage. Weitere Optionen bietet die Web-App nicht. Nach Eingabe eines Prompts generiert der Dienst je Credit jeweils vier quadratische Bilder; 50 Credits sind nach Registrierung inklusive. Sind die aufgebracht, kann man für 15 US-Dollar einen Vorrat von 115 zusätzlichen Credits erwerben. Über ein Menü kann man ausgewählte Bilder herunterladen oder aus ihnen Variationen erzeugen. Im übertrieben einfachen Bildeditor kann man Bildteile ausradieren und Rahmen setzen. Unter „My Collection“ speichert OpenAI alle bisherigen Kreationen online im privaten Nutzerkonto.

Ungefähr vier von fünf Anfragen erzeugen Illustrationen; manchmal sind Fotos dabei. Dem kann man mit Stichworten wie „photography“ oder „digital art“ nachhelfen, was aber manchmal den Inhalt verwässert. Dall-E 2 liefert erstklassige Bildqualität. Dem Dienst gelangen selbst menschliche Gesichter, wenn auch nicht immer.

- 👆 detailreiche Renderings
  - 👇 monatelange Wartezeit
- Preis: 15 US-Dollar (für 115 Credits)



## DreamStudio Beta

Stability AI hat sich mit Stable Diffusion einen Namen gemacht. Der KI-Generator ist unter „Creative ML OpenRAIL-M“ lizenziert, ein Open-Source-Modell, das anderen Diensten die Nutzung erlaubt, wenn sie den Namen angeben, was beispielsweise NightCafe Creator tut. Stability AI betreibt selbst die Web-App DreamStudio, die aktuell Stable Diffusion Version 1.4 und 1.5 zur Auswahl stellt und wie einige andere Apps im Test auch derzeit noch den Zusatz Beta trägt.

DreamStudio spendiert nach Registrierung 200 Credits, die für 200 einfache Bilder oder weniger mit Extrawünschen reichen. Dazu gehören mehrere Vorschläge pro Texteingabe, mehr Bearbeitungsschritte des Diffusion-Modells oder hohe Auflösung. Standardmäßig spuckt der Dienst zu jeder Anfrage ein 512 x 512 Pixel großes Bild aus; doppelte Kantenlänge und bis zu neun Variationen sind möglich. Mehr Pixel kosten Credits; mehr Variationen nicht. Über Regler für „Width“ und „Height“ kann man das Seitenverhältnis variieren. Ein Regler für „Cfg Scale“ beeinflusst, wie sehr sich der Generator an die Vorlage hält; einer für „Steps“, wie viele Diffusing-Schritte er nimmt. Die History speichert die letzten 100 Bilder.

Stable Diffusion arbeitet in DreamStudio nahezu fehlerfrei. Die Bilder haben kaum Artefakte. DreamStudio gelang ein glaubhaftes Porträt von Elon Musk, das im Übrigen auch NightCafe Creator nur unter Nutzung von Stable Diffusion zustande brachte. Und auch generische Charaktere wie Priester, Juristen oder Clowns zeichnet Stable Diffusion fotorealistisch.

- 👆 günstiger, einfacher Einstieg
  - 👆 hohe Qualität, auch bei Porträts
- Preis: 10 US-Dollar (für 1000 Credits)

# Shift happens.

Global denken. Lokal hosten.



## Unser Service für eine souveräne Cloud

- Unsere Cloud-Plattformen geben Ihnen Rechtssicherheit.
- Unsere Managed Services erweitern Ihre Möglichkeiten.
- Unsere Consulting Services beschleunigen die Digitalisierung Ihrer Prozesse.



[cronon.net](https://cronon.net)  
[shift@cronon.net](mailto:shift@cronon.net)

 **Cronon**





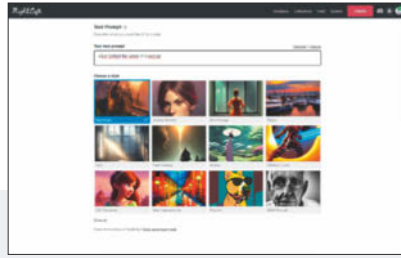
## Midjourney

Seit Ende Juli läuft bei Midjourney eine Open-Beta-Phase, in der jeder den Bild-generator ausprobieren kann. Nach 25 Testläufen geht es nur mit einem Monatsabo für etwa 12 Euro weiter. Den Dienst einzurichten ist etwas kompliziert: Zunächst braucht man ein Konto auf dem Instant-Messaging-Dienst Discord. In Discord lädt man den Midjourney-Bot auf seinen Server ein. Schon geschehen ist das in den vielen Newbie-Kanälen wie „#newbies-53“.

Einen Prompt beginnt man mit dem Befehl /imagine. Daraufhin erscheint eine Eingabezeile, die im Thread des Kanals jeweils vier Bilder produziert. Außer dem Befehl kennt Midjourney noch viele Modifikatoren wie -aspect für das Seitenverhältnis. Unter dem Bild erscheinen die Schaltflächen U1 bis U4 und V1 bis V4. U steht für „Upscale“ und erzeugt eine hoch aufgelöste Version der gewählten Bildvariante; V wie „Variation“ erzeugt vier neue Varianten eines Bildvorschlags. Die Bilder erscheinen im ausgewählten Kanal. Da in den Newbie-Kanälen auch andere Nutzer ihre Ideen ausprobieren, muss man zuweilen suchen, um seinen Prompt wiederzufinden. Außerdem sind alle Bilder öffentlich und dürfen von der Community geremixt werden. Einen „Private Mode“ bietet nur der „Corporate Plan“ für 600 US-Dollar im Jahr.

Midjourney hat einen ganz eigenen Stil, erzeugt Illustrationen, die an Gemälde erinnern. Diese Illustrationen gefallen mit ihrer visuell interessanten Textur. Das hilft aber auch, Detailarmut zu kaschieren. Dennoch: Die Bilder sind im Vergleich höchst kreativ und oftmals besonders stimmungsvoll.

↑ kreativ, stimmungsvoll, stilsicher  
 ↓ privater Kanal sehr teuer  
 Preis: ab 11,90 US-Dollar pro Monat



## NightCafe Creator

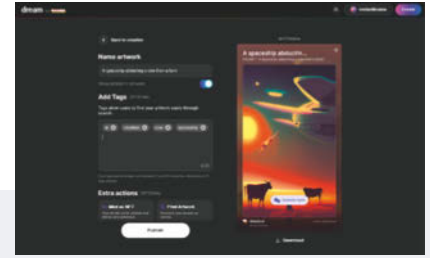
Wie Dall-E hat NightCafe Creator seinen Namen aus der Kunst entlehnt, nämlich vom Van-Gogh-Gemälde „Le Café de nuit“ oder „The Night Café“; das Original hängt in der Yale University Art Gallery.

Nach kostenloser Registrierung lässt NightCafe jeden Tag fünf Credits springen; ein Bild kostet 0,5 Credits. Wer fleißig sammelt, hat nach einiger Zeit einen ordentlichen Vorrat zu verbraten. Zur Wahl stehen vier verschiedene Algorithmen, darunter Stable Diffusion, Stiltransfer à la Prisma-App sowie VQGAN+CLIP und CLIP-Guided Diffusion, die sich beide eher für Texturen und Landschaften eignen, da sie laut Webseite „nicht den Regeln der Physik gehorchen“. Im zweiten Schritt wählt man einen künstlerischen Stil aus und ob man einen oder vier Vorschläge wünscht.

In den erweiterten Optionen kann man ein Foto als Vorlage hochladen, höhere Auflösung und ein anderes als ein quadratisches Seitenverhältnis wählen sowie angeben, wie genau der Prompt umgesetzt werden und wie viele Schritte das Modell nehmen soll. Das kostet dann allerdings meist mehr Credits.

Die Illustrationen zeichnen sich durch Detailreichtum und phantasievolle Komposition aus. Wo andere Dienste eine einfache Sandburg zeichnen, zauberte NightCafe eine Zuckerbäckerkathedrale. Bei „horses conquering paris with torches“ ging NightCafe mit einem Bild in Führung, das „Herr der Ringe“ illustrieren könnte. Anfragen, die Gesichter enthielten, zeichnete die KI betont weich und umschiffte so die üblichen Deformationen.

↑ täglich fünf Gratis-Credits  
 ↑ Spielweise mit vielen Optionen  
 Preis: 9,99 US-\$ /Monat (je 100 Credits)



## Wombo Dream

In erster Linie präsentiert sich Dream als Mobil-App, sowohl für Android als auch für iOS, und genau deswegen begegnet man den Dream-Bildern so oft in sozialen Medien. Die App drängt mit eingeschränktem Angebot zum Abo. Die Web-App des kanadischen Start-ups Wombo kann man hingegen kostenfrei, ohne Werbung und ohne Anmeldung nutzen. Wer ein Konto erstellt, kann Illustrationen in seinem Profil speichern. Aus ihnen lassen sich NFTs erzeugen. Dafür muss man den Dienst mit seinem Wallet verknüpfen. Außerdem kann man die Bilder über die App als Fine-Art-Drucke bestellen.

Die fertigen Illustrationen spuckt Wombo Dream hochkant im Format 9:16 aus, inklusive einem Rahmen, der die URL dream.ai, die verwendete Engine DreamDiffusion und das Logo des Anbieters enthält. So kann man sie wunderbar als Story in Instagram und Facebook teilen. Als Lieferant für Illustratoren bietet sich dieses Format weniger an.

DreamDiffusion spuckt bemerkenswert hochwertige Illustrationen aus, allerdings nicht bei jedem Motiv. Alternativ verwendet Wombo auch die Methode VQGAN+CLIP. Den traurigen Roboter im Mondschein mit Weinglas und die vom Ufo entführte Kuh setzte die App bemerkenswert gut um, fertig zum Einrahmen und an die Wand hängen. Bei Gesichtern tut sich die App recht schwer, verzerrt sie aber in der Regel nicht zur absoluten Unkenntlichkeit. Anatomische Anomalien gibt es aber zuhauf: Arme kommen aus dem Hals, Laternen aus der Stirn. Einige Illustrationen wirken eher simpel.

↑ kostenlos im Web  
 ↓ Schwächen bei Menschen  
 Preis: 5,49 Euro pro Monat

# Cyberdealer- Pärchen gesichtet!

Der Cyberdealer ist zurück und es scheint, als hätte er nach dem gemeinsamen Urlaub seine Komplizin bei sich. Augenzeugen berichten von einem skrupellosen Pärchen, das **gnadenlos günstige Angebote** für Sie ergaunert hat. Details sind bislang nicht bekannt, es scheint sich aber etwas Großes anzubahnen. Bleiben Sie also dran für die nächsten **heißen Cyberdeals des Jahres**.

► **Orange Friday**

25.11.2022

**Cyberweek** ◀

28.11. - 02.12.2022

Vorab Infos unter:

**[thomas-krenn.com/deals22](https://thomas-krenn.com/deals22)**

+49 (0) 8551.9150-300

**THOMAS  
KRENN®**





„A group of lawyers fistfighting at night in the city“  
(von links oben: Craiyon, Dall-E 2, DreamStudio;  
unten: Midjourney, NightCafe, Wombo Dream)



„Elon Musk aboard the starship Enterprise“:  
Dall-E 2 (oben Mitte) und Midjourney (unten links)  
zeigen keine prominenten Gesichter.

voller Bilder, aus denen die KI Muster und Themen extrahiert. Anhand des Text-Prompts versucht die KI, aus den ihr bekannten Themen das Bild zu konstruieren (siehe S. 80).

Ein gelungener Text verbindet gegenständliche Substantive mit beschreibenden Adjektiven und die bereits erwähnten Stilvorgaben. Populäre Bildbeispiele im Web zeigen solche Motive: „A chihuahua wearing a yellow raincoat holding an umbrella“. Oder: „A sad Robot drinking red wine looking at

the moon.“ Die KI bekommt jeweils drei bildhafte Motive, bei noch mehr Begriffen fallen üblicherweise welche unter den Tisch. Idealerweise lassen sich die Objekte nur auf eine sinnvolle Art kombinieren, fanden sich also immer auf ähnliche Weise in den Trainingsbildern: Der Mond steht am Himmel, der Schirm ist immer über dem Kopf, das Glas in der Hand.

Viele Dienste blockieren, was die Entwickler für potenziell schädlich halten, wie pornographische Inhalte und Prominente.

So ließen sich mit Dall-E 2 und Midjourney keine Porträts von Elon Musk generieren, mit denen, die Stable Diffusion nutzen, jedoch schon.

### Was KI zeichnen kann

Vor allem bei der Darstellung von Menschen wirken die generierten Bilder oft wie aus einem Alptraum. Ein Schiff kann viele Gestalten haben, Hauptsache es schwimmt. Für ein Lebewesen gilt jedoch nicht: Egal wie viele Beine, Hauptsache es steht. Die KI kann zwar Merkmale extrahieren und reproduzieren, ihr fehlt aber anatomisches Wissen. Eine Anfrage für Hände zeigte solche mit drei oder sechs Fingern, mal war einer viel dicker als die anderen, hatte weniger oder mehr Glieder als ein menschlicher.

Die Anfragen „The Beatles playing football“ und „lawyers fistfighting at night in the city“ erfüllen die eben formulierten Kriterien: einfach gebaute Sätze, starke Prototypen. Sie führen zu Bildern, in denen man die Beatles und die Juristen wiedererkennt – Pilzköpfe aus den Sechzigern oder Männer in Anzügen eben. Aber die Gesichter wirken entstellt, Arme ragen aus dem Hals statt aus der Schulter. Erstaunlich gut machten ihre Sache allerdings Dall-E 2, DreamStudio und Midjourney.

### Fazit

Nicht alle Dienste eignen sich gleich gut für alle Motive und Stile. Craiyon zu nutzen fühlt sich an wie Dall-E auf Wish zu bestellen: Die Bilder lösen niedrig auf, zeigen wenige Details, dafür deutlich sichtbare Artefakte. Midjourney generiert ausgezeichnete Illustrationen und Gemäl-

## KI-Bildgeneratoren lokal installieren

Wer das nötige Know-how und eine leistungsfähige Grafikkarte hat, kann Disco Diffusion und Stable Diffusion lokal installieren. Stable Diffusion läuft beim Entwickler Stability AI auch als Web-App. Der Code ist aber frei verfügbar und man kann ihn auch in einer lokalen Umgebung der Python-Paketverwaltung Conda installieren. Um die Modellparameter herunterzuladen, muss man ein kostenloses Konto erstellen und in den Nutzungsbestimmungen zustimmen, dass man keinen Schindluder treiben wird. Ein lokal installiertes Stable Diffusion setzt knapp 11 GByte Speicher auf der Grafikkarte voraus, weshalb die Software selbst auf den meisten Gaming-PCs nicht läuft. Für eigene Experimente sollte man daher Rechenleistung bei Cloud-Diensten mit GPU-Unterstützung bei Colab Pro, Microsoft Azure oder über Amazon 3 anmieten.

Bei Disco Diffusion handelt sich um ein umfangreiches Colab-Notebook. Colab steht für das Google-Research-Projekt „Colaboratory“, das Python-Code im Browser ausführt. Man nutzt es entweder in der Google-Cloud oder verbindet es mit einer lokalen Jupyter-Runtime. Damit der Code läuft, muss man neben dem passenden Jupyter-Plug-in auch CUDA und die Python-Dependencies installieren, und auch hier braucht eine Grafikkarte mit viel RAM. Mit einer RTX2070 Super beispielsweise erreichten wir nicht mehr als eine Auflösung von 720p. Da die Installation nicht einfach ist, empfehlen wir auch hier die Ausführung in der Cloud, für den Anfang mit einer kostenlosen Colab-Instanz. Die Berechnung dauert aber oft so lang, dass sich die kostenlosen Instanzen herunterfahren, bevor das Bild fertig ist. Wer für Colab Pro bezahlt, hat das Problem nicht.

de in einem sehr kohärenten Stil, versteckt aber Detailarmut hinter einer schönen Pinseltextur. Der Stil von Dall-E wirkt Comichaft; ohne Stilvorgabe sind auch immer wieder fotorealistische Bilder darunter. DreamStudio, das Zuhause von Stable Diffusion, erzeugt in erster Linie fotorealistische Renderings. Hier kann man die KI mit Reglern beeinflussen. NightCafe Creator bietet Experimentierfreudigen noch mehr, nämlich Techniken wie Stable Diffusion und VQGAN+CLIP – und stellt außerdem Stilvorgaben zur Wahl. Wombo Dream ist als Mobil-App eine interessante Wahl, im Web aber kostenlos nutzbar.

Bildgeneratoren eignen sich aus Sicht professioneller Kreativer vor allem fürs Rapid Prototyping, sei es, um sich inspirieren zu lassen oder um eine Bildidee für Kunden zu visualisieren. Bei allzu genauen

„A sad Robot drinking red wine looking at the moon“.  
(von links oben: Craiyon, Dall-E 2, DreamStudio, unten: Midjourney, NightCafe, Wombo Dream)



Bildvorstellungen verhält sich KI aber zu meist widerspenstig. Außerdem ist die rechtliche Lage bisher nicht zufriedenstellend geklärt, sodass man sich eventuell Ärger einhandelt. Alle genannten Dienste

erzeugen zuweilen beeindruckende, zuweilen schreiend komische Bilder. Auch wenn der praktische Nutzen manchmal ausbleibt, machen sie einen Heiden Spaß. (akr@ct.de)

## KI-Bildgeneratoren im Web

Produkt	Craiyon	Dall-E 2	DreamStudio	Midjourney	NightCafe Creator	Wombo Dream
Hersteller, URL	Craiyon, craiyon.com	OpenAI, openai.com/dall-e-2	Stability AI, beta.dreamstudio.ai/dream	Midjourney, midjourney.com	NightCafe, nightcafe.studio	Wombo Dream, wombo.art
Systemanforderungen	Webbrowser	Webbrowser	Webbrowser	Webbrowser	Webbrowser	Webbrowser, Android ab 7.1, iOS ab 14.0
Sprache	Englisch	Englisch	Englisch	Englisch	Englisch	Englisch
<b>Funktionen</b>						
Ausgabeformat / Standardauflösung	JPEG / 256 × 256 Pixel	PNG / 1024 × 1024 Pixel	PNG / 512 × 512 Pixel	PNG / 1024 × 1024 Pixel	WebP / 512 × 512 Pixel	JPEG / 1080 × 1920 Pixel
Engines	Craiyon aka Dall-E mini	Dall-E 2	Stable Diffusion 1.4 und 1.5	Midjourney	CLIP-Guided Diffusion, Stable Diffusion, VQGAN+CLIP, Style Transfer	DreamDiffusion, VQGAN+CLIP
Stilvorgaben	– (erzeugt hauptsächlich fotorealistische Bilder)	– (erzeugt Illustrationen oder fotorealistische Bilder)	Realistic, Oil painting, Pencil drawing, Concept art	via Prompt	Oil Painting, Fantasy, Cubist, 3D Game, Charcoal, Horror, Surreal, Steampunk u. a.	Bad Trip, Polygon, Realistic, Comic, Line-Art, Meme, Mystical, Psychedelic u. a.
Anzahl der Ausgabebilder	9	4	1	4	1 oder 4	1
Dauer (Standardeinstellung)	54 s	13s	6 s	56 s	39 s	23 s
speichert Bilder online	–	✓	✓ (die letzten 100)	✓	✓	✓
Community	huggingface.co	labs.openai.com	–	via Discord	creator.nightcafe.studio	wombo.art
<b>Finetuning</b>						
Bilddateien als Vorlage	–	✓	✓	–	✓	✓
höhere Auflösung	–	–	✓ (1024 × 1024 Pixel)	✓ (1664 × 1664 Pixel)	✓ (896 × 896 Pixel)	–
Variationen erzeugen	–	✓	✓ (max. 9)	✓ (4)	✓	–
Regler für Vorlagentreue	–	–	✓	–	✓	–
<b>Zugang und Modell</b>						
kommerzielle Verwendung	bis Firmenumsatz von 1 Mio. US-\$ Namensnennung, sonst „angemessene Spende“	erlaubt bei Einhaltung der Content Policy („no harmful use“)	erlaubt, sofern keine Rechte Dritter verletzt werden	bis Firmenumsatz von 1 Mio. US-\$ Namensnennung, sonst Firmenkonto (Corporate Plan) für 600 US-\$ pro Jahr	erlaubt, sofern keine Rechte Dritter verletzt werden	erlaubt, sofern keine Rechte Dritter verletzt werden; nicht erlaubt in Ländern, die US-Sanktionen unterliegen
kostenloses Angebot	✓ (unbegrenzt)	✓ (50 Credits)	✓ (200 Credits)	✓ (25 Credits)	✓ (5 Credits pro Tag)	✓ (unbegrenzt)
Zugangsvoraussetzung	frei nutzbar	frei nutzbar	frei nutzbar	frei nutzbar	frei nutzbar	frei nutzbar
Log-in	–	E-Mail-Adresse	Discord, Google	Discord	E-Mail, Facebook, Google	Apple, Google
Werbung	Bannerwerbung	–	–	–	–	–
<b>Bewertung</b>						
Funktionsumfang	⊖⊖	○	⊕⊕	⊖	⊕⊕	⊖
Rechte und Bedingungen	⊖	⊕⊕	⊖⊖	○	⊕⊕	⊕⊕
Umsetzung der Bildidee	⊖	⊕⊕	⊕	⊕⊕	⊕	○
technische Bildqualität	⊖⊖	○	⊖	⊕	⊕	○
Preis	kostenlos	15 US-\$ (einmalig für 115 Credits)	10 US-\$ (einmalig für 1000 Credits)	11,90 US-\$ pro Monat	9,99 US-\$ pro Monat (je 100 Credits)	5,49 € pro Monat (App), kostenlos (Web)
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden – nicht vorhanden k.A. keine Angabe						



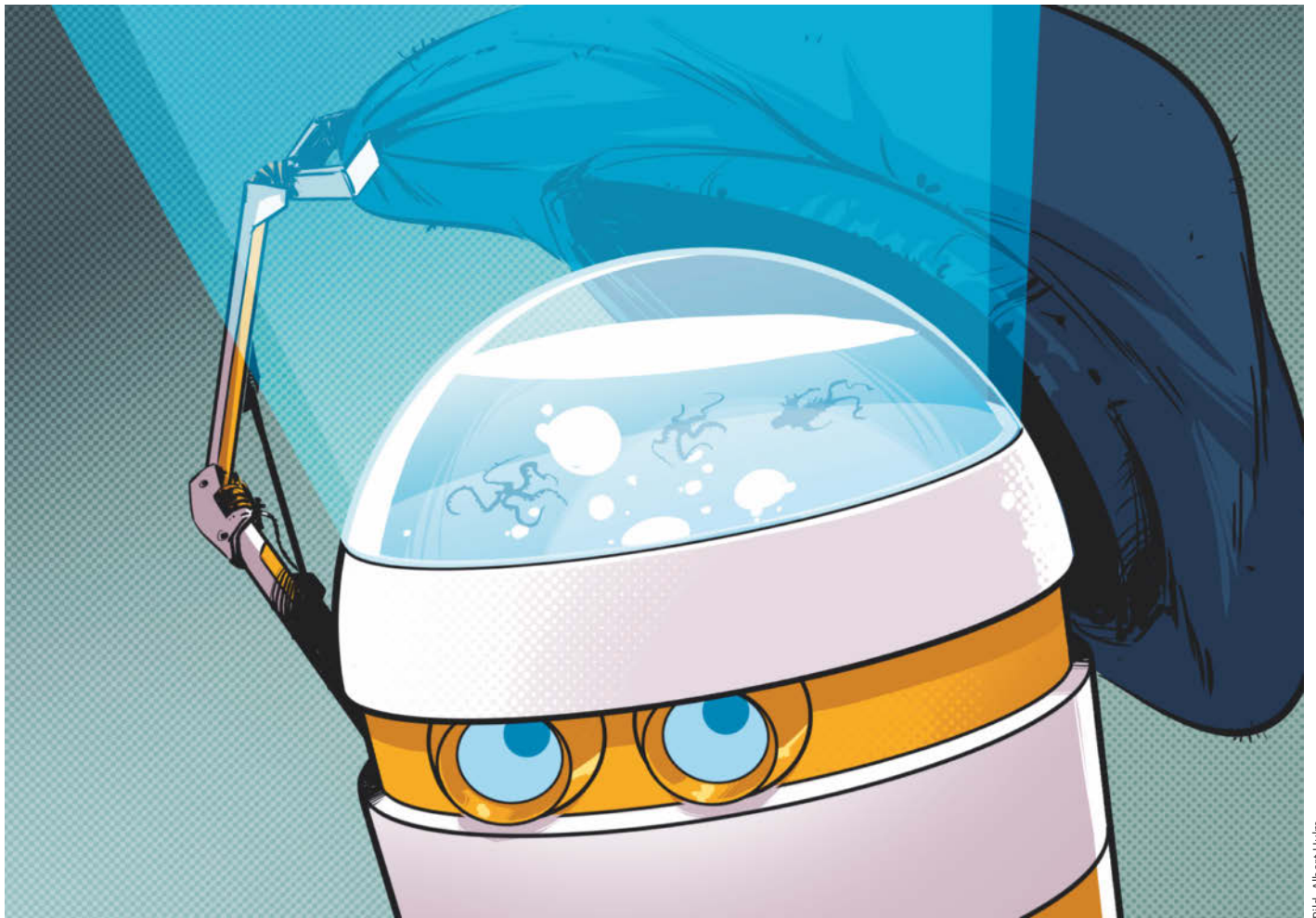


Bild: Albert Hulm

# Tauchgang ins Innere

## Die Technik hinter KI-Bildgeneratoren

**Die Kunstwerke von KI-Bildgeneratoren sind kreativ, inspirierend und überraschend. Um zu verstehen, wie das möglich ist, lohnt sich ein Ausflug in die mathematische Welt der Transformer, Diffusion-Models und Autoencoder.**

Von Pina Merkert

**E**in Maler, ein Dichter und ein Mathematiker stehen vor einem alten Röhrenfernseher ohne Antenne. Der Fernseher zeigt ein wildes Rauschbild aus schwarzen und weißen Pixeln und die drei diskutieren darüber, was auf dem Bildschirm zu sehen ist. Der Dichter behauptet ständig, Dinge aus einem seiner Gedichte zu erkennen. Der Maler widerspricht und verweist fortwährend auf die Bedeutung von Bildkomposition und Farbe und dass des Dichters Versatzstücke nicht dazu passen. Der Mathematiker schreit immer wieder dazwischen, dass die erwähnten Dinge nun mal gar nichts miteinander zu tun haben.



Diese Szene beschreibt den kreativen Prozess von KI-Bildgeneratoren. Denn die Generatoren bestehen aus mehreren neuronalen Netzen, die gegeneinander arbeiten. Besonders erfolgreich ist eine Kombination aus drei Komponenten: Ein Diffusion-Model (Maler),

das keine Ahnung hat, was es darstellen soll, bringt das Wissen um Farbe und Bildkomposition mit und erzeugt Vorschläge für Bilder. Ein Transformer-Sprachmodell (Dichter) übersetzt einen Eingabesatz, „Prompt“ genannt (siehe S. 68), in einige tausend Zahlen, die zusammen den sogenannten „Embedding-Vektor“ bilden. Er soll in einer für das neuronale Netz verarbeitbaren Form darstellen, was der Satz bedeutet. Die beiden

zeugt Vorschläge für Bilder. Ein Transformer-Sprachmodell (Dichter) übersetzt einen Eingabesatz, „Prompt“ genannt (siehe S. 68), in einige tausend Zahlen, die zusammen den sogenannten „Embedding-Vektor“ bilden. Er soll in einer für das neuronale Netz verarbeitbaren Form darstellen, was der Satz bedeutet. Die beiden

Modelle können nicht zusammenarbeiten, weshalb es noch CLIP (den Mathematiker) als Vermittler geben muss, der den Vektor aus dem Transformer liest und dem Diffusion-Model sagt, wo es das Bild ändern soll.

Diese Bausteine greifen raffiniert ineinander, um Chaos und sinnhafte Strukturen so in Balance zu halten, dass das Bild am Ende nicht nur wie ein Fernseher ohne Antennenanschluss aussieht (zu viel Chaos) und auch nicht immer nur das gleiche Bild herauskommt (Struktur ohne Kreativität).

## Variational-Autoencoder

Das Diffusions-Model (der Maler in der Eingangsszene) muss lernen, Bilder zu erzeugen. Diffusions-Models sind komplexe Autoencoder. Bei denen hilft es, fürs Verständnis zuerst einen Blick auf einfache Autoencoder zu werfen. Die zusätzlichen Ideen bilden dann am Ende gemeinsam das Diffusion-Model.

Ein Autoencoder ist ein neuronales Netz, das auf Datenpaare trainiert wird, bei denen Eingabe und Ausgabe gleich sind. Der Autoencoder bekommt zum Beispiel das Bild eines Bergs vorgesetzt, soll es in einen Vektor aus Zahlen umwandeln und danach wieder in dasselbe Bild des Bergs. Das wäre fürchterlich trivial und unintelligent, wenn man es dem Netz nicht künstlich schwer machen würde. Dafür gibt es drei Möglichkeiten.

Einfache Autoencoder haben die Form einer Sanduhr, bei der die Engstelle das Netz zwingt, die Daten in einem viel zu kleinen Vektor, also mit viel zu wenigen Zahlen zu kodieren. Solche Netze müssen effiziente Kodierungen für die Daten erlernen, die durch die Engstelle passen. Der Autoencoder muss also lernen, mit sehr wenig Daten im Vergleich zum Ursprungsbild dieses trotzdem möglichst genau nachzuzeichnen.

Die zweite Art sind Denoising-Autoencoder, bei denen die Eingabedaten mit Rauschen künstlich verschlechtert werden. Statt eines Engpasses durch einen zu kleinen Vektor lernen diese Netze dadurch, dass sie die durchs Rauschen verlorengegangenen Informationen rekonstruieren müssen.

Die dritte Form sind Variational-Autoencoder. Sie sind nicht automatisch sanduhrförmig, sondern man überlässt dem Netz zu lernen, wie schmal die Engstelle sein darf. Das funktioniert so, dass es eine Neuronenschicht gibt (die würde der Engstelle im einfachen Autoencoder entsprechen), bei der das Netz statt eines Werts pro Neuron zwei Werte erzeugen muss: einen Mittelwert und eine Varianz. Bevor der zweite Teil des Netzes an die Daten herandarf, wird Rauschen hinzugefügt – und zwar genau so viel, wie das Netz selbst als Varianz festgelegt hat.

Im Normalfall würde das Netz sofort lernen, die Varianz immer auf Null zu setzen und über den Mittelwert die Daten verlustfrei von den Eingaben zu den Ausgaben zu kopieren. Damit das nicht passiert, addiert man einen Wert zur Loss-Funktion, der größer wird, je mehr Daten das Netz mit wenig Rauschen weitergibt. Der restliche Teil der Loss-Funktion bewertet die Abweichung zur gewünschten Ausgabe. Zusammen ergibt das ein gemeinsames Maß für die Qualität der Rekonstruktion.

Für Variational-Autoencoder ergibt sich durch diese Kombination zweier Bewertungen eine elegante Zwickmühle: Je mehr kleine Varianzen sich das Netz leistet, desto besser muss es die Daten rekonstruieren können. Ausschließlich große Varianzen verhindern jede Rekonstruktion, simples Durchkopieren von Daten führt zu einer hohen Varianzstrafe. Das Optimum ist ein Kompromiss, bei dem das Netz einige Zahlen mit geringer Varianz weitergibt, um bei der Rekonstruktion nicht zu schlecht abzuschneiden. Wann immer es sich jedoch selbst beschneiden kann, ist es für das Netz sinnvoll, die Engstelle einzuschnüren.

Alle Autoencoder verfolgen das Ziel, das neuronale Netz dazu zu zwingen zu generalisieren, also mit abstrakten Konzepten zu rechnen, statt einzelne Datensätze auswendig zu lernen. Alle Autoencoder finden während des Trainings selbst eine nützliche Repräsentation der Daten; Variational-Autoencoder lernen sogar, wie viele Zahlen nötig sind, um die abstrakten Konzepte darzustellen. Dabei offenbart sich eine interessante mathematische Ähnlichkeit: Abstraktion und Kompression sind im Prinzip das Gleiche.

## Glossar

Begriff	Beschreibung
Vektor	mehrere Zahlen, mit denen gemeinsam gerechnet wird
Neuron	kurz für „simuliertes Neuron“; beim Berechnen werden alle Eingaben mit einem gelernten Gewicht-Parameter multipliziert und anschließend alle Ergebnisse addiert
Loss-Funktion	Formel, mit der sich anhand einer Zahl beziffern lässt, ob ein Satz an Parametern für ein neuronales Netz besser oder schlechter als ein anderer Satz an Parametern ist; weniger Loss ist besser
Sampling	Wählen eines Werts innerhalb eines Wertebereichs, meist festgelegt durch einen Mittelwert und eine Varianz
Training	automatisches Optimieren der Parameter mithilfe der Trainingsdaten und dem Gradientenabstiegs-Algorithmus
Inferencing	Anwenden eines neuronalen Netzes; die Parameter bleiben dabei fix und die Berechnung der Ableitung entfällt

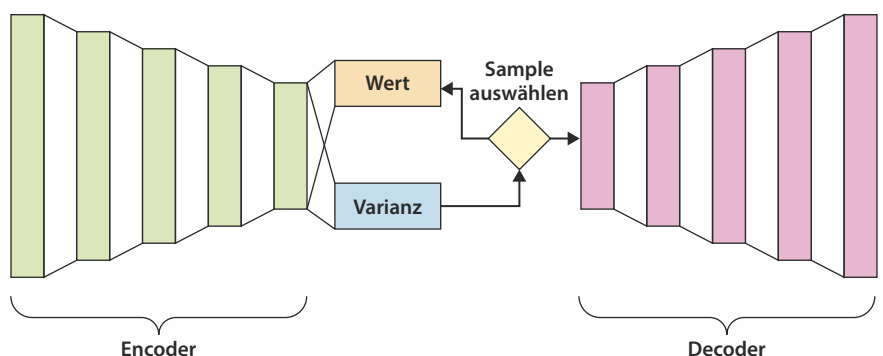
sätze auswendig zu lernen. Alle Autoencoder finden während des Trainings selbst eine nützliche Repräsentation der Daten; Variational-Autoencoder lernen sogar, wie viele Zahlen nötig sind, um die abstrakten Konzepte darzustellen. Dabei offenbart sich eine interessante mathematische Ähnlichkeit: Abstraktion und Kompression sind im Prinzip das Gleiche.

## Diffusion-Models

Diffusion-Models sind Denoising-Autoencoder und Variational-Autoencoder in einem. Sie arbeiten in mehreren Schritten und reduzieren in jedem davon das Bildrauschen ein bisschen. Die „Engstelle“ des Autoencoders ist dabei das Bild nach einem Inferencing-Schritt, nur dort berechnet er auch eine Varianz. Die Varianz stellt die Unsicherheit dar, dass ein Pixel die richtige Farbe hat. Eine kleine Varianz heißt beispielsweise „ziemlich sicher dun-

## Variational Autoencoder

Autoencoder müssen die Eingabedaten in einem schmalen Vektor in der Mitte kodieren (Encoder) und mit ihrem Decoder rekonstruieren. Wie sie die verlustbehaftete Kompression umsetzen, lernen sie aus den Daten. Variational Autoencoder können zudem entscheiden wie schmal ihre Engstelle ist, indem sie neben dem Wert auch eine Varianz festlegen.







Man erzeugt Trainingsdaten für Diffusion-Models, indem man Bilder schrittweise mit immer mehr Rauschen verunstaltet. Aus einem Ursprungsbild entstehen so Dutzende Bildpaare. Die Aufgabe für das Netz ist es, das Rauschen wieder zu entfernen.

kelblau“, eine große heißt „das Pixel könnte jede Farbe haben“.

Beim Training startet man mit einem Bild ohne Rauschen und fügt eine kleine Menge an Rauschen hinzu. Dadurch entsteht ein Datenpaar, auf das man den Denoising-Autoencoder trainieren kann. Der findet im leicht verrauschten Bild noch viele Strukturen, anhand derer er sinnvolle Vermutungen anstellen kann, wie das Bild ausgesehen haben könnte.

Er ist zusätzlich auch ein Variational-Autoencoder, der Pixel mit hoher Varianz in welche mit etwas kleinerer Varianz umrechnet. Für ihn ist es sinnvoll, sich bei allen Pixeln in der Ausgabe auf eine kleinere Varianz festzulegen, wo die umliegenden Strukturen klar zeigen, welche Information das Rauschen zerstört hat. Ist der Rückschluss auf eine bestimmte Struktur schwierig, legt er sich besser nicht fest und belässt die Varianz in der Ausgabe ähnlich hoch wie in der Eingabe.

Das leicht verrauschte Bild kann der Data-Scientist beim Trainieren des Netzes dann nochmals mit ein bisschen mehr Rauschen verunstalten, um wieder ein Datenpaar zu bekommen. Auch das dient dem gleichen Netz als Trainingsmaterial, wobei es lernt, etwas weniger festzulegen und die Varianzen etwas höher zu halten, da das Zielbild auch ein gewisses Maß an Varianz für jedes seiner Pixel festgelegt hatte. Mit weiteren Schritten systematischer Datenzerstörung lernt das Netz, immer mehr Varianz zu behalten und gleichzeitig den Mittelwert stets auf den plausibelsten Wert zu setzen.

Anders als die üblichen Variational-Autoencoder arbeiten Diffusion-Models schrittweise. Das kostet deutlich mehr Rechenzeit, erlaubt dem Modell aber zwischendurch, mehrere Möglichkeiten offenzuhalten. Für Kunst ist das nützlich, weil sehr unterschiedliche Bilder zum gleichen Motiv gehören können, jedes Bild aber in sich konsistent sein muss. Durch die kleinen Einzelschritte behalten die Diffusion-Models das Gesamtbild besser im Auge, ohne

das Motiv wegen kleinräumiger Anforderungen an die Pixelfarben zu verlieren.

Ein Diffusion-Model ist von sich aus gut darin, Bildrauschen zu entfernen. Man kann es aber leicht auch zum Erhöhen der Auflösung von Bildern verwenden (siehe [1]). Dafür zieht man das Bild auf die gewünschte Größe auf, legt etwas Rauschen darüber und verpasst allen Pixeln eine hohe Varianz. Da das Diffusion-Model nur auf scharfe Bilder trainiert ist, vermutet es in den unscharfen und verrauschten Pixeln Strukturen ähnlich wie im Trainingsdatensatz. Heraus kommt ein Bild, das scharf aussieht, bei dem die in die Unschärfe hineinmontierten Strukturen aber pure Vermutungen sind.

### Guided Diffusion

Aus purem Rauschen kann ein Diffusion-Model also verschiedenste künstlerisch oder fotografisch aussehende Bilder entstehen lassen, indem es für jedes Pixel, mit dem es sukzessive Details ergänzt, nur Farben aus dem während des Trainings erlernten Varianzbereich wählt.

Damit keine komplett beliebigen Motive entstehen, braucht es aber eine gewisse Steuerung von außen. Genau diese Steuerungsfunktion übernimmt die Textbeschreibung, die der Mensch in seinem Prompt formuliert hat. Mit dem Bildmodell müssen nun also die beiden anderen Bausteine, der Transformer und CLIP, zusammenarbeiten.

### Transformer

Beim Sprachmodell tauchen wir nicht ganz so tief in die Technik hinab wie beim Diffusion-Model (wenn Sie Lust darauf haben, lesen Sie mehr dazu unter [2]), weil die Schöpfer der Kunst-KI diesen Baustein meist fix und fertig übernehmen. Das Sprachmodell ist immer ein sehr großer Transformer (der Dichter unserer Anfangsszene), der zuvor separat mit Gigabytes an Text trainiert wurde. Beim Training hat er gelernt, Texte aus dem Internet weiterzuschreiben, was nur funktioniert,

wenn er die Bedeutung der Wörter und Sätze kodieren kann.

Bei diesem Training lernen Transformer eine Menge über die Wirklichkeit. Sie nutzen dabei aus, dass Menschen den Bausteinen, aus denen die Realität besteht, stets Wörter zuordnen. Sprachmodelle müssen die Welt daher nicht in sinnstiftende neuronale Symbole aufteilen (siehe [3]), sondern können schlicht lernen, die Objekte, über die Menschen schreiben, in Beziehung zueinanderzusetzen.

Das aus den Texten gelernte Weltwissen stellen Transformer als Vektor aus einigen tausend Zahlen dar. Wie die Vektoren Bedeutung kodieren, ist dabei auf die Bedürfnisse des Transformers zugeschnitten, da dieser die Vektoren selbst benutzt. Es muss daher ein System geben, das Wortbedeutungs-Vektoren mit Bildern vergleichen kann.

### CLIP

CLIP (Contrastive Language-Image Pre-Training) ist ein neuronales Netz des KI-Start-ups OpenAI, das zeitgleich mit dem Bildgenerator Dall-E 1 von OpenAI erschienen ist. Es besteht aus einem vortrainierten Transformer als Sprachmodell und einem Bilderkennungsnetzwerk (entweder ein klassisches Convolutional Network oder ein Visual Transformer). Beide Modelle geben eine Vektorrepräsentation aus, die gleich lang ist und die Bedeutung des Satzes beziehungsweise die Bedeutung des Bildes kodieren soll.

Der Trick ist, dass CLIP die beiden Vektoren multipliziert. Beim Training mit einem Mini-Batch (ein gemeinsam durchgerechneter Block aus den Trainingsdaten) aus einigen hundert Bildern und passenden Bildbeschreibungen entsteht dabei eine Matrix mit einem Wert pro Bild-Text-Kombination. Beim Training wusste OpenAI aber, dass nur eine Beschreibung zu einem Bild gepasst hat und alle anderen nur zufälligen Inhalt hatten. Also trainierte OpenAI CLIP darauf, nur für die passende Beschreibung eine Wahrscheinlich-

keit von 1 und für alle anderen Beschreibungen eine Wahrscheinlichkeit von 0 auszugeben. Diese Wahrscheinlichkeiten bilden die Matrix. Sie ist symmetrisch, so dass es auch zu jeder Beschreibung ein passendes Bild mit Wahrscheinlichkeit 1 und viele unpassende Bilder mit 0 gibt.

Die Matrix selbst enthält keine lernbaren Parameter. Also muss CLIP sowohl die Vektoren aus dem Sprachmodell als auch die aus der Bilderkennung darauf optimieren, dass sie sich in der Matrix passend zu 0 oder 1 multiplizieren. Das klappt nur, wenn die Vektoren die gleiche Form der Kodierung verwenden. Außerdem führen Unsicherheiten in der Zuordnung gleich zu Werten zwischen 0 und 1 und damit zu einem höheren Wert bei der Loss-Funktion.

Diese Methode des Trainings leitet die beiden Netze an, die Zuordnung möglichst kontrastreich zu gestalten. Warum das nützlich ist, zeigt der Vergleich mit normalem Supervised-Training (zu jedem Bild X gibt es eine richtige Klasse Y) bei Bilderkennen. Die müssen unterschiedliche Bilder, die zur gleichen Klasse (Hund, Katze, Auto, etc.) gehören, nicht unterscheiden können. Also lernen sie nichts, was darüber hinausgeht, die Klassen zu unterscheiden. Für den Trainingsdatensatz ist das ein gutes Vorgehen, aber bei abweichenden Daten verlieren solche Netze sehr stark an Genauigkeit. Für CLIP lohnt es sich dagegen, jedes Bildelement und jede sprachliche Finesse in der Beschreibung zu beachten, weil die immer ein Kriterium sein könnte, um das Bild von anderen Bildern und die Beschreibung von anderen Beschreibungen zu unterscheiden. CLIP profitiert vom Vortrainieren (Pretraining) mit einem riesigen Datensatz. Und dank diesem lässt sich das Modell sehr gut skalieren (größere Modelle sind bessere Modelle [3]).

### Freiheit für Nicht-Zufall

Mit CLIP kann das System automatisch bewerten, wie gut ein Bild zu einer Beschreibung passt. Das lässt sich nun endlich mit dem Bildmodell kombinieren. Dabei erweist es sich als Vorteil, dass Diffusion-Models stets ihre eigene Unsicherheit pixelweise protokollieren. Es verpflichtet nämlich niemand das Bildmodell, die Farbwerte der Pixel für den nächsten Schritt komplett zufällig zu wählen. Solange die Farben im Varianzbereich gewählt werden, kommt ein Bild heraus, das im Rahmen der Strukturen, die im Rauschen erkennbar waren, plausibel ist.

An dieser Stelle setzen die Bildgeneratoren an. Sie nutzen die Freiheit, die ihnen die Varianz lässt, um das Bild in jedem Schritt ein bisschen mehr so aussehen zu lassen, dass es zur Textbeschreibung passt.

Man muss den Trainingsalgorithmus für neuronale Netze vor Augen haben, um zu verstehen, wie das System die durch die Varianz umrissene Freiheit gezielt ausnutzt: Fürs Training definiert man immer eine Loss-Funktion, die einen kleineren Wert ausgibt, wenn die Ausgaben des Netzes besser den gewünschten Ausgaben entsprechen. Entscheidend ist dabei, dass die Funktion differenzierbar ist, man also eine Ableitung berechnen kann. Die Ableitung einer Funktion gibt die Richtung an, in die eine Funktion tendiert. Hängt die Funktion von mehreren Parametern ab, kann man für jeden Parameter eine partielle Ableitung berechnen, um je eine Richtung samt Teilheit zu bekommen. Bei der Ableitung der Loss-Funktion steht das gesamte neuronale Netz in der Funktion und man kann für jeden Parameter eine partielle Ableitung berechnen. Dieses Verfahren wird als Backpropagation-of-Error (Fehlerrückführung) bezeichnet, weil man aus der Ableitung direkt die Richtung ablesen kann, in die man jeden Parameter eines neuronalen Netzes verändern muss, damit die Loss-Funktion sinkt, das Netz also besser wird. Im Prinzip muss man also nur in vielen kleinen Schritten der von der Ableitung vorgegebenen Richtung folgen und kommt so

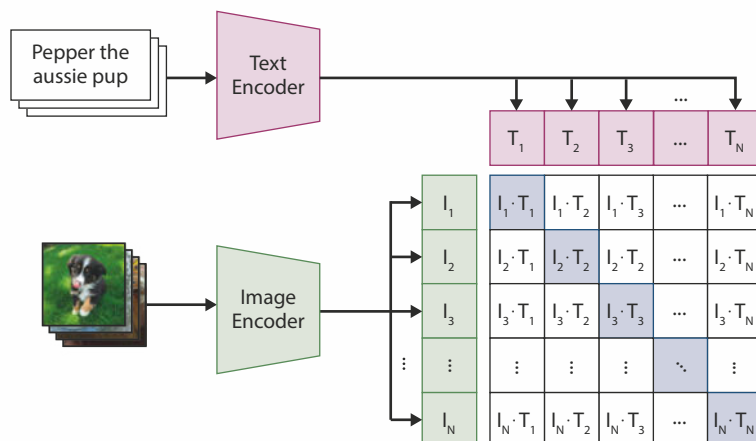
zu immer besseren Parametern. Das übernimmt ein Gradientenabstiegs-Algorithmus, der so das Netz trainiert.

Nach diesem Exkurs zurück zu CLIP: Ein vortrainiertes CLIP-Modell kann bewerten, wie gut ein vom Diffusion-Modell erzeugtes Bild zu einer Beschreibung passt. Das Schöne daran ist, dass man eine Loss-Funktion definieren und Backpropagation-of-Error durch CLIP und Sprachmodell durchführen kann. Nur berechnet man nicht die partielle Ableitung für jeden Parameter, sondern für die Farbe jedes Pixels. Als Werte kommen dabei Gradienten heraus, die eine Richtung vorgeben, in die das Diffusion-Modell sein vorgeschlagenes Bild verändern müsste, damit es besser zum Text passt.

Noch eine Relativierung, falls Sie wissenschaftliche Veröffentlichungen zu den Netzen nachlesen möchten: Das Bilderkennungsnetz muss nicht zwingend CLIP sein, damit das Verfahren funktioniert. Die Idee ist in weniger offensichtlicher Form auch auf andere Netzwerkstrukturen übertragbar. Nutzt man die von Transformatoren bekannte Cross-Attention [2], um Token aus dem Sprachmodell direkt zuzuordnen, kann man damit ganz ähnlich eine Richtung für die Bildveränderung vorgeben. Imagin von Google nutzt das und erzeugt mit dieser etwas einfacheren Struktur genauso beeindruckende Bilder wie Dall-E 2 von OpenAI. Die Backpropagation findet bei Imagin wie üblich kom-

## CLIP

CLIP kombiniert einen vortrainierten Text-Encoder (Transformer-Sprachmodell) so mit einem Image-Encoder (Convolutional Network), dass sie die Ausgabevektoren multiplizieren lassen. Trainingsziel ist, dass in der entstehenden Matrix nur bei Text-Bild-Paaren eine 1 steht und das Netz die Wahrscheinlichkeit für alle anderen Kombinationen auf 0 schätzt. Dieser Trainingstrick sorgt für kontrastreiche Embedding-Vektoren.





plett zur Trainingszeit statt und die gelernten Parameter sind gut genug, damit das Netz beim Inferencing nicht rückwärts rechnen muss (keine Backpropagation beim Inferencing). Eine Sammlung der relevanten Paper haben wir für Sie unter [ct.de/y621](https://ct.de/y621) zusammengestellt. Fürs Verständnis ist der eigentlich komplexere Aufbau von Dall-E 2 und DiscoDiffusion einfacher, weil jeweils eine Komponente ihre ureigenste Aufgabe übernimmt. Bei Images übernehmen vermutlich Teile der anderen Netze die Funktion von CLIP.

## Gesamtbild

Insgesamt bestehen alle Bildgeneratoren aus einem Transformer für die Bedeutung des Texts, aus einem Bildmodell, das die Pixelfarben vorschlägt und einem Vermittler (meist CLIP), der angibt, in welche Richtung sich die Farben verändern müssen. Jedes Netz verfolgt eigene Ziele und die Netze schränken sich gegenseitig ein. Nur durch dieses Zusammenspiel gelingt der Balanceakt zwischen Chaos (nur Rauschen) und Langeweile (immer das gleiche Bild).

Man könnte denken, dass die Dreiteilung des Gesamtsystems zusammen mit einem möglichst großen Maler-Netz die schönsten Bilder erfindet. Tatsächlich ist aber die Größe des Sprachmodells der entscheidende Faktor für den plötzlichen Erfolg der Bildgeneratoren. Die Transformer-Architektur der Sprachmodelle ist noch relativ neu, während die Technik aller anderen Bausteine schon einige Jahre alt ist. Außerdem zeigen Googles KIs Images und Parti, dass weder Diffusion-Models (Parti ist ein autoregressives Modell) noch CLIP (Images nutzt Cross-Attention) für erfolgreiche Modelle nötig sind. Außerdem kommt die Innovation sowohl bei den Diffusion-Models (schrittweises Zerstören von Bildern) als auch bei CLIP (Loss-Funktion, die auch in sehr großen Datensätzen noch kontrastreiche Lernsignale erzeugt) nur von einem Trick beim Training. Die beiden Tricks erlauben größere Modelle, die auch ohne strukturelle Innovation Verbesserungen bringen. Einzig die Transformer sind eine strukturell neue Idee, die ebenfalls stark von Skalierung profitiert. Die klappt, weil man die Sprachmodelle mit reinen Textdaten vortrainieren kann und so auf diese Weise viel Weltwissen einsammelt.

Auch Bildgeneratoren neigen dazu, Daten zu vergessen, die nur beim Vortrainieren vorkamen. Trainiert man das System also zuerst mit beliebigen Bildern aus

**DiscoDiffusion verschmilzt die Maschine in der Mitte mit der Werkbank vorne rechts und der Außenwand des Gebäudes links. Zudem ist nicht klar, wo Außen- und wo Innenräume sind. Der Prompt lautete: „A steampunk workshop“.**



Bild: Pina Merkert, DiscoDiffusion

dem Internet, meist Fotos, erzeugt es zwar den Fotostil, kann die Trainingsdaten ästhetisch aber nicht übertrumpfen. Trainiert man anschließend mit Gemälden nach, geht die Fähigkeit, den Fotostil zu erzeugen, ein Stück weit verloren. Bei Mid-journey kann man diesen Effekt beobachten, der vermutlich auch gewollt ist: Man muss die Textbeschreibung (Prompt) kreativ formulieren, um hässliche Bilder zu bekommen. Verwackeltes Handyfoto ist als Stil kaum zu erreichen.

## Ausblick

Die aktuell verfügbaren Bildgeneratoren bestehen aus Komponenten, die jeweils noch nicht ausentwickelt sind. In den kommenden Jahren sind also sowohl Effizienzsteigerungen als auch größere Modelle möglich. Außerdem wird emsig an der Optimierung der Trainingsdatensätze gearbeitet. Je mehr Menschen mit Bildgeneratoren Bilder erzeugen, desto mehr Meinungen wird es dazu geben, welche der Bilder ästhetischer sind und welche nur als schlechtes Beispiel fungieren. Beides sind wertvolle Trainingsdaten für die nächste Generation der Netze.

Aber auch strukturell gibt es noch Verbesserungspotenzial. Momentan arbeiten die Modelle alle zweidimensional. Mit Neural-Fields (NERF, Scene-Representation-Transformer, DreamFusion) steht aber eine KI-Technik in den Startlöchern, die Szenen als 3D-Repräsentationen kodiert. Bei Googles DreamFusion wurde diese Technik bereits in einen Bildgenerator integriert. Mit dem erzeugten Neural Field kann man die Perspektive nachträglich anpassen oder mit der Belichtung herumspielen. Ein Hintergrund fehlt den 3D-Werken bisher noch.

Außerdem gibt es aussichtsreiche Ergebnisse bei der Separation von Objekten, was sich vermutlich in Zukunft auf belie-

bige neuronale Symbole erweitern lässt. Die könnten dabei helfen, die Bildgeneratoren davon abzuhalten, Objekte zu verschmelzen – momentan noch ein häufiger Fehler der KIs.

Ob sich der Speicherverbrauch der Modelle so weit senken lässt, dass man sie sinnvoll auf Laptops und Smartphones rechnen kann, muss sich zeigen. Bisher haben die Forscher Effizienzsteigerungen stets für Skalierung genutzt. Deswegen laufen die KIs momentan eigentlich immer auf Cloud-GPUs oder spezieller Hardware wie Googles TPU. Kleine Modelle für den heimischen Rechner sind zwar sparsam, produzieren bisher aber meist nur enttäuschende Ergebnisse.

Bei der Bedienung könnte sich der absurde Effekt einstellen, dass die Menschen schneller lernen als die KI. Eigentlich sollten die Bildgeneratoren ja Bilder zu einer Beschreibung in natürlicher Sprache liefern. Nutzer haben aber schnell Formulierungen gefunden, die bessere Bilder liefern, die aber von Mensch zu Mensch niemand sagen würde. Dieses „Prompt Engineering“ (siehe S. 68) läuft zwar der ursprünglichen Idee zuwider, vielleicht finden sich aber ähnlich wie bei der Google-Suche alle damit ab und lernen, für den Computer zu formulieren.

(pmk@ct.de) 

## Literatur

- [1] Pina Merkert, Superresolution, Bilder skalieren mit neuronalen Netzen und TensorFlow, c't 11/2017, S. 90
- [2] Pina Merkert, Aufmerksamkeit reicht, So funktionieren Sprach-KIs vom Typ „Transformer“, c't 11/2022, S. 136
- [3] Philipp Bongartz und Pina Merkert, Skalierungshypothese vs. Neurosymbolik, Welche nächsten Schritte muss die KI-Forschung gehen?, c't 23/2022, S. 124

**Forschungspaper:** [ct.de/y621](https://ct.de/y621)

# SCHÜTZE DEINE INHALTE – OHNE VIEL DRUMHERUM!

Cordaware **bestzero**: Verbindet Menschen mit Applikationen, nicht mit Netzwerken



Remote Zugriff auf lokale Ressourcen **schnell** und **einfach** bereitstellen.

Keine offenen eingehenden Ports erforderlich => **Zero-Firewall-Config**.



✓ Verfügbar für Windows, macOS, Linux und Android

Cordaware GmbH Informationslogistik +++ Fon +49 8441 8593 200 +++ [info@cordaware.com](mailto:info@cordaware.com) +++ [www.cordaware.com](http://www.cordaware.com)





# Mauerblümchen

## Sapphire Radeon RX 6700 im Test



**Sapphires Grafikkarte mit AMDs Grafikchip Radeon RX 6700 verspricht genug Spieleleistung jenseits von Full HD und hat ein größeres Speicherpolster als die RX 6600 oder die GeForce RTX 3050. Für knapp über 400 Euro muss sich die Karte aber einer Vielzahl von Konkurrentinnen erwehren. Ob ihr das gelingt, klärt der Test.**

Von Carsten Spille

**B**islang führte die Radeon RX 6700 ein Mauerblümchendasein: Kaum jemand beachtete die ohne viel Tamtam im Juni 2022 in den Markt entlassene Karte, obwohl sie als goldene Mitte zwischen der schnelleren RX 6700 XT und der günstigeren RX 6650 XT auf dem Papier durchaus attraktiv erscheint. Da schon Radeon RX 6600 XT und RX 6650 XT genug Leistung für Full-HD-Auflösung haben, sind mit der RX 6700 mehr Reserven für anspruchsvollere Spiele oder für die nächsthöhere Auflösungsstufe mit 2560 × 1440 Pixeln (WQHD) zu erwarten.

Wie alle Radeon-RX-6000-Modelle unterstützt die Karte DirectX 12 Ultimate

und damit auch Hardware-Raytracing, Variable Rate Shading und andere moderne Techniken. Darüber hinaus ist sie zu Vulkan 1.3, OpenGL 4.6 sowie OpenCL 1.2 kompatibel. Ihre drei Display-Port-Anschlüsse und der HDMI-Ausgang steuern 4K-Monitore auch mit 144 Hz an, optional zwei 8K-Bildschirme (7680 × 4360 Pixel) mit 60 Hz.

### Weniger hochgezüchtet

Für derzeit rund 415 Euro liegt sie preislich allerdings deutlich näher an der 6700 XT für 450 Euro als an der 6650 XT, die es schon für 340 Euro gibt. Nur über das Verhältnis aus Spieleleistung und Preis fällt es ihr also schwer, sich von der Konkurrenz abzusetzen. Ein Pluspunkt während unserer Messungen war die Leistungsaufnahme. AMD gibt nur niedrige 175 Watt vor, das Sapphire-Modell arbeitet jedoch etwas stromdurstiger. Unter Volllast maßen wir 193 Watt, was aber immer noch weniger ist als bei der langsameren RX 6650 XT (ebenfalls eine OC-Karte) mit 201 Watt. Bei den kurzzeitigen Spitzenauslägen war der Unterschied mit 236 zu 294 Watt zugunsten der RX 6700 noch deutlicher. Sogar im Leerlauf schlägt die 6700 die kleinere Karte um 2 Watt und braucht auch mit einem Ultra-HD-Display nur 6 Watt. Die RX 6700 ist weniger hochge-

züchtet und wird nicht so dicht an den technischen Grenzen betrieben. Daher benötigt sie auch nur einen acht-poligen Stromanschluss und kommt mit zwei Slots Einbaubreite aus. Einige RX 6650 und 6750 XT ragen darüber hinaus und verlangen zusätzlich einen sechspoligen PCIe-Stecker. Die 6750 XT schluckte als OC-Version bis zu 275 Watt, 43 Prozent mehr als die Sapphire RX 6700.

Im Leerlauf stehen ihre beiden Lüfter still und erreichen unter Volllast eine Lautheit von 1,8 sone. Das kriegen Karten mit dickerem Kühler und ähnlicher Leistungsaufnahme leiser hin, aber beim Spielen stört die Geräusentwicklung nicht.

### Ein bisschen Technik

Der Grafikchip Navi22 kommt auch auf den Modellen 6700 XT und 6750 XT zum Einsatz. Für die billigere RX 6700 hat AMD die Anzahl der Compute Units von 40 auf 36 gesenkt und auch den Takt etwas verringert.

Die Speicherschnittstelle verfügt über 160 Leitungen und schafft eine Transfer-rate von 320 GByte/s zu den 10 GByte GDDR6-Speicher. Ein 80 MByte fassender Last-Level-Cache, den AMD Infinity Cache nennt, entlastet das Speichersubsystem.

## Spielergrafikkarte Radeon RX 6700: Spieleleistung

Grafikkarte	Shadow of the Tomb Raider (DX12, RT aus) <sup>1</sup>		Shadow of the Tomb Raider (DX12, RT an) <sup>2</sup>		Metro Exodus Enhanced (DX12, RT an) <sup>3</sup>		Control (DX12, RT an) <sup>4</sup>	
	FHD	WQHD	FHD	WQHD	FHD	WQHD	FHD	WQHD
	[fps <sup>5</sup> ] besser ▶	[fps <sup>5</sup> ] besser ▶	[fps <sup>5</sup> ] besser ▶	[fps <sup>5</sup> ] besser ▶	[fps <sup>5</sup> ] besser ▶	[fps <sup>5</sup> ] besser ▶	[fps <sup>5</sup> ] besser ▶	[fps <sup>5</sup> ] besser ▶
Sapphire Radeon RX 6700 Gaming OC	111/149	79/99	48/82	33/55	40/62	31/44	31/40	19/24
Radeon RX 6700 XT 12G	124/166	90/115	59/97	42/66	45/69	35/49	34/44	21/27
Radeon RX 6650 XT 8G	108/141	74/91	39/75	26/49	37/56	29/39	– <sup>6</sup>	– <sup>6</sup>
Radeon RX 6600 XT 8G	106/138	72/89	39/72	26/47	37/55	28/39	24/34	14/19
GeForce RTX 3060 12G	92/122	65/83	62/82	41/54	34/55	28/41	35/43	22/27
Radeon RX 6600 8G	84/108	57/69	32/60	23/38	29/44	22/31	21/27	13/16
GeForce RTX 2060 6G	74/100	51/66	54/72	36/47	31/49	24/36	27/36	17/22
GeForce RTX 3050 8G	67/89	47/60	44/60	29/39	25/39	19/29	25/31	17/19

Testsystem: Ryzen 9 5900X, 32 GByte DDR4-3600, Windows 11 21H2, VSync aus, rBAR an bei RTX 30/RX 6000  
<sup>1</sup> Preset „Ultra“, SMAA, 16x AF <sup>2</sup> Preset „High“, Raytracing „High“ <sup>3</sup> Bilder pro Sekunde, dunkler Balken: P1-Perzentil, d.h. zu 99 Prozent liegt die Bildrate höher; heller Balken: Durchschnittswert <sup>4</sup> Preset „High“ <sup>5</sup> nicht gemessen

## Leistung

In Spielen mit herkömmlicher Rastergrafik (also ohne Raytracing) ist die RX 6700 flotter als die RX 6650 XT und die GeForce RTX 3060. Sie kommt in Einzelfällen wie Assassin's Creed Valhalla auch der teureren RTX 3070 gefährlich nahe. Für durchschnittlich 60 fps mit höchsten Details genügt ihre Performance in den meisten Spielen auch noch in WQHD-Auflösung, Shadow of the Tomb Raider läuft sogar mit knapp 100 fps. In Ultra-HD-Auflösung muss man bei neueren Titeln meist die Detailstufe reduzieren.

Kommt jedoch Raytracing ins Spiel, ist auf einmal, wie im Shooter Metro Exodus Enhanced, die RTX 3060 die härteste Gegnerin der RX 6700. Daher muss man sich in Spielen mit Strahlverfolgung auf Full HD oder eine allgemein niedrigere Detailstufe beschränken.

Die zwei zusätzlichen Gigabyte Speicher sind für Spiele in dieser Performanceklasse nicht entscheidend, aber wer noch mehr mit der Grafikkarte vorhat, außer zu spielen, den wird das größere Speicherpuffer freuen. Nicht nur KI-Modelle gieren nach Gigabytes, auch Blender-Projekte wie die Demoszene Cosmos Laundromat laufen um Welten schneller als auf RX 6600 XT und 6650 XT. Die müssen mit ihren 8 GByte Grafikspeicher viele Daten über den vergleichsweise langsamen PCI-Express-Anschluss hin- und herschieben, der zudem nur mit 8 statt 16 Lanes angebunden ist wie bei der RX 6700.

## Fazit

Die Radeon RX 6700 ist eine attraktive und im besten Sinne mittelmäßige Karte: Da AMD und Sapphire die Taktraten nicht bis ans Limit fahren, kommt sie mit weniger elektrischer Energie aus als die hochgezüchtete, aber langsamere RX 6650 XT. Der vergleichsweise schmale Kühler der Sapphire-Variante macht den Einbau auch in beengtere Gehäuse einfach und die Anforderungen ans Netzteil sind geringer.

Die ärgste Gegnerin der Radeon RX 6700 ist die nicht viel teurere RX 6700 XT. Karten mit diesem Grafikchip sind wiederum meist stromdurstiger, größer und oft auch lauter. (csp@ct.de) **ct**

## Sapphire Radeon RX 6700

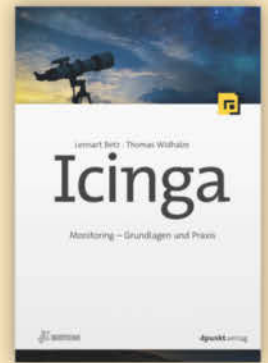
Modell	Radeon RX 6700 Gaming OC
Hersteller, URL	Sapphire, sapphire.tech.com
Modell (Modellnummer)	Gaming OC (11321-03-20G)
Shader / TMU / ROP	2304 / 144 / 64
GPU-Takt: Basis / Gaming / Turbo	2140 / 2330 / 2495 MHz
Speichertakt / -menge	2000 MHz (16 Gbit/s) / 10 GByte GDDR6
GPU-TGP <sup>1</sup> / Stromversorgung	220 Watt / 1 × 8-Pin
Schnittstelle / Bauform / Lüfter	PCIe 4.0 x16 / 2 Slot / 2 × 95 mm (axial)
Abmessungen (T × B × H) / Gewicht	42 mm × 121 mm × 243 mm / 720 g
Display-Ausgänge	3 × DP 1.4a, 1 × HDMI 2.1
Technische Prüfungen	
3DMark Time Spy / Port Royal	11.627 / 5115 Punkte
LuxMark 3.1 LuxBall HDR	31.635 Punkte
Leistungsaufnahme 2D / 3D / Peak <sup>1</sup>	6 (28) / 193 / 236 Watt
Lautheit Leerlauf / 3D-Last	<0,1 <sup>2</sup> / 1,8 sone
Bewertungen	
3D-Perf. FHD / WQHD / 4K (mit RT) <sup>3</sup>	⊕⊕ (⊕) / ⊕ (⊖) / ○ (⊖⊖)
Geräuschentwickl. Leerlauf / 3D-Last	⊕⊕ / ⊖
Straßenpreis / Garantie	415 € / 3 Jahre (Abwicklung nur über Händler)

<sup>1</sup> ruhender Windows-Desktop mit einem (vier) angeschlossenen Monitor(en) / Mittelwert im 3DMark 11 GT 1 / kurzzeitige Spitzenwerte

<sup>2</sup> Lüfter stehen im Leerlauf still <sup>3</sup> bezogen auf die gewählten Einstellungen, RT = Raytracing  
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht



2. Auflage · 618 Seiten · 52,90 €  
ISBN 978-3-86490-714-2



742 Seiten · 54,90 €  
ISBN 978-3-86490-879-8



494 Seiten · in Farbe · 34,90 €  
ISBN 978-3-86490-936-8



264 Seiten · in Farbe · 29,90 €  
ISBN 978-3-86490-951-1



2. Auflage · 294 Seiten · in Farbe  
34,90 € · ISBN 978-3-86490-881-1



262 Seiten · in Farbe · 34,90 €  
ISBN 978-3-86490-912-2



230 Seiten · in Farbe · 29,90 €  
ISBN 978-3-86490-665-7



236 Seiten · in Farbe · 34,90 €  
ISBN 978-3-86490-901-6



## E-Book-Aktion

Vom 14. bis 27. November! Mehr Infos unter [dpunkt.de](http://dpunkt.de).





## Neutraler Kopfhörer

**Ollo hat offenen Kopfhörer S5X speziell auf Dolby Atmos abgestimmt und lockt mit neutralem Frequenzverlauf sowohl Musikproduzenten wie auch Klangpuristen.**

Der Kopfhörerspezialist Ollo Audio aus Slowenien ist hierzulande kaum bekannt. Seine geschlossenen und offenen Modelle richten sich in erster Linie an Musikprofis, die einen neutralen Kopfhörer suchen. Insbesondere wenn sie fernab von ihrem Studio Musik ohne kalibrierte Abhörmontore mischen, benötigen sie eine verfärbungsarme Abhörmöglichkeit, die viele Consumer-Modelle mit ihrer Bass- und Höhenbetonung nicht bieten.

Ollo forscht in seinem Labor nach der optimalen Frequenzkurve und erklärt in seinen auf der Webseite verfügbaren Messprotokollen haarklein die akustischen Details. Für den offenen S5X konzipierte der Hersteller einen eigenen Frequenzverlauf (Target Curve), der speziell auf die Vorgaben von Dolby zur Wiedergabe von Atmos-Stücken in 3D-Audio abgestimmt wurde. Dazu reduzierte Ollo den Pegel im Bassbereich und in den unteren Mitten leicht, um mehr Klarheit herauszukitzeln und die Ortung zu verbessern.



**Der Frequenzverlauf des Ollo S5X (rot) ist ähnlich neutral wie der des Sennheiser HD 600 (gelb) und fällt lediglich im Bass und in den Höhen etwas ab.**

Im Test klang der knapp 500 Euro teure S5X sehr ähnlich wie der neutrale Sennheiser HD 600. Erst im direkten A/B-Vergleich fiel auf, dass der S5X in den Bässen und unteren Mitten unter 300 Hz etwas schlanker aufspielt. Durch diese Nuancen wirkt er etwas klarer, aber auch einen Tick kälter. Die Mitten klingen bei beiden Modellen weitgehend gleich. In den Höhen nimmt sich der Ollo S5X etwas zurück, was das Gehör auch bei längeren Sitzungen nicht überanstrengt.

Die ausgewogene und detailreiche Wiedergabe eignet sich für nahezu alle Musikgenres, von Rock über Pop bis Jazz und Klassik. Der aufgeräumte Bass kommt der räumlichen Wirkung von 3D-Aufnahmen zugute. Einzig Hip-Hop-Fans wünschen sich untenrum etwas mehr Druck.

Der S5X punktet mit seiner luxuriösen Verarbeitung mit Metallbügel, Holzmuscheln und lederartigen Polstern, die sich sanft um die Ohren schmiegen und stundenlang bequem sitzen. Sie lassen sich ebenso austauschen und nachbestellen wie das textilmantelnde, steckbare 3-Meter-Kabel mit Klinkenbuchse. Äußerst vorbildlich: Ollo gewährt fünf Jahre Garantie und kann im Reparaturfall sämtliche Einzelkomponenten austauschen. Jedem nummerierten Exemplar legt Ollo ein Messprotokoll mit Frequenzverlauf bei und gewährt eine 30-tägige Testperiode. Das kennen wir in der Preisregion unter 500 Euro von keinem anderen Hersteller.

Durch seine neutrale Abstimmung ist der Ollo S5X ein gut geeignetes Arbeitswerkzeug in der Musikproduktion. Schärfster Konkurrent ist der etwas günstigere Sennheiser HD 660S (400 Euro). Klanglich liegen beide nahezu gleichauf, bei der Verarbeitung zieht der S5X aber vorbei. Neumanns NDH 30 (630 Euro) hält sich in den Höhen etwas mehr zurück und klingt dadurch etwas runder und voller als der S5X. Dank ihrer relativ geringen Nennimpedanz lassen sich alle drei Kopfhörer an Laptops und Mobilgeräten ohne separaten Kopfhörerverstärker betreiben. Der S5X ist wie die anderen beiden Modelle allen zu empfehlen, die einen möglichst unverfälschten Klang bevorzugen.

(hag@ct.de)

### Ollo Audio S5X 1.0

Offener Kopfhörer mit Kabelanschluss	
Hersteller, URL	Ollo Audio, olloaudio.com
Anschluss	50 Ohm, 3,5-mm-Stereoklinke (Adapter auf 6,3 mm)
Preis	489 €



Bild: beyerdynamic

## Luxus-Headset

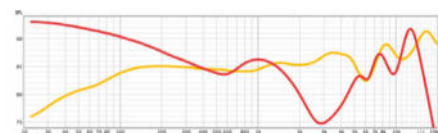
**Beyerdynamics In-Ear-Headset Xelento Remote zielt auf solvente Audiophile.**

Die Stahlgehäuse der In-Ear-Kapseln sind blank poliert und das wechselbare, dünne, silberne Kabel legt sich geschmeidig um die Ohrmuscheln. Das Mikrofon am rechten Kabel genügt für Telefonate.

Beim Klangtest löst der neue Tesla.11-Treiber Details präzise auf. Der Frequenzverlauf ist allerdings stark verbogen. Unterhalb von 600 Hz steigen die Pegel um bis zu 9 Dezibel kontinuierlich an. Die Höhen schießen ab einem Tiefpunkt bei 3 kHz ebenfalls bis zu einer Frequenz von 12 kHz empor.

Der Klang des Xelento Remote (2. Gen.) wirkt durch seine übermäßige Betonung von Bässen und HiHats wuchtig und fisselig zugleich. Das ließe sich zwar per Software ausgleichen (siehe c't 22/2022, S. 104), wird dem audiophilen Anspruch und dem Preis aber nicht gerecht.

(hag@ct.de)



**Anders als der neutrale Sennheiser HD 600 (gelb) betont das Xelento Remote (rot) Bässe und Höhen unnatürlich stark.**

### Beyerdynamic Xelento Remote (2. Generation)

In-Ear-Headset mit Kabelanschluss	
Hersteller, URL	Beyerdynamic, beyerdynamic.de
Anschlüsse	3,5 mm Klinke, 4,4 mm Pentaconn
Preis	999 €





**WIR MACHEN  
KEINE WERBUNG.  
WIR MACHEN EUCH  
EIN ANGEBOT.**



[ct.de/angebot](https://ct.de/angebot)

**Jetzt gleich bestellen:**

 [ct.de/angebot](https://ct.de/angebot)

 +49 541/80 009 120

 [leserservice@heise.de](mailto:leserservice@heise.de)

### **ICH KAUF MIR DIE c't NICHT. ICH ABONNIER SIE.**

Ich möchte c't 3 Monate lang mit 35 % Neukunden-Rabatt testen.  
Ich lese 6 Ausgaben als Heft oder digital in der App, als PDF oder direkt im Browser.

**Als Willkommensgeschenk erhalte ich eine Prämie nach Wahl,  
z. B. einen RC-Quadrocopter.**



# Temperatur-fühlige Alexa

## Echo Dot und Echo Dot mit Uhr der 5. Generation im Test



**Amazons vernetzter Lautsprecher Echo Dot kommt in der 5. Generation mit einem integrierten Temperatursensor. Der ist nützlicher, als es auf den ersten Blick scheint.**

Von Nico Jurrán

Der Echo Dot ist laut Amazon der erfolgreichste Smart Speaker des Unternehmens – da verwundert es kaum, dass jedes zweite Jahr eine Neuauflage ansteht. Dabei schraubt der Hersteller meist ein wenig am Klang, so auch bei der aktuellen 5. Generation. Die klingt in den Mitten und Tiefen ein wenig satter als der Vorgänger, ohne aber damit an einen ausgewachsenen Lautsprecher heranzukommen.

Diesmal gibt es zudem seit längerer Zeit mal wieder einen neuen Echo Dot mit

integrierter Uhr. Damit eignet er sich gut als Timer in der Küche oder als Wecker im Schlafzimmer. Eine „Snooze“-Funktion haben beide Varianten: Durch Tippen auf die Oberseite schaltet man den Alarm aus und lässt ihn neun Minuten später wiederholen, um bis dahin weiter zu schlummern. Das funktioniert seltsamerweise weiterhin nur, wenn die Mikrofone nicht stumm geschaltet sind.

### Frischzellenkur

Amazon hatte den Echo mit Uhr mit der dritten Modellgeneration eingeführt (siehe c't 26/2019, S. 82), als die Dots noch flach waren und ein Leuchtring auf der Oberseite den Status anzeigte. Mittlerweile ist der Dot ein stoffbezogener Ball mit LED-Ring an der Unterseite. Ein weiterer Unterschied zum Vorgänger: Statt einer Sieben-Segment- gibt es nun eine etwas größere Matrix-Anzeige. Bei der Uhrzeit macht das kaum einen Unterschied. Spielt man Musik ab, laufen nun aber auch der Name des Interpreten und der Titel im Display durch.

Bei der Zeitanzeige begegnete uns im Test ein altbekannter Bug: Wie beim ersten Dot mit Uhr kann man in der Alexa-App auf dem Smartphone zwar vom standardmäßigen 12- auf das hierzulande gebräuchliche 24-Stunden-Format umstellen, bekommt beim Stellen eines Weckers zur Bestätigung aber dennoch die Zeit im 12-Stunden-Format angezeigt. Das hätte Amazon in drei Jahren gerne fixen dürfen.

Hinsichtlich der Farbauswahl ist man bei der Variante mit Uhr gegenüber dem Standardmodell eingeschränkt: letzteres gibt es in Anthrazit, „Tiefseeblau“ und Weiß, ersteres nur in Weiß und Graublau.

### Wärmeempfinden

Die wichtigste Neuerung der 5. Dot-Generation (mit und ohne Uhr) ist ein eingebauter Temperatursensor. Den aktuellen Wert teilt die integrierte Sprachassistentin nach

einer Abfrage wie „Alexa, wie ist die Temperatur im Arbeitszimmer?“ mit – und zeigt ihn bei der Variante mit Uhr auch parallel an. Das ist praktisch – vor allem aber kann man die vom Dot ermittelte Temperatur für Routinen nutzen: Übersteigt beziehungsweise unterschreitet sie einen festgelegten Wert, kann Alexa beispielsweise eine Warnung aussprechen, eine Aktion über den Webdienst IFTTT ausführen oder direkt ein Kommando an ein verbundenes Smart-Home-Gerät schicken.

Letztere Variante funktioniert unter anderem im Zusammenspiel mit dem Heizungssteuerungssystem von Tado, dem sich der Dot als zusätzlicher Temperatursensor im Raum andient. Eine aufwendige Programmierung ist dafür nicht nötig: Die temperaturabhängige Routine ist mit wenigen Klicks in der Alexa-App zusammengestellt, wobei man auch festlegen kann, an welchen Tagen und zu welchen Zeiten sie aktiv sein soll.

### Fazit

Hinsichtlich des Klangs macht der Echo Dot mit der Neuauflage nur einen kleinen Schritt. Der neue Temperatursensor ist dank der Möglichkeit, automatisch Aktionen auszulösen, hingegen eine sehr interessante Weiterentwicklung für Smart-Home-Fans. (nij@ct.de) **ct**



Der neue Dot mit Uhr lässt bei der Wiedergabe eines Musikstücks den Namen des Interpreten und den Titel einmal über das Display laufen.

## Echo Dot / Echo Dot mit Uhr (5. Generation)

Smarte Lautsprecher mit Alexa	
Hersteller, URL	Amazon, amazon.de
Lautsprecher	44 mm
Display	LED (5 Pixel × 21 Pixel, nur Dot mit Uhr)
Sensoren	Temperatur, Beschleunigung
Konnektivität	WLAN (Wi-Fi 5), Bluetooth Low Energy Mesh
Maße, Gewicht	100 mm × 100 mm × 89 mm, 340 / 349 g (Dot / Dot mit Uhr)
Preis	60 € / 70 € (Echo Dot / Echo Dot mit Uhr)

MEHR INFORMATIONEN  
ZU PUR-PROJEKTEN:  
[www.techconsult.de/pur](http://www.techconsult.de/pur)



**PUR 2023**  
Professional User Rating

Anwender bewerten Anbieter

# PROFESSIONAL USER RATING HUMAN RESOURCES

3.000 Anwendungsexperten haben ihre HR-Lösungen bewertet



Anwender haben entschieden:

**Coveto ist Champion im  
Bereich E-Recruiting**



*Scan mich*

Erfahren Sie, wieso die  
Anwender Coveto als  
Champion gekürt haben.

[www.coveto.de/pur-recruiting-champion](http://www.coveto.de/pur-recruiting-champion)

Ein Projekt von:







# Aufpolierter Medienwürfel

## Fire TV Cube der neuen Generation im Test

**Als Streamingplayer mit integrierter Sprachassistentin konnte Amazons Fire TV Cube viele Fans gewinnen. Das neue Modell bringt eine Reihe von Veränderungen – manche wurden herbeigesehnt, einige kommen unerwartet, nicht alle sind gelungen.**

Von Nico Jurran

**D**er erste in Deutschland erhältliche Fire TV Cube sah mit seiner glänzenden Oberfläche noch wie ein typischer Streaming-Player aus, trotz integrierter Sprachassistentin Alexa samt (abschaltbarer) Fernfeldmikrofone. Der Stoffbezug der neuen Generation weckt hingegen gleich Assoziationen an Amazons Smart-Speaker der Echo-Reihe – und macht optisch auch mehr her. Dennoch gilt weiterhin, dass die integrierten Lautsprecher nur für Alexas Antworten gedacht sind. Musik und Filmtöne erschallen ausschließlich über einen ange-

schlossenen Audio/Video-Receiver, eine Soundbar oder gekoppelte Echo-Geräte mit Lautsprecher (wie die Echo Studios).

Der neue Cube verschiebt die Leistungsgrenze der Fire-TV-Reihe weiter nach oben – aufgrund seines Octa-Core-Prozessors ist der neue Würfel laut Amazon rund 20 Prozent leistungsfähiger als sein Vorgänger. Dadurch starten Apps schneller und Games laufen flüssiger. Spannender ist da, dass der neue Cube Wi-Fi 6E unterstützt und mit einem entsprechenden Router reibungsloses Streaming auch in vollen Netzen ermöglicht. Zudem braucht man dank Ethernetanschluss keinen Micro-USB-Adapter mehr, um eine Kabelverbindung zum Internetanschluss herzustellen.

### Offen für (fast) alles

Überhaupt sind die Anschlüsse das große Thema beim neuen Würfel: So hat er nun auch einen HDMI-Eingang. An den lässt sich etwa ein Digital-TV-Receiver mit HD-Ausgabe anschließen, dessen Bild der Videochip im Cube dann auf 4K hochrechnet. Der Upscaler leistet dabei ordentliche Arbeit.

Schon der vorherige Cube steuerte TV und AV-Receiver beziehungsweise Soundbar mit. Das neue Modell erfasst zudem, wenn der Nutzer zu seinem HDMI-Eingang wechselt und ändert daraufhin die Tastenbelegung seiner Fernbedienung, sodass sich das angeschlossene Gerät steuern lässt. Die Kommandos laufen über die integrierten Infrarot-Sender beziehungsweise über einen (nicht mehr beiliegenden) externen Infrarot-Sender. Mit einem Sky-Q-Receiver klappte das gut, eine Übersicht unterstützter Geräte gibt es unter [ct.de/ya12](https://ct.de/ya12).

Der Cube leitet Videobilder bis 4K inklusive HDR10(+) und Dolby Vision durch, solange sie nicht mehr als 60 Hertz und keine variable Wiederholrate (VRR, variable refresh rate) haben. Letzteres stört nur eine kleine Gruppe von Playstation-5- und Xbox-Nutzern. Wesentlich schwerer wiegt, dass der Cube zwar das Passthrough von Dolby-Formaten bis Dolby Atmos beherrscht, aber nicht von DTS-Ton.

Neu ist des Weiteren eine USB-A-Buchse. Schließt man daran eine Webcam an, kann man am verbundenen Fernseher über die Kommunikationsfunktion von Alexa auf Zuruf videochatten. Mögliche Verbindungspartner sind andere Cubes der neuesten Generation, Smart-Displays der Echo-Show-Reihe oder die Alexa-App



Auf der Rückseite hat sich beim Fire TV Cube seit der letzten Generation (links) einiges getan: So sind ein HDMI-Eingang und eine USB-A-Buchse hinzugekommen. Der Micro-USB-Anschluss für den LAN-Adapter ist weg, dafür hat der Würfel nun einen eigenen Ethernet-Port.

auf dem Smartphone, im eigenen Heim oder bei Freunden. Auch in Zoom-Meetings kommt man mit Videobild, aber Clients für andere Anbieter wie Skype oder Teams fehlen im App-Store. Im Test funktionierte eine Logitech C920 als Webcam problemlos.

### Streaming von fern und nah

Beim Streaming liefert auch der neue Cube wieder voll ab: Inhalte von Amazon Prime Video, Apple TV+, Disney+ und Netflix gibt er (wenn verfügbar) bis zur UHD-Auflösung in den HDR-Formaten HDR10, HLG, Dolby Vision und HDR10+ sowie mit 3D-Sound in Dolby Atmos aus. Bei Prime Video passt er auf Wunsch die Bildwiederholrate ans Quellmaterial an, um etwa Filme mit 24 Bildern pro Sekunde (24p) an den Fernseher zu übertragen. Bei YouTube reicht die Unterstützung bis 4K mit HLG-HDR und 5.1-Sound.

Interessantes Detail: Stellt man die Audioausgabe beim neuen Cube auf bestmögliche Qualität, gibt er im Unterschied zur vorherigen Generation Dolby Atmos an passende AV-Receiver im Format Dolby-MAT mit Mehrkanal-PCM und nicht mit Dolby Digital Plus als Basis aus. Meist macht das keinen Unterschied, bei einigen älteren Receivern greifen bei Dolby-MAT aber lästige Sperren nicht, die verhindern, dass sich der Ton in 3D-Sound hochrechnen lässt. Dolby Digital Plus als Kern lässt sich weiterhin erzwingen.

Es gibt aber noch eine größere Überraschung: Der neue Cube spielt nämlich Videos, Musik und Bilder auch von einem

USB-Speichermedium ab. Der Umfang der offiziell unterstützten Formate beeindruckt durchaus (siehe Tabelle). Tatsächlich gab der Cube viele Videos in MKV-, MP4- und WebM-Containern bis zur UHD-Auflösung inklusive HDR und Dolby-Atmos-Ton wieder. Wir konnten sogar im neuen und anspruchsvolleren Kompressionsverfahren AV1 kodierte Videos bis 4K-Auflösung ruckelfrei abspielen (siehe c't 8/2022, S. 168).

Bei einigen Videos in Dolby Vision und HLG-HDR verweigerte der Würfel allerdings ohne ersichtlichen Grund die Wiedergabe. An einer guten Bewertung schrammt die Medienplayer-Software aber schon wegen anderer Schwächen vorbei: Sie zeigt weder externe noch interne Untertitel an, er gibt keine DTS-Soundtracks aus und spielt keine Inhalte von einem NAS ab.

### Neue Fernbedienung nicht dabei

Der Cube der zweiten Generation kostet 160 Euro; der Vorgänger war zum Start noch für 120 Euro zu haben. Im Lieferumfang enthalten ist eine Fernbedienung mit Mikrofon, sodass man auf Knopfdruck mit Alexa sprechen kann. Parallel präsentierte Amazon die „Alexa-Sprachfernbedienung Pro“ mit „Remote Finder“: Per Sprachbefehl an ein Alexa-Gerät bringt man diese dazu, zu piepsen und so ihren Aufenthaltsort zu verraten. Zudem hat sie eine Hintergrundbeleuchtung, die sich einschaltet, wenn man sie aufhebt. Ebenfalls praktisch sind zwei programmierbare Tasten, um darüber Apps aufzurufen, das

Licht zu dimmen oder eine andere Routine zu starten.

Die „Alexa-Sprachfernbedienung Pro“ lässt sich mit dem Cube koppeln, man bekommt sie bislang aber nur separat für 40 Euro. Hier hat Amazon eine Chance verpasst, Käufern einen weiteren Mehrwert gegenüber dem Vorgänger zu liefern.

### Fazit

Der neue Fire TV Cube bringt viele Neuerungen mit, deren Nutzen stark vom Einzelfall abhängt. So ist das Gerät interessant, wenn man Videochats über Alexa oder Zoom am Fernseher führen möchte. Der HDMI-Eingang ist wiederum sinnvoll, um einen Digital-TV-Receiver anzuschließen oder beispielsweise eine Nintendo Switch. Ohne DTS-Weiterleitung ist er aber praktisch unbrauchbar für DVD-, Blu-ray- und UHD-Blu-ray-Player.

Der neuen Medienplayer ist aktuell eine nette Zusatzfunktion, um Musikstücke und Bilder von einem Stick abzuspielen. Als Videoplayer ist der Cube ohne NAS-Anbindung und mangels Unterstützung von DTS-Ton und Untertiteln aber keine Alternative zu einem Nvidia Shield (Pro).

Dennoch soll kein falscher Eindruck entstehen: Als Streamingplayer spielt der neue Fire TV Cube bezüglich Dienste- und Formatunterstützung wie der Vorgänger wieder ganz oben mit. Wer Alexa mag, bekommt zudem eine Echo-Variante mit Freihandbedienung, die Geräte der Heimkino-Anlage mitsteuert. Auch der bessere WLAN-Chip und der Ethernetanschluss sind ein klares Plus zum Vorgängermodell. (nij@ct.de) **ct**

**Unterstützte Digital-TV-Receiver:**  
[ct.de/ya12](http://ct.de/ya12)

## Amazon Fire TV Cube

Streamingplayer mit Sprachassistentin	
Hersteller, URL	Amazon, <a href="https://amazon.de">amazon.de</a>
Hardware	Octa-Core-Prozessor (4 × 2,2 GHz und 4 × 2,0 GHz), 800-MHz-GPU, 16 GByte Gerätespeicher, 2 GByte Arbeitsspeicher
Bild	bis 2160p60, inklusive HDR10, HDR10+, Dolby Vision, HLG
Formate	Video: H.265, H.264, VP9, AV1; Audio: AAC-LC, Dolby Digital (Plus), FLAC, MP3, PCM/Wave, Vorbis, Dolby Atmos, Dolby MAT; Bilder: JPEG, PNG, GIF, BMP
Konnektivität	WLAN (Wi-Fi 6E), Bluetooth inkl. Audio-Streaming für Hörgeräte (ASHA)
Anschlüsse	HDMI-Out, HDMI-In, USB-A, LAN, Port für IR-Sender
Lieferumfang	Fernbedienung (inkl. Batterien), Netzteil
Leistungsaufnahme	2,6 / 4,2 W (Standby / Betrieb)
Preis	160 €



# Video-Ruhepol

## DJI Osmo Mobile 6 für ruhige Aufnahmen mit dem Smartphone

**DJIs Smartphone-Gimbal Osmo Mobile 6 soll nicht nur butterweiche Videoaufnahmen mit dem Handy, sondern auch tolle Trickshots ermöglichen – und hat einen Selfie-Stick gleich eingebaut.**

Von Nico Jurrán

Über drei Achsen motorisierte Smartphone-Gimbals stabilisieren Videoaufnahmen mit dem Handy auch über Stock und Stein und ermöglichen cineastische Kamerafahrten. Dank ergonomischem Griff filmt man damit zudem auch mit einem schweren Smartphone lange am Stück, ohne einen Krampf in der Hand zu bekommen.

Solche kardanischen Aufhängungen kennt man von Kameradrohnen – und DJI setzte bei seinen ersten Gimbals der sogenannten „Osmo“-Reihe tatsächlich Varianten der Kameras aus seinen Flugmo-

dellen ein. Das ist vorbei: Der Hersteller bietet nur noch die kleine „Osmo Pocket“ als Gimbal mit eigener Kamera an und konzentriert sich mit der „Osmo Mobile“-Reihe voll auf Modelle, in die man Smartphones einspannt.

Die Liste der mit dem neuen Modell Osmo Mobile 6 (OM6) kompatiblen Smartphones kann sich sehen lassen: Rund sechzig Android-Handys von Google, Honor, Huawei, OnePlus, Oppo, Realme, Samsung, Vivo und Xiaomi unterstützt der Gimbal, zudem iPhones vom Modell 8 bis zum 14 Pro Max (siehe [ct.de/y7ta](https://ct.de/y7ta)). Generell arbeitet er mit jedem Smartphone zusammen, das zwischen 170 und 290 Gramm wiegt sowie 6,9 bis 84 Millimeter breit und 6,9 bis 10 Millimeter dick ist. Im Test stabilisierte das OM6 auch noch problemlos ein iPhone 13 Pro Max, das mit Hülle rund 300 Gramm wog.

Strom erhält der OM6 von einem fest eingebauten 1000-mAh-Akku, den man über ein USB-C-Netzteil (nicht im Lieferumfang) lädt. Eine Akkuladung hält über sechs Stunden, genaue Angaben sind schwierig, da viele Faktoren hineinspielen, wie etwa das Gewicht des Smartphones und wie stark man den Gimbal bewegt. Für die meisten Aufnahmesituationen reicht die Laufzeit aber locker aus. Den aktuellen Akkustand zeigt das OM6 in einem kleinen Display an.

### Überall dabei

Idealerweise lässt sich ein Gimbal einfach in der Jacken- oder Handtasche mitnehmen. Auf den OM6 trifft dies zu, da er auf die Größe einer 0,5-Liter-Getränkedose zusammenfaltbar ist und mit rund 309 Gramm auch ein angenehmes Gewicht aufweist. Eine neue Arretierung am Gimbal verhindert, dass sich das Gerät beim Transport verdreht. Zum Listenpreis von 169 Euro ist ein kleiner Stoffbeutel dabei; wer längere Reisen plant, sollte eventuell den Kauf einer festeren Tasche einplanen.

Eine 31 Gramm leichte magnetische Klemme stellt die physische Verbindung zum Smartphone her und kann auch am Handy bleiben, wenn man mal eine Drehpause einlegt. Dank dieses Schnellverschlusses trennt man das Telefon auch flott vom Gimbal, wenn einmal ein Anruf hereinkommt. Als Zubehör bietet DJI eine alternative Klemme mit integrierten LEDs für 49 Euro an, die Selfie-Aufnahmen mit der Frontkamera in drei Helligkeitsstufen ausleuchtet. Die LED-Klemme hat einen eigenen Akku, der ebenfalls über USB-C





Eine magnetische Klemme hält das Smartphone am Gimbal fest.

geladen wird und je nach Helligkeitsstufe zwischen 1,5 und rund 3 Stunden durchhalten soll.

Da die Klemme alleine 73 Gramm wiegt, kann das OM6 bei einigen schweren Smartphones an seine Grenzen stoßen. Dann beginnen seine Motoren bei schnellen Bewegungen zu stottern, was man bei einem Gimbal ja nun gerade nicht will. Im Zweifel sollte man sich daher beim Kauf der LED-Klemme ein Rückgaberecht einräumen lassen.

Schließlich weist der OM6 noch eine Besonderheit auf: In dem Gimbal ist ein rund 20 Zentimeter langer Stab integriert. Den kann man als Selfiestick einsetzen oder für Aufnahmen mit der Hauptkamera aus ungewöhnlichen Perspektiven.

### Schnell zur Aufnahme

Der Osmo Mobile 6 ist schnell am Start: Er schaltet sich automatisch ein, sobald man ihn aufklappt. Hat man die magnetische Klemme vorher am Smartphone montiert, ist das System in unter 10 Sekunden aufnahmebereit.

Der OM6 funktioniert mit der Kamera-App des Handys. Dann wechselt man über eine Taste am Gimbal nahtlos zwischen Hoch- und Querformat und löst mit einer anderen – dank Bluetooth-Verbindung zum Handy – Foto- und Videoaufnahmen in der Kamera-App aus. Wesentlich sinnvoller ist es aber, die „DJI Mimo“-App auf dem Smartphone zu verwenden, die es für iPhones im Apple App Store und für Android-Handys als APK auf der DJI-Website gibt (siehe [ct.de/y7ta](http://ct.de/y7ta)). Nur darü-

ber hat man Zugriff auf alle Funktionen des OM6.

Die Aufnahmefunktion der Mimo-App schließt zudem Zeitraffer- und Panorama-Modi ein sowie Funktionen, bei denen automatisch in einen markierten Bereich hinein- beziehungsweise herausgezoomt wird. Dazu gehört unter anderem, auf Knopfdruck zwischen Foto- und Videomodus sowie zwischen Haupt- und Frontkamera wechseln zu können. Über einen Drehknopf an der Seite des Griffs zoomt man im Kamerabild und verändert die Blende. Da viele Tasten des OM6 mehrfach belegt sind, braucht es einige Zeit, um sich in die Bedienung reinzufuchsen. DJI unterstützt den Nutzer dabei mit Tutorials.

Ebenso muss man üben, wie man überhaupt mit dem OM6 filmt – zumal mehrere Modi wählbar sind, in denen sich die Kamera bei Bewegungen des Gimbals jeweils anders verhält. Über einen kleinen Steuerknüppel lässt sich die Kameraausrichtung manuell verändern.

Der Bereich, in dem man den Stabilisator schwenken, rollen und neigen kann (siehe Tabelle), ist für die meisten Anwen-

dungen völlig ausreichend. Lediglich beim Abschnellen eines Motivs von oben nach unten oder umgekehrt hätten wir uns ein wenig mehr Spielraum gewünscht.

### Mehr als nur Stabilisierung

Nicht nur die Stabilisation hat das OM6 von den DJI-Drohnen geerbt, sondern auch die sogenannte „ActiveTrack“-Funktion: Auf Knopfdruck am Gimbal verfolgt die Kamera automatisch ein markiertes Motiv. Mit dieser Unterstützung ist es wesentlich einfacher, eine Person, die sich vor der Hauptkamera bewegt, in der Bildmitte zu behalten.

„ActiveTrack“ ist zudem sehr praktisch, wenn man den Gimbal auf das mitgelieferte Ministativ montiert und sich selbst mit der Frontkamera aufnimmt. In der Version 5.0 funktioniert dies auch zuverlässig, wenn man mehrere Meter von der Kamera entfernt steht. Zudem bietet Mimo-App die Option, die Verfolgung und die Aufnahme mit einer Geste zu starten und zu stoppen. Im Test klappte das ebenfalls gut.

### Fazit

Der Osmo Mobile 6 präsentierte sich in unserem Test als ausgereiftes und gut durchdachtes Produkt mit einer Masse an Funktionen. Insofern muss man als Einsteiger einige Zeit investieren, um alle Möglichkeiten des Kamera-Gimbals auszuloten. Dann gelingen damit aber auch sehenswerte Aufnahmen mit tollen Effekten.

Vor allem die ActiveTrack-Funktion bietet einen echten Mehrwert: Verfolgt man ein Motiv, ist es damit wesentlich einfacher, dieses im Bild zu behalten. Und zusammen mit dem mitgelieferten Ministativ und der Gestensteuerung gelingen ganz einfach sehenswerte Clips für Social-Media-Kanäle. (nij@ct.de) **ct**

**Kompatibilitätsliste und Downloads :**  
[ct.de/y7ta](http://ct.de/y7ta)

## DJI Osmo Mobile 6

Smartphone-Gimbal	
Hersteller, URL	DJI, <a href="http://dji.com">dji.com</a>
steuerbarer Bereich	Schwenken: -95° bis 95°, Rollen: -100° bis 175°, Neigen: -25° bis 40°
Stromversorgung	LiPo-2S-Akku, 1000 mAh, aufladbar über USB-C
Kommunikation	Bluetooth 5.1
Lieferumfang	Gimbal, Handyklammer, Ministativ, Beutel
Maße / Gewicht	ausgeklappt: 276 mm × 111,5 mm × 99 mm, gefaltet: 189 mm × 84,5 mm × 44 mm / Gimbal: 309 g, Klammer: 31 g
Preis / Garantie	169 € / 2 Jahre



Der Osmo Mobile 6 hat einen integrierten Verlängerungsstab, der sich auf eine Länge von circa 20 Zentimeter ausziehen lässt.



## ANC-Kopfhörer

**Bluetooth-Kopfhörer sollen Lärm wegfiltern, Wichtiges durchlassen, beim Abnehmen stoppen, ach ja, und gut klingen. Der Sennheiser Momentum 4 bekommt das alles hin.**

Die weichen, vom Anwender leicht austauschbaren Ohrpolster des Sennheiser Momentum 4 schmiegen sich angenehm an den Kopf; mit 40 × 57 mm Innenmaß sitzen sie eher eng, große Ohren fühlen sich ab 45 mm wohler. Die rechte Muschel reagiert auf Berührungsgesten, hierüber steuert man die Wiedergabe. Nimmt man den Kopfhörer ab, stoppen Musik oder Video, beim Aufsetzen gehts weiter. Beides klappte bei uns zuverlässig und zügig; manchmal allerdings spielte die Musik direkt los, wenn man den Kopfhörer nur woanders hinlegte.

Der Momentum 4 klingt druckvoll und detailreich mit klaren Höhen und kräftigen, immer differenzierten Tiefen bis hinunter in den präzisen Subbass. Das Stereobild ist für einen geschlossenen Kopfhörer angenehm breit. In der App (Android, iOS) individualisiert ein Equalizer den Klang, allerdings nur recht grob in drei Frequenzbereichen. Der individuelle Hörtest in der App macht auch nichts anderes, als alle Kombinationen dieser drei Regler der Reihe nach vorzuspielen.

Mit Zoomgesten auf der rechten Muschel wechselt man zwischen drei ANC- und drei Transparenzmodi, eine Neutralstellung dazwischen fehlt. Die drei Noise-Cancelling-Stufen arbeiten dezent bis kräftig, ohne den Klang zu beeinträchtigen, lediglich im stärksten Modus hört man ein leises Rauschen. Der stärkste Transparenzmodus verstärkt Umgebungsgeräusche sogar ein wenig. Sind einem die

Zoomgesten zu umständlich, schaltet man in der App „Adaptive“ ein und überlässt dem Kopfhörer die Wahl zwischen den drei ANC-Stufen – auf Transparenz schaltet er nicht automatisch. Per Doppeltipp auf die rechte Muschel aktiviert man stets den Transparenzmodus, um wichtige Umgebungsgeräusche mitzubekommen; in der App stellt man ein, ob dabei automatisch die Wiedergabe stoppt.

Legt man sogenannte Soundzonen in der App an, schaltet der Kopfhörer den Equalizer und die ANC-Einstellung je nach GPS-Position des Handys zwischen Profilen um. Das ist wenig nützlich, weil die ANC-Konfiguration eher zur Situation als zum Ort passen muss.

Die in die Muscheln eingebauten Mikrofone übertragen die eigene Stimme sehr gut, aber auch Tastatur- oder Tassengeklapper sind beim Gegenüber zu hören. In der App wählt man, ob man die eigene Stimme als Monitoring in die Muscheln zurückspielen möchte, was vor allem bei längeren Gesprächen angenehm ist. Der Einschalter fungiert in Gesprächen als Mute-Taste, was die Konferenzsoftware Teams überraschenderweise erkennt und anzeigt – Zoom aber nicht.

Per Bluetooth hält der Momentum 4 zwei Verbindungen gleichzeitig, eine dritte kann per USB-C bestehen. Ungewöhnlicherweise für Kopfhörer leitet er das Mikrofon per USB-C an PC oder Smartphone durch. Verbindet man ihn per Analogkabel, sind USB-C und Bluetooth deaktiviert.

Das unverwechselbare Klappdesign des Vorgängers mit Spiralkabeln hat Sennheiser aufgegeben. Insgesamt punktet der Momentum 4 mit brilliantem Klang und guter Technik. Gegenüber 200-Euro-Kopfhörern wie denen von Valco oder Audio-Technica klingt der Momentum 4 detailreicher und kräftiger im dennoch kontrollierten Bass. Im ANC bleibt er leicht hinter dem klassenbesten Sony XM5 zurück, klingt dafür etwas charaktvoller, sitzt komfortabler und hat ein paar Zusatzfunktionen. (jow@ct.de)

## Sennheiser Momentum 4

Bluetooth-Kopfhörer mit ANC	
Hersteller, URL	Sennheiser, sennheiser.de
Lieferumfang	Transporttasche, 3,5-mm-Kabel (125 cm), USB-A-Kabel (125 cm), Flugzeugadapter
Bluetooth	Bluetooth 5.2, Codecs aptX, aptX-HD, AAC, AAC-LC, SBC
Gewicht	293 g
Preis	350 €



## USB-Mikrofon

**Das Podcast-Mikrofon Neom USB lässt sich einfach anschließen, rauscht aber wie eine Klimaanlage.**

Das Neom USB bringt eine Mini-Klinkenbuchse für Kopfhörer mit. Über Regler an der Front stellt man die Signalverstärkung der Kondensatorkapsel mit Nierencharakteristik und die Lautstärke des Kopfhörers ein. Der dritte Drehknopf mischt das Mikrofonsignal latenzfrei dem Audio-Signal aus dem angeschlossenen PC oder Smartphone bei.

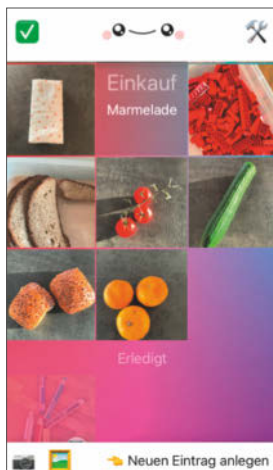
Das kleine Tischstativ ist hübsch stabil, leitet aber Körperschall fast ungehindert weiter. Der eingebaute Poppchutz fängt Plosivlaute unzureichend ab.

Idealerweise stellt man den Gain-Regler in die Mitte auf 12 Uhr. Sprachaufnahmen erreichten dann im Test aus 30 bis 40 Zentimetern Pegelausschläge bis etwa -12 dBFS. Der Klang ist voll und transparent. Doch selbst im ruhigen Studio war das Eigenrauschen des Neom USB in Sprechpausen deutlich hörbar (-47 dBFS) – als wenn im Hintergrund eine Klimaanlage laufen würde.

Hobbyisten sollten abwägen: Das Neom USB punktet mit klarem, vollen Klang und einfachem Anschluss. Die Aufnahmen erfordern aufgrund des hohen Rauschpegels sowie des mangelhaften Körperschall- und Poppschutzes aber aufwendigere Nacharbeiten. (hag@ct.de)

## SE Electronics Neom USB

USB-Mikrofon mit Kopfhöreranschluss	
Hersteller, URL	SE Electronics, seelectronics.com
Anschlüsse	USB-C, 3,5-mm-Stereoklinke für Kopfhörer
Zubehör	Tischstativ, Kabel USB-C auf USB-A
Preis (Straße)	200 €



## Fotogedächtnis

**Ein Bild sagt mehr als tausend Worte – das ist das Motto der To-do-App „Merk ich mir!“. Statt lange Listen zu schreiben, speichert man Fotos, zum Beispiel von einer leeren Klorolle, weil neues Toilettenpapier her muss.**

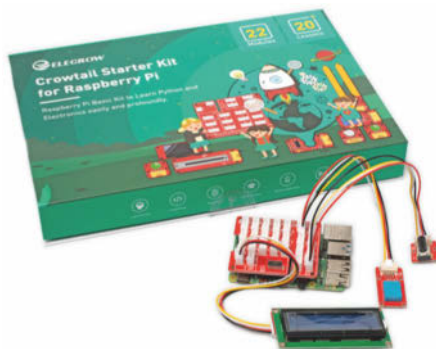
Die Mobil-App für Android und iOS kommt im recht eigenwilligen Design daher: pink-lila-farbener Verlauf, zwei Augen, die einen unentwegt anklumpen und Texte im schnoddrig-pseudohippen Tonfall. Will man die App zum Beispiel seinen Freunden empfehlen, lautet der vorgefertigte Text: „Hallo Kumpi! [...] Die ist voll nützlich und so. Und voll nett.“

Alle To-dos befüllt man durch Fotos von allem, an das man sich erinnern will. Falls man so gar nicht ohne das geschriebene Wort auskommt, kann man auch Texte eintippen. Alle Einträge landen als Kacheln in der Übersicht und verschwinden durch Antippen. Eigentlich sollen sich To-dos mit anderen teilen lassen. Das funktionierte in unserem Test jedoch nicht: Der Anmeldeknopf führte wiederholt zu einer Fehlermeldung.

„Merk ich mir!“ eignet sich für alle, die lieber mit visuellen Erinnerungen arbeiten als mit Texten. Falls das Teilen wieder funktionieren sollte, kann man ganz einfach fotografische Erinnerungen für den Nachwuchs versenden. Und der findet die flapsige Sprache vielleicht sogar ganz lustig. (abr@ct.de)

## Merk ich mir!

To-do-App	
Hersteller, URL	Mikavaa GmbH, merkichmir.app
Systemanf.	Android ab 5, iOS ab 11
Preis	kostenlos, geteilte Liste 1,19 €



## Hitzefreie Python-Schule

**Mit dem Raspi experimentieren ohne Lötkolben, das verspricht das Crow-Tail Starter Kit: Sensoren, Taster, LEDs, Displays, Servos und Motoren hängen an einer Huckepackplatine.**

Das „CrowTail Starter Kit for Raspberry Pi“ kommt ohne Lötkolben, Kleinteile und Steckbrett aus: Hersteller Elecrow hat alle Komponenten auf kleinen Platinen untergebracht, die über verpolungssichere Kabel an das Base Shield für den Raspberry Pi 4 angeschlossen werden. Damit lassen sich etwa ein elektronischer Pflanzendoktor, eine Lichtsteuerung oder ein Abstandswarner aufbauen.

Die Programmierung erfolgt in Python, das beiliegende englischsprachige Kursheft enthält 21 Experimente. Dort ist auch beschrieben, wie man Python mit den notwendigen Modulen auf Raspberry Pi OS installiert. Ohne Englischkenntnisse geht es nicht. Insofern eignet sich das Set erst für Jugendliche ab der Sekundarstufe.

Knapp 50 US-Dollar kostet das Set im Shop von Elecrow, ohne den Raspi 4, plus Versand und Zoll. Günstiger ist es, das Starter Kit für knapp 60 Euro inklusive Versand in den Niederlanden bei elektronikavoorjou.nl zu bestellen. (mid@ct.de)

## Elecrow CrowTail Starter Kit for Raspberry Pi

Programmier- und Experimentier-Lernplattform	
Hersteller, URL	Elecrow, elecrow.com
Lieferumfang	Base Shield, 18 Sensoren, LEDs, Taster, Drehgeber uvm. auf Platine, Servomotor, Motor, Anschlusskabel, Handbuch
Systemanf.	Raspberry Pi 4, Raspberry Pi OS
Preis	ca. 60 €

# Hier kommt Verstärkung



Das **Make-Sonderheft** bietet einen praxisorientierten Einstieg in Schaltungen mit Operationsverstärkern inkl. Experimentierset.

Will man Sensorsignale verarbeiten oder verstärken, Spannungen überwachen oder Audiosignale filtern: Mit geringem Aufwand und ohne komplizierte Berechnungen setzt man Operationsverstärker ein. Das Heft erklärt, wie alle Schaltungen funktionieren.

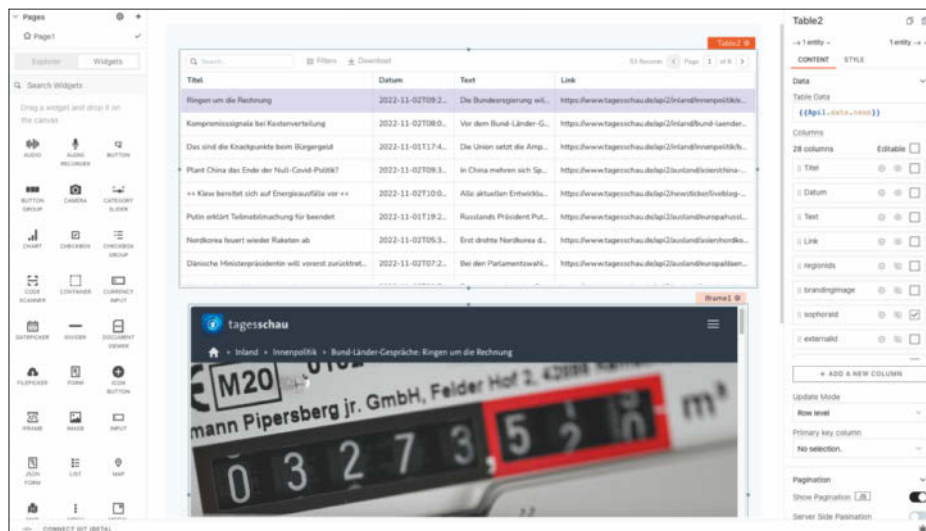
- Operationsverstärker verstehen
- Komparatoren und Schmitt-Trigger erklärt
- Spannungsversorgungen und virtuelle Masse
- Schaltungen selbst entwerfen und berechnen
- Viele praktische Anwendungen
- Inklusive Experimentierset Operationsverstärker

Heft + Experimentierset für nur 49,95 €

[shop.heise.de/make-opv](https://shop.heise.de/make-opv)

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.





# Stecksystem

## Low-Code-Programmieren mit Appsmith

**Mit dem Open-Source-Baukasten Appsmith bauen auch Nicht-Entwickler grafische Oberflächen, die mit Datenbanken oder APIs sprechen und Geschäftsprozesse abbilden. In der Theorie soll dieser Low-Code-Ansatz die IT-Abteilung entlasten, ganz ohne Admin geht es aber nicht.**

Von Jan Mahn

**O**b Mittelständler, Großunternehmen oder Sportverein: Wo Menschen mit Daten zu tun haben und wiederkehrende Aufgaben verrichten, kommt irgendwann der Wunsch nach Software auf, die dabei hilft und Arbeit abnimmt. Doch Entwickler, die all diese Wünsche umsetzen könnten, stehen nicht gerade Schlange. Während man sich in grauer Vorzeit mit Excel-Makros in Netzlaufwerken weiterhalf, soll es jetzt der Low-Code-Ansatz richten.

Appsmith ist ein Low-Code-Baukasten, mit dem interne Webanwendungen entstehen. Sowohl der Baukasten als auch die fertige Oberfläche laufen in jedem gängigen Browser. Die Open-Source-Anwen-

dung kann man auf eigenen Servern selbst betreiben, in einer kostenlosen Cloud-Version verwenden oder für größere Unternehmen in der Business-Version mit Support nutzen – diese kommerzielle Version ist offiziell noch in der Testphase und beherrscht unter anderem Single-Sign-On per Azure AD.

### Schnellstart

Ausprobieren kann man Appsmith am schnellsten in der kostenlosen Cloud-Variante (siehe [ct.de/ytuc](https://ct.de/ytuc)). Entweder legt man dafür einen neuen Account an oder verbindet sich mit einem GitHub- oder Google-Account. Danach begrüßt ein Tutorial den Einsteiger. Die erste erfreuliche Erkenntnis: Schon nach etwa 10 Minuten Einarbeitung ist man in der Lage, eine typische Datenbankanwendung zu bauen, in der man Datensätze tabellarisch darstellen und bearbeiten darf. Die Herangehensweise erinnert ein bisschen an Microsoft Access, aus einer Teilesammlung zieht man Komponenten auf die Oberfläche und weist ihnen Eigenschaften und Funktionen zu.

Wenn ein Programmierlaie sich eng an das Tutorial und die zahlreichen Beispiele aus dem Appsmith-Blog hält, kommt er zu einer funktionierenden Anwendung. Doch wenn er davon abweicht und auf eigene Faust experimentiert, lan-

det er vergleichsweise schnell in einer Ecke, in der es nicht mehr ohne Programmierwissen geht (etwa beim Umgang mit JSON-Objekten). Hier könnte Appsmith den Laien noch mit mehr geführten Beispielen begleiten.

Appsmith richtet sich eher an Entwickler, die sich das Leben leichter machen wollen, wenn Kollegen zum Beispiel fragen: „Könnt ihr mal schnell eine Oberfläche mit allen Gewinnspielteilnehmern bauen?“ Hat man Appsmith dann schon einsatzbereit, ist ein solcher Wunsch schnell zusammengestellt.

### Integrationen

Auch wenn die Software noch sehr frisch ist, kann sie schon in drei Bereichen punkten: Zunächst gibt es viele nützliche Elemente im Werkzeugkasten. Um nicht mit einem leeren Blatt beginnen zu müssen, stehen Templates für typische Anwendungen wie ein Kundensupport-Dashboard oder ein Terminfindungsassistent bereit. Die anzupassen macht durchaus Spaß und führt zu schnellen Erfolgserlebnissen.

Die dritte Stärke sind die bereits fertigen Integrationen in andere Anwendungen. Dazu gehören nicht nur einfache Datenbankverbindungen zu MySQL & Co., sondern auch die Kommunikation mit Programmierschnittstellen populärer Dienste. Nachrichtenversand per Slack ist zum Beispiel schon angelegt, ebenso eine Schnittstelle zur Shop-Plattform Shopify. Gibt es noch keine Integration, spricht Appsmith auch mit jedem REST- und GraphQL-API.

### Fazit

Appsmith ist für all jene einen Blick wert, die schnell auf Programmierwünsche für kleine nützliche Weboberflächen reagieren müssen. Ausprobieren kann man alles kostenlos in der Cloud-Version, anschließend ist die Open-Source-Version zum Beispiel als Docker-Container (Anleitung siehe [ct.de/ytuc](https://ct.de/ytuc)) schnell auf eigener Hardware im Einsatz.

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

**Appsmith-Blog:** [ct.de/ytuc](https://ct.de/ytuc)

## Appsmith

Low-Code-Plattform	
Hersteller, URL	Appsmith, <a href="https://appsmith.com">appsmith.com</a>
Integrationen	u.a. MySQL, PostgreSQL, MS SQL, MongoDB, Twilio, Google Sheets, Redis, S3
Preis	Community-Version: <b>kostenlos</b> (Apache License 2.0), Business: ab 250 US-\$/Monat

**29. – 30.11.22**

## Docker und Container in der Praxis

Der Workshop richtet sich an Entwickler und Administrierende, die neu in das Thema einsteigen. Neben theoretischem Wissen über Container geht es um die Herausforderungen im Alltag sowie eigene Container-Erfahrungen auf der Kommandozeile.

## Dienste mit SELinux absichern

**01. – 02.02.23**

SELinux einfach abzuschalten, wenn es Probleme gibt, ist üblich, aber unklug. Der zweitägige Workshop zeigt, wie man das System stattdessen so nutzt, dass alles besser abgesichert ist und trotzdem funktioniert.

**29.03.23**

## Einführung in den Kea DHCP Server

Der Workshop gibt eine vollständige Einführung in die neue Kea-DHCP-Software auf Unix- und Linux-Systemen. Sie lernen, wie man das Kea-DHCP-System installiert, konfiguriert und wartet. Der Workshop beinhaltet auch eine Auffrischung des DHCPv4-Protokolls und erklärt DHCPv6 für IPv6-Netzwerke.

Sichern Sie sich Ihren Frühbucher-Rabatt:

**[www.heise-events.de/workshops](http://www.heise-events.de/workshops)**

# Hirnbrausen

## Markdown-Notizprogramm

**Obsidian ist ein Notiz- und Wissensmanagementprogramm, das sich durch seine Verlinkungsfähigkeit und das offene Dateiformat auszeichnet.**

Von Stefan Wischner

Rund drei Jahre lang existierte das kostenlose Notizprogramm Obsidian für Windows, Linux, macOS und Mobilgeräte offiziell nur als Beta-Version 0.1x, hat dabei aber schon eine große Fangemeinde aufgebaut. Jetzt hat Hersteller Dynalist, der Obsidian als „Browser für das Gehirn“ bewirbt, die offizielle Version 1.0 veröffentlicht. Außer einer Renovierung der Oberfläche kamen einige Funktionen hinzu, zum Beispiel die Unterstützung von Tabs.

Auf den ersten Blick kaum mehr als ein Markdown-Texteditor mit integriertem Dateimanagement, zeigt das Programm seine Stärken beim Verlinken von Informationen. Es nutzt dabei die Wiki-Link-Syntax, kann Verknüpfungen zu Notizseiten, Absätzen und Überschriften

schaffen und erzeugt automatisch Backlinks. Besonders beeindruckend ist die interaktive Graph-Ansicht, die Beziehungen anschaulich visualisiert.

Der Notiz-Editor ist einfach und selbsterklärend. Die grundlegenden Markdown-Befehle sollte man allerdings beherrschen; unterstützende Symboleleisten oder Menüs für die Auszeichnungen gibt es nicht. Standardmäßig werden Formatierungen direkt ausgeführt; optional lässt man den Markdown-Code sichtbar.

Will man die Graph-Ansicht, Tags, umfangreichere Link-, Backlink- und Gliederungslisten nutzen, steigt die Lernkurve an. Hilfreich ist die ordentliche Dokumentation auf der Herstellerseite, die man sich auch von GitHub herunterladen und in Obsidian öffnen kann. Sie liegt zwar in mehreren Sprachen vor, Deutsch fehlt aber bislang. Zudem unterstützen den Nutzer zahlreiche Foren und YouTube-Videos der großen Nutzergemeinde.

### Offenes Dateiformat


Was Obsidian deutlich von den meisten anderen Notiz- und Wissensmanagementprogrammen abhebt, ist das Speicherformat: Jede Notizseite ist eine (Markdown-)

Datei; die hierarchische Organisation entspricht der Ordnerstruktur im Dateisystem. Damit entfällt die übliche Bindung an den Anbieter: Alle Daten sind auch für andere Programme zugänglich; sie umständlich zu exportieren oder zu konvertieren, ist nicht nötig. Dadurch funktionieren auch beliebige Backup-Programme und Verschlüsselungstools wie Cryptomator.

Prinzipiell kann man die Inhalte auch in einem beliebigen Cloudspeicher ablegen und von mehreren Geräten aus darauf zugreifen – zumindest, wenn man die Desktop-Versionen von Obsidian nutzt. Auf dem iPad und iPhone funktioniert das bislang nur mit der iCloud; auf Android-Geräten sind einige Klümpchen nötig. Ganz problemfrei klappt die Synchronisation jedoch auch auf dem Desktop nicht. Bearbeitet man dieselbe Seite von mehreren Geräten oder Instanzen aus, kann es zu Dubletten und Synchronisationsfehlern kommen. Das kam im Test aber nur sehr selten vor. Als Alternative bietet der Hersteller einen zusätzlichen in den USA gehosteten Cloud-Dienst mit optionaler Ende-zu-Ende-Verschlüsselung an; anders als beim kostenlosen Hauptprogramm verlangt Dynalist dafür jedoch eine Abgebühr.

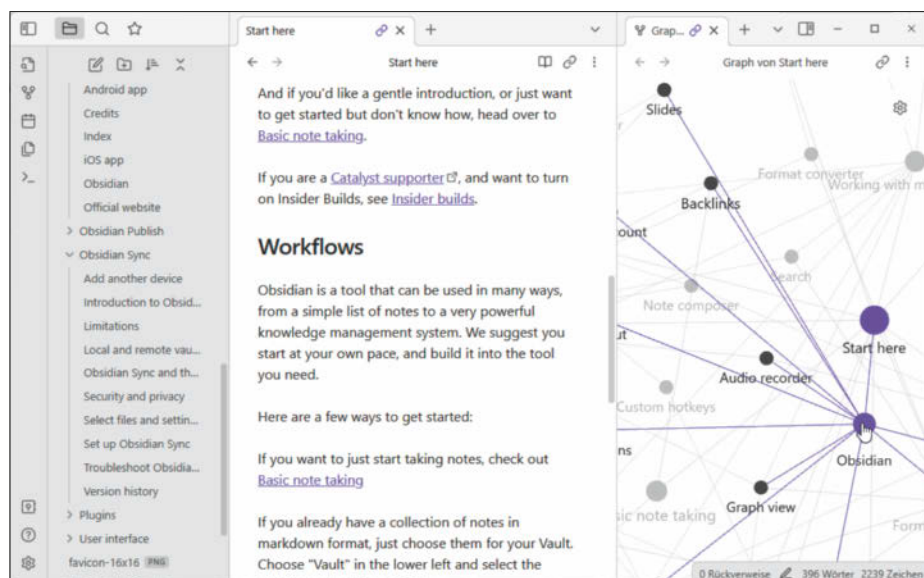
Eine weitere Besonderheit von Obsidian ist seine Erweiterbarkeit. Dank offener APIs hat die Community schon in der Betaphase Hunderte von Plug-ins entwickelt, die Funktionen erweitern oder neue hinzufügen. Die Spanne reicht vom Syntax-Highlighting über Formatierungshilfen für Tabellen bis hin zu integrierbaren Kalendern und Kanban-Boards. Zum Testzeitpunkt fanden sich auf der Hersteller-Homepage über 670 Plug-ins.

### Fazit

Obsidian eignet sich zwar auch für die schnelle Notiz zwischendurch oder die Meeting-Mitschrift. Die Stärke des kostenlosen Programms liegt aber vorrangig bei der Verknüpfung von Informationen und der Visualisierung von Zusammenhängen und fordert eine strukturierte Organisation, etwa für Wikis. Hervorstechend sind die Erweiterbarkeit und das offene Dateiformat. (swi@ct.de) 

## Obsidian 1.0

Notiz- und Wissensmanagementprogramm	
Hersteller, URL	Dynalist, obsidian.md
Systemanf.	Windows (ab 10), macOS (Universal DMG), Linux (AppImage, Snap, Flatpak), Android (ab 5.0), iOS (ab 12.1)
Preis	kostenlos, Obsidian Sync: 10 US-\$/Monat



Eine Besonderheit von Obsidian ist die interaktive Graph-Ansicht, die Links zwischen Notizseiten visuell darstellt.



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)



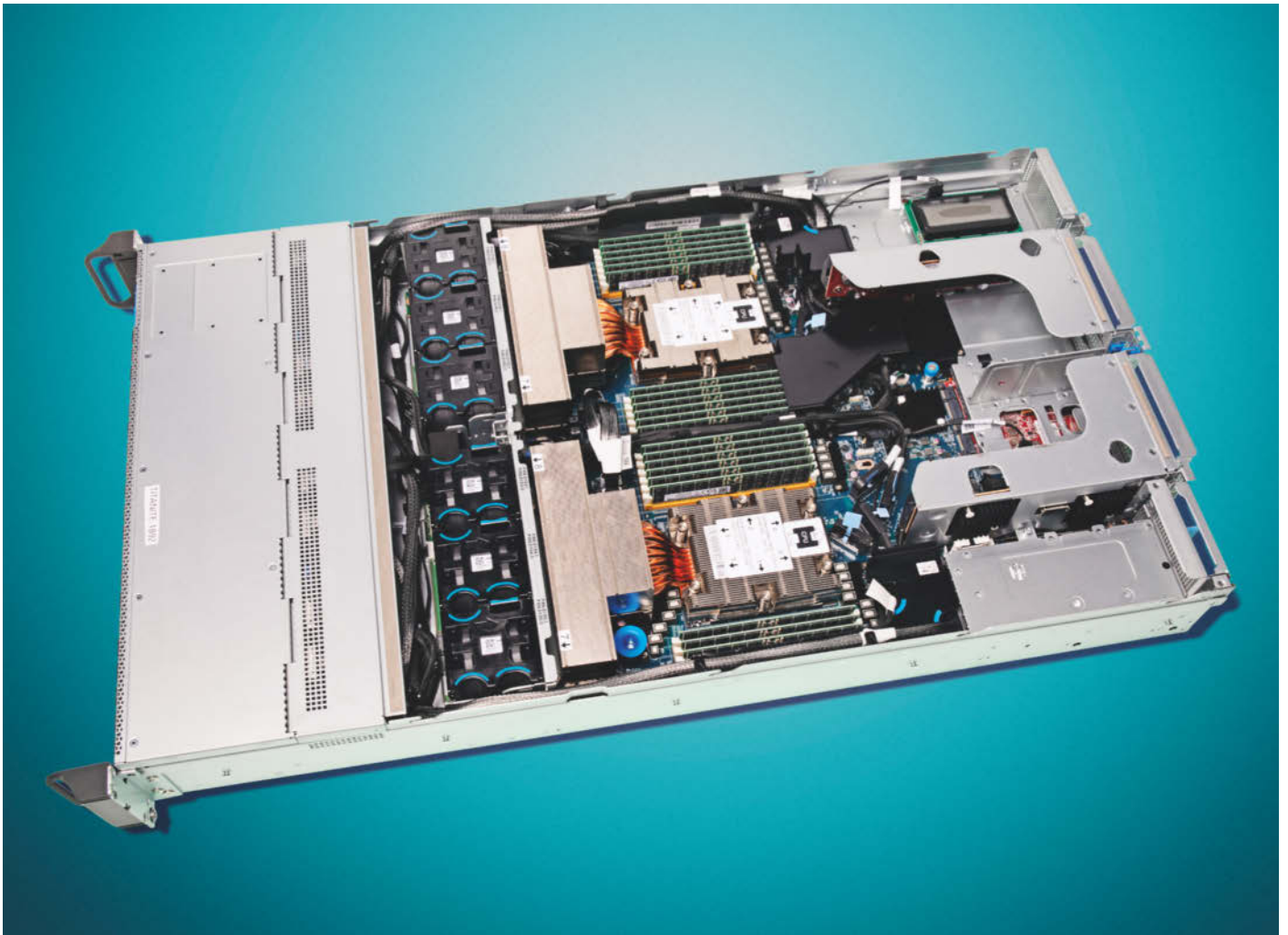
49 (0)541 800 09 120



[leserservice@heise.de](mailto:leserservice@heise.de)



MAGAZIN FÜR PROFESSIONELLE  
INFORMATIONSTECHNIK



# Kern-Kraftwerk

## Der AMD-Serverprozessor Epyc 9004 „Genoa“ mit 96 Zen-4-Kernen

**CPU-Kerne sind durch nichts zu ersetzen, außer durch noch mehr Kerne: Nach diesem Motto hat AMD seine 400-Watt-Prozessorboliden für Server konstruiert. Sie brechen Rekorde bei Rechenleistung und Effizienz.**

Von Christof Windeck

**B**eindruckende 384 Threads in 192 Rechenkernen, 128 PCI-Express-5.0-Kanäle und 12 TByte DDR5-RAM, erwei-

terbar mit neuartigem CXL-RAM: Das sind die imposanten Eckdaten des Titanite-Servers mit zwei Epyc-9654-Prozessoren, den AMD zum Test ins c't-Labor schickte. Und obwohl jede der beiden Epyc-CPU's der Genoa-Generation bis zu 400 Watt verheizt, machen sie einen großen Sprung bei der Energieeffizienz: Die Rechenleistung pro Watt Leistungsaufnahme steigt deutlich. Damit ist AMD gut gerüstet, um den Intel-Xeons noch größere Anteile am Servermarkt zu entreißen.

Eigentlich wollte Intel die Xeon Scalable Processors der vierten Generation (Xeon-SP Gen4, Sapphire Rapids) schon seit einem Jahr verkaufen, doch nun kommen sie wohl erst Anfang 2023. Daher tritt

notgedrungen der Xeon Platinum 8380 (Xeon-SP Gen3, Ice Lake) mit nur 40 CPU-Kernen und veralteter 14-Nanometer-Technik gegen den brandneuen Epyc aus der 5-Nanometer-Fertigung an. AMD hat also auch Glück, dass der Neuling seinen Konkurrenten geradezu pulverisiert. Doch vor allem haben die AMD-Ingenieure ganze Arbeit geleistet: Der neue Epyc lässt Benchmark-Rekorde nur so purzeln.

### Epyc-Technik

AMD wechselt mit Genoa von DDR4- auf DDR5-RAM und die neue Prozessorfassung SP5, ähnlich wie der Ryzen 7000 für Desktop-PCs nun in die AM5- statt die AM4-Fassung passt. Die bisherigen drei



Epyc-Generationen 7001 (Naples), 7002 (Rome) und 7003 (Milan) waren für die Fassung SP4 mit acht DDR4-Speicherkanälen ausgelegt.

Ebenso wie im Ryzen 7000 stecken auch im Epyc 9004 CPU-Kerne aus der im Vergleich zu Zen 3 verbesserten Generation Zen 4. Aufgrund der feineren Fertigungstechnik – wie erwähnt TSMC N5 statt N7 – gibt es doppelt so große L2-Caches: 1 MByte pro Kern statt bisher 0,5 MByte. Der L3-Cache blieb bei 32 MByte pro acht Kerne, die gemeinsam in einem Core Complex Die (CCD) sitzen. An den Kernen hat AMD zahlreiche Details verbessert. Besonders wichtig für den Servereinsatz: Genau wie Intels Xeons verarbeiten Zen-4-Kerne nun sowohl AVX-512-Befehle als auch die Vector Neural Network Instructions (VNNI) und das Datenformat BFloat16 (BF16) für KI-Algorithmen.

Während die stärksten Xeons (aber nicht alle) je zwei AVX-512-Rechenwerke pro CPU-Kern haben, schaltet AMD für AVX-512 zwei AVX2-Einheiten zusammen. Bei gleicher Taktfrequenz kann ein Xeon-Kern also doppelt so viele AVX-512-Instruktionen verarbeiten wie ein Epyc-Kern. Weil die Xeons allerdings beim Verarbeiten von AVX-512-Code niedriger takten als bei sonstigem Code, ist der Vorteil nicht sonderlich groß. Außerdem haben die Epycs viel mehr Kerne.

Die verbesserten Zen-4-Kerne erledigen mehr Rechenarbeit pro Taktzyklus als ihre Vorgänger: Sie liefern mehr Instructions per Cycle (IPC). AMD schätzt die Verbesserung auf rund 14 Prozent, je nach Code. Die Zen-4-Kerne takten zudem höher, wie ein Vergleich der beiden 64-Kerner Epyc 9554 und 7763 zeigt: Der Basistakt des Neulings liegt mit 3,1 GHz um rund 25 Prozent über den 2,45 GHz seines Zen-3-Vorgängers, im Turbo beträgt der Vorsprung immerhin noch 7 Prozent (3,75 statt 3,50 GHz). Der Epyc 9554

schluckt unter Last allerdings auch 28 Prozent mehr Strom (360 statt 280 Watt TDP); der Epyc 9534 mit ebenfalls 64 Kernen und 280 Watt taktet im Vergleich zum 7763 nur im Turbo etwas höher.

Vor allem jedoch hat das neue Spitzenmodell Epyc 9654 schlichtweg 50 Prozent mehr Kerne als der Epyc 7763. Denn statt bisher höchstens acht CCDs mit je acht Kernen packt AMD bis zu zwölf auf den Prozessor. Wie zuvor sind die CCDs per Infinity Fabric mit einem zusätzlichen I/O-Die (IOD) gekoppelt.

### Aufgeweitet

Dieses IOD lässt AMD bei den neuen Epycs ebenfalls von TSMC fertigen, und zwar mit der Fertigungstechnik N6. Das IOD älterer Epycs nutzt 12-Nanometer-Technik. Das Genoa-IOD hat nicht nur mehr und schnellere Infinity-Fabric-Links für die zwölf CCDs, sondern stellt auch sehr viel höhere Datentransferraten zum Arbeitsspeicher (RAM) und zu PCI-Express-(PCIe-)Peripherie bereit. Denn statt bisher acht DDR4-3200-Speicherkanälen gibt es nun zwölf Kanäle für DDR5-4800 und somit eine um 125 Prozent höhere Datentransferrate von 460 statt 204 GByte/s.

Die Anzahl der PCIe-Lanes bleibt mit 128 zwar gleich, aber sie arbeiten dank PCIe 5.0 mit 32 Gigatransfers pro Sekunde doppelt so schnell wie bisher (PCIe 4.0, 16 GT/s). Auch über seine PCIe-Lanes kann ein Epyc 9004 damit rund ein halbes Terabyte pro Sekunde schaufeln.

64 der 128 PCIe-Lanes beherrschen die nagelneue Technik Compute Express Link (CXL). Damit lassen sich Rechenbeschleuniger Cache-kohärent anbinden, was die Effizienz steigert: Daten müssen seltener hin- und herkopiert werden. Sofern als Rechenbeschleuniger Instinct-MI-Karten von AMD zum Einsatz kommen, nutzen diese statt CXL allerdings Infinity Fabric. Wichtiger ist beim Epyc 9004, dass



Der AMD Epyc 9004 Genoa passt in die neue Prozessorfassung SP5, die 6096 Kontaktfedern hat, um zwölf RAM-Kanäle und 128 PCIe-Lanes anzubinden.

CXL auch zusätzliche DRAM-Module sowie superschnelle SSDs mit Spezialfunktionen anbinden kann, etwa Storage Class Memory (SCM) und Computational Storage. Bisher sind zwar erst wenige solcher Erweiterungen auf dem Markt. Doch Samsung und SK Hynix haben bereits CXL-RAM mit bis zu 512 GByte pro Modul und x8-Interface angekündigt. Mit acht CXL-DIMMs lassen sich also bis zu 4 TByte zusätzlicher Arbeitsspeicher anschließen, wobei die Datentransferrate um weitere 256 GByte/s ansteigt – allerdings mit höheren Latenzen als bei DDR5-RAM.

Mit normalen Registered DIMMs (RDIMMs) sind bis zu 12 TByte möglich, nämlich 24 Module mit je 512 GByte. Das gilt sowohl für Server mit einem als auch mit zwei Epyc 9004: In der Dual-Processor-(2P-)Konfiguration spezifiziert AMD zunächst nur 1 DIMM pro Kanal (1 DIMM per Channel, 1DPC). 2DPC-Serverboards sind nur bei 1P-Servern vorgesehen. Bei 19-Zoll-Servern mit zwei der vergleichsweise großen SP5-Fassungen ist es schwierig, mehr als 24 DIMM-Slots und 128 PCIe-Lanes unterzubringen. SP5-Serverboards haben 14 oder 16 Lagen, um die

## Serverprozessoren im Vergleich

CPU-Typ	Kerne	L3-Cache	RAM	TDP	SPEC CPU 2017		7-Zip	y-Cruncher	Blender 2.92.0
	Anzahl gesamt (2 CPUs)	Menge/CPU [MByte]	Transferrate [MByte/s]	(pro CPU) [W]	int_rate_base [Punkte]	fp_rate_base [Punkte]	Kompression [MIPS]	PI, 50 Mrd. Stl [s]	Szene Classroom [s]
	besser ►	besser ►	besser ►	◄ besser	besser ►	besser ►	besser ►	◄ besser	◄ besser
2 × AMD Epyc 9654 <sup>1</sup>	192	384	920	400	1550	1270	658880	338 <sup>3</sup>	25
2 × AMD Epyc 7773X <sup>1</sup>	128	768	410	280	847	717	611276	614	39
2 × AMD Epyc 7763 <sup>2</sup>	128	256	410	280	854	651	418125	570	41
2 × Intel Xeon Platinum 8380 <sup>2</sup>	80	60	410	270	556	546	299816	711	67

Werte für SPEC CPU 2017 von spec.org, für den Epyc 9654 von AMD

<sup>1</sup> Ubuntu 22.04 LTS

<sup>2</sup> Ubuntu 20.04.2

<sup>3</sup> y-Cruncher 0.7.10 mit AVX-512 für Zen 4



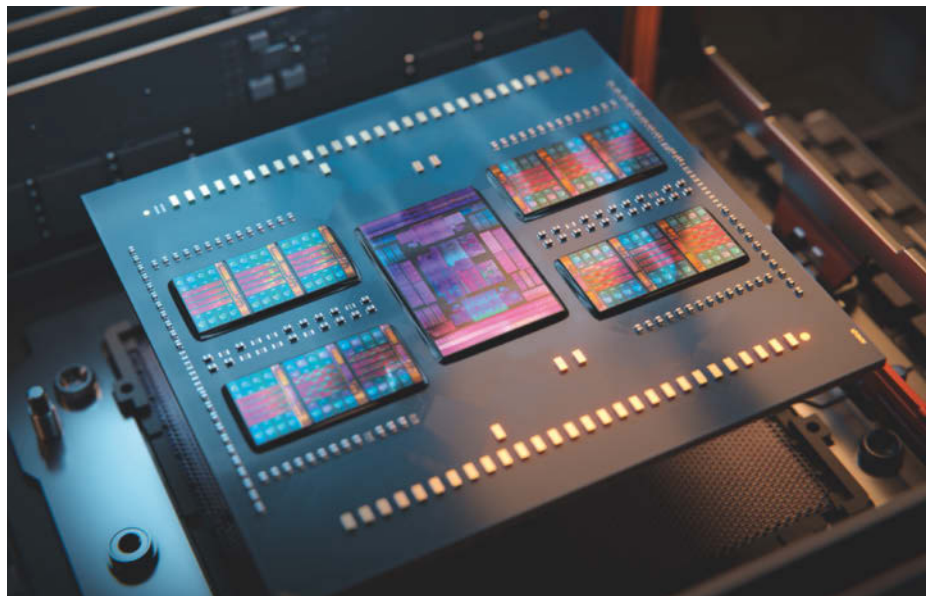


Bild: AMD

**AMD lässt den Epyc 9004 von TSMC aus bis zu 13 Chiplets zusammensetzen: Ein I/O-Die (Mitte) und vier Gruppen mit je ein, zwei oder drei Core Complex Dies.**

zahlreichen Leitungen für hochfrequente Signale sauber führen zu können.

Die aufwendige und relativ teure SP5-Plattform ist vor allem für Hyperscale-Rechenzentren, Datenbankserver, KI und High-Performance-Computing attraktiv. AMD verkauft den Epyc 7003(X) für die bewährte SP4-Plattform daher weiter. Später sollen noch abgespeckte und billigere Zen-4-Epycs für Allzweckserver kommen. Außerdem hat AMD für 2023 den „Bergamo“ mit bis zu 128 schlankeren Zen-4c-Kernen angekündigt. Er soll vor allem die konkurrierende ARM-Neoverse-Technik für Cloudserver in Schach halten. Aber auch ein noch stärkerer Epyc 9004X ist bereits geplant: Dieser Genoa-X hat wie der Milan-X [1] einen wesentlich größeren L3-Cache, der auf den CCDs aufgebracht ist.

## Angetestet

Wenige Tage vor dem Redaktionsschluss dieser c't-Ausgabe schickte uns AMD den von Quanta hergestellten Referenzserver „Titanite“ mit zwei Epyc 9654 und 1,5 TByte DDR5-RAM. Damit konnten wir einige Messungen durchführen, die die von AMD versprochenen Leistungsdaten bestätigen. Wenn Intel 2023 endlich den Xeon-XP Gen4 liefert, planen wir einen ausführlichen Vergleich.

Per configurable TDP (cTDP) lässt sich die maximale Leistungsaufnahme des Epyc 9654 zwischen 320 und 400 Watt einstellen. Doch laut AMD wollen vor

allem die Betreiber von Cloud-Rechenzentren möglichst viel Performance aus den Prozessoren quetschen. Das ist zudem für Datenbanken wichtig, bei denen hohe Lizenzkosten pro CPU-Kern anfallen. Daher waren die Epycs im Testsystem auf 400 Watt konfiguriert.

Im Titanite-Server fallen die gigantischen Heatpipe-Prozessorkühler ins Auge, die jeweils 400 Watt Abwärme bewältigen. Eine Batterie aus Hochleistungsventilatoren presst Kühlluft durch den weniger als 10 Zentimeter flachen Rackserver. Die Lüfter drehen mit bis zu 20.000 Touren und verursachen dann

infernalen Lärm. Außerdem schlucken sie bei maximaler Drehzahl zusammen über 250 Watt, drehen im Test aber nie voll auf. Im Torture-Test von Prime95 (mprime -m) verheizte der Server knapp 1150 Watt, bei den anderen Benchmarks waren es 890 bis 990 Watt. Im Leerlauf waren es knapp 170 Watt. Dabei war nur eine einzige M.2-SSD eingebaut.

Trotz der hohen Leistungsaufnahme rechnet der Epyc 9654 effizienter als sein Vorgänger und vor allem als der Xeon Platinum 8380. Der Vorsprung bei Performance und Effizienz hängt von der Software ab. In der Benchmark-Suite SPEC CPU 2017, die hoch optimierten Code misst, rennt der Epyc 9654 80 bis 90 Prozent schneller als der Epyc 7763 und 130 bis 170 Prozent schneller als der Xeon. Dabei ist er etwa 30 Prozent effizienter als sein Vorgänger und 57 bis 88 Prozent effizienter als der Xeon.

## Fazit

Der Epyc 9004 Genoa setzt Maßstäbe bei den x86-Serverprozessoren. Er rennt der Konkurrenz bei Leistung und Effizienz schlichtweg davon und bringt obendrein Neuerungen wie DDR5, PCIe 5.0 und CXL. Die geballte Rechenkraft des Epyc 9004 lässt sich AMD gut bezahlen. Das lohnt sich jedoch in Einsatzbereichen, die maximale Leistung fordern. (ciw@ct.de) **ct**

## Literatur

- [1] Carsten Spille, Volle Kan(o)ne, Test: 2 x AMD Epyc 7773X auf dem Gigabyte-Serverboard MZ72-HB2 rev3.0, c't 18/2022, S. 116

## Serverprozessor AMD Epyc 9004 „Genoa“, Fassung SP5

CPU-Typ	Kerne	Takt	TDP	Listenpreis
Epyc 9654(P)	96	2,40 / 3,70 GHz	360 W <sup>2</sup>	11.805 US-\$ <sup>1</sup>
Epyc 9634	84	2,25 / 3,70 GHz	290 W <sup>3</sup>	10.304 US-\$
Epyc 9554(P)	64	3,10 / 3,75 GHz	360 W <sup>2</sup>	9.087 US-\$ <sup>1</sup>
Epyc 9534	64	2,45 / 3,70 GHz	280 W <sup>3</sup>	8.803 US-\$
Epyc 9474F	48	3,60 / 4,10 GHz	360 W <sup>2</sup>	6.780 US-\$
Epyc 9454(P)	48	2,75 / 3,80 GHz	290 W <sup>3</sup>	5.225 US-\$ <sup>1</sup>
Epyc 9374F	32	3,85 / 4,30 GHz	320 W <sup>2</sup>	4.850 US-\$
Epyc 9354(P)	32	3,25 / 3,80 GHz	280 W <sup>3</sup>	3.420 US-\$ <sup>1</sup>
Epyc 9334	32	2,70 / 3,90 GHz	210 W <sup>4</sup>	2.990 US-\$
Epyc 9274F	24	4,05 / 4,30 GHz	320 W <sup>2</sup>	3.060 US-\$
Epyc 9254	24	2,90 / 4,15 GHz	200 W <sup>4</sup>	2.299 US-\$
Epyc 9224	24	2,50 / 3,70 GHz	200 W <sup>4</sup>	1.825 US-\$
Epyc 9174F	16	4,10 / 4,30 GHz	320 W <sup>1</sup>	3.850 US-\$
Epyc 9124	16	3,00 / 3,70 GHz	200 W <sup>4</sup>	1.083 US-\$

<sup>1</sup> „P“-Versionen nur für Single-Socket-Server sind billiger <sup>2</sup> configurable TDP (cTDP) von 320 bis 400 W,

<sup>3</sup> cTDP 240 – 300 W <sup>4</sup> cTDP 200 – 240 W

# CLEAN ARCHITECTURE

Die Heise-Konferenz für ein nachhaltiges Design von Software

6. Dezember 2022 · Online-Konferenz

Jetzt  
Ticket  
sichern!

## Wartbarer, testbarer und nachvollziehbarer – dank Clean Architecture

Wie geht man Clean Architecture sinnvoll an? Wann lohnt sich diese überhaupt? Wie sieht es aus, wenn man nicht auf der grünen Wiese anfangen kann? Und welche Tools können hier helfen? Antworten darauf gibt das Programm der betterCode() Clean Architecture.

- ✓ Wie lässt sich Clean Architecture praktisch realisieren?
- ✓ Legacy-Software mit tragfähiger Architektur versehen
- ✓ Clean Architecture in einem großen Projekt
- ✓ Architektur und Design testen mit ArchUnit
- ✓ Architektonische Konzepte direkt in Code mit jMolecules bilden
- ✓ Architekturvision in Zeiten von Clean Architecture

+++ Workshop am 1. Dezember 2022 +++

[clean-architecture.bettercode.eu](https://clean-architecture.bettercode.eu)

# API 2023

Die Heise-Konferenz zu Design, Entwicklung und Management von Web-APIs

30. März 2023 · Online-Konferenz

Jetzt  
Vorträge  
einreichen!



## Schnittstellen, die die Welt bedeuten

Die betterCode() API bietet Ihnen konzeptuelles Wissen, neueste Entwicklungen der Web-API-Entwicklung sowie umsetzbares Praxis-Know-how und Entscheidungshilfen für Softwareentwickler:innen, Softwarearchitekt:innen sowie API- und Integrationsbeauftragte.

Können Sie Konzepte und fortgeschrittene Aspekte von APIs gut erklären? Oder haben Sie Erfahrungen mit APIs gemacht, die Sie mit anderen Fachleuten teilen möchten?

Dann freuen wir uns über Ihre Vorschläge für unser Vortrags- und Workshop-Programm. Reichen Sie Ihre Ideen jetzt über unseren Call for Proposals ein.

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



**Wer den Energieverbrauch in Haus oder Wohnung dauerhaft im Blick haben will, dem helfen Energiezähler für die 35-mm-Schiene. Es gibt sie in sehr unterschiedlicher Ausprägung. Wir haben uns sechs Exemplare von simpel bis redselig angesehen.**

Von Georg Schnurer

Um mal eben schnell den Energieverbrauch einzelner Geräte zu messen, eignen sich Zwischenstecker, die wir bereits mehrfach in c't getestet und vorgestellt haben, zuletzt in [1]. Sie helfen, besonders durstige Exemplare zu identifizieren. Will man hingegen wissen, wie viel elektrische Energie in Bastelwerkstatt, Küche oder andere Räume fließt, schlägt die Stunde der hier vorgestellten Zwischenzähler. Sie kommen in den Verteilerkasten und erfassen als private Messstelle die Energie, die einzeln abgesicherte Bereiche von Haus oder Wohnung verbrauchen.

Wie detailliert das klappt, hängt von der Verkabelung ab: In modernen Gebäuden gibt es oft für jeden Raum eine eigene Sicherung. Ganz komfortable Installationen trennen auch noch für jeden Raum den Lichtstromkreis von dem für Steckdosen – bei einem Kurzschluss durch ein defektes Gerät in der Steckdose steht man dann nicht sofort im Dunkeln. Hinzu kommen mitunter einzeln abgesicherte Stromkreise für Backofen, Waschmaschine und andere Großverbraucher. Jeden dieser Stromkreise kann man theoretisch mit einem eigenen Zwischenzähler ausstatten. Was in der eigenen Behausung möglich ist, verrät ein Blick in den Zählerkasten: Finden sich dort nur ein oder zwei Sicherungen, lohnen Zwischenzähler kaum. Den Gesamtverbrauch erfasst ja schon der Zähler des Energieversorgers. Je mehr einzeln abgesicherte Stromkreise im Zählerschrank zusammenlaufen, umso detaillierter können Sie die Energieverteilung in Haus oder Wohnung erfassen.

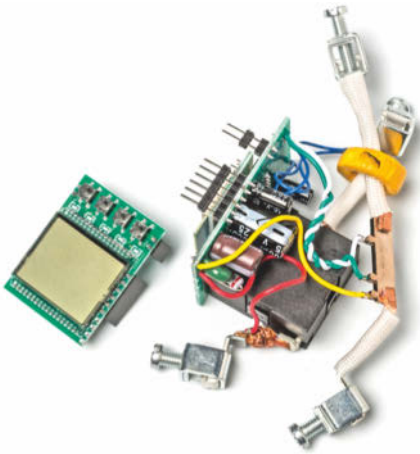
Eine weitere Voraussetzung für den Einbau privater Zwischenzähler ist das Platzangebot im Verteilerkasten. Moderne Zwischenzähler sitzen auf 35-Millimeter-Schienen (Hutschienen) und nehmen je nach Ausprägung unterschiedlich viel Einbaubreite in Anspruch. Einfache einpha-

Bild: Andreas Martini

# Zählknechte

## Zwischenzähler zum Messen des Energieverbrauchs im Sicherungskasten





**Kabelverhau: Das Innenleben des Ketotek-Zählers wirkt unaufgeräumt. Mit der gelben Spule, die sich um die weißen Leitungen windet, erfasst das Gerät Fehlerströme.**

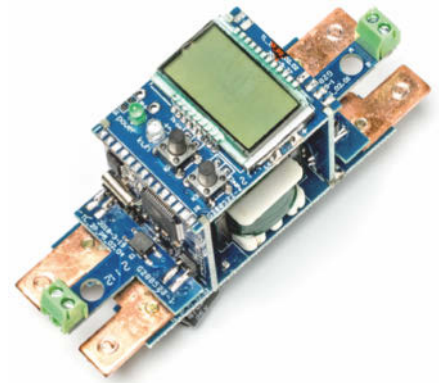
sige Modelle kommen mit 32 bis 35 Millimeter aus; das ist beinahe doppelt so viel Platz, wie eine normale Automatiksicherung (18 Millimeter, eine Teilungseinheit, TE) beansprucht. Es gibt aber auch einphasige Zwischenzähler mit großem Display, die stolze 75 Millimeter breit sind. Dreiphasige Zwischenzähler für Elektroherde oder größere Maschinen sind zwischen 72 und 76 Millimeter breit – mehr als ein dreiphasiger Sicherungsblock (54 Millimeter, 3 TE).

Ist im Verteilerschrank genug Platz für einen Zwischenzähler, bleibt die Frage, für welche Stromkreise sich solch ein Zähler überhaupt lohnt. Für Abrechnungszwecke eignen sich die üblicherweise angebotenen privaten Zwischenzähler nicht, da sie in der Regel nicht geeicht sind. Natürlich kann es spannend sein, jeden Raum im Haus mit einem eigenen Zähler zu bestücken. Doch weder gibt es in den meisten Verteilern so viel Platz, noch bietet das einen nennenswerten Erkenntnisgewinn. Klar, in einer Wohngemeinschaft oder einer Familie könnte man so jedem einzelnen Mitbewohner auf die Finger schauen, ob das aber wirklich zum Energiesparen beiträgt, oder nicht den Hausfrieden gefährdet, muss jeder selbst entscheiden.

Spannender ist es da schon, etwa die Hobbywerkstatt mit einem Zähler auszustatten. Je nach Verkabelung ist das mehr oder weniger aufwendig. In meinem Zuhause zum Beispiel führen in den Hobbyraum mehrere Stromkreise: Das Licht ist separat abgesichert, ebenso die Stromkreise für die Steckdosen, den Server-

schränk und den Drehstromanschluss für die Fräse und die Metallbandsäge. Natürlich könnte ich jetzt drei Wechselstromzwischenzähler und zwei Drehstromzwischenzähler installieren, um jeden Stromkreis einzeln zu erfassen. Besonders sinnvoll das aber nicht. Der Energieverbrauch des ständig laufenden Servers ist durchaus interessant, doch um den zu messen, reicht ein Zwischenzähler direkt im 19"-Rack.

Der verbleibende Energieverbrauch der Werkstatt ist weniger aus Energiespargründen denn aus akademischer Sicht interessant, da keine der großen Maschinen wirklich stunden- oder gar tagelang läuft. Es reicht aus, die Werkstatt mit einem einzelnen Drehstrom-Zwischenzähler vor den Einzelsicherungen des Raumes zu versehen. Das erfordert allerdings einigen Umbau-Aufwand, denn üblicherweise klemmen die Sicherungen in modernen Verteilern auf der Primärseite an dreiphasigen Verteilerschienen. Diese Verbindung muss also geändert werden, damit der Zwischenzähler alle Stromkreise, die in den Hobbyraum führen, erfassen kann. Beim Zwischenzähler muss es sich um ein Drehstrommodell handeln, dessen maximale Belastbarkeit oberhalb der Summe der dahinterliegenden Stromkreise liegt. Bei mir sind sowohl die Wechselstromkreise (Licht und Steckdosen) als auch der Drehstromkreis (Fräse, Metall-



**Schöner: Das Modell DDS529MR von Sinotimer glänzt mit solidem Aufbau in Form von miteinander verlöteten Platinen.**

bandsäge) mit jeweils 16 Ampere (A) abgesichert. Rechnerisch kommen da 80 A zusammen. Auch wenn dieser Wert in der Praxis nie erreicht werden dürfte, sollte der Zwischenzähler passend ausgelegt und natürlich auch verdrahtet werden.

Für welche Belastung ein Zwischenzähler ausgelegt ist, steht üblicherweise auf den Geräten – allerdings in etwas kryptischer Schreibweise. An den beiden von uns getesteten Drehstromzählermodellen findet sich die Angabe „0,5-10(80)A“. Der Maximalstrom, der durch die Geräte fließen darf, beträgt also 80 A, der Lastbe-

## Nur für Fachleute

Arbeiten im Zähler- oder Verteilerkasten sind nichts für elektrische Laien! Ein Griff an die falsche Stelle kann schnell zum Tod oder zu schweren Verletzungen führen. Im Verteiler es gibt Bereiche vor den Sicherungen, die dauerhaft unter Spannung stehen. Komplettspannungsfrei schalten lässt sich ein Verteilerkasten nur, wenn es in einem übergeordneten Verteiler noch eine zugehörige und zugängliche Hauptsicherung gibt. Das ist in den wenigsten Installationen der Fall. Meist liegt die entsprechende Vorsicherung im Hausanschlusskasten, und der ist aus gutem Grunde vom Energieversorger verplombt. Die dort verbauten Panzersicherungen lassen sich zudem nur mit einem Spezialwerkzeug sicher entfernen.

Wer einen privaten Zwischenzähler nutzen möchte, muss den Einbau einer

geschulten Elektrofachkraft überlassen. Schließlich besteht neben der Gefahr eines elektrischen Schlags auch noch das Risiko, durch falsche Verdrahtung im Verteiler größeren Schaden anzurichten. Und Obacht: Nur wer einen einschlägigen Berufsabschluss oder einen Abschluss als Elektroingenieur nachweisen kann, ist laut DIN VDE 0105-100 eine Elektrofachkraft. Ohne formale Qualifikation ist demnach jeder ein elektrotechnischer Laie und hat im Verteilerkasten nichts zu suchen. Wer eigenmächtig im Zählerkasten rumfummelt, haftet mit seinem Privatvermögen, wenn anschließend die Wohnung in Flammen aufgeht. Profis haben dafür eine Berufshaftpflichtversicherung. Mehr zu den Gefahren durch elektrischen Strom haben wir in [2] zusammengetragen.



## Earu DDS662

Das einfachste Energiemessgerät in diesem Test ist das Modell DDS662 des chinesischen Herstellers Earu. Es wird auf Aliexpress und anderen Handelsplattformen für Preise um die fünf Euro angeboten. Inklusive Zoll und Versand kostet das Gerät gut 10 Euro. Der Zähler zeigt Spannung, Strom, Leistung und Energie an.

Zum Lieferumfang des kleinen Kästchens gehören vier Stopfen für die Löcher der Anschlusschrauben und eine englischsprachige Bedienungsanleitung. Gefahr: Die dort angegebene Anschlussbelegung stimmt nicht. Der Sitz auf der 35-mm-Hutschiene ist trotz Verriegelung sehr locker – das DDS662 lässt sich ohne Kraftaufwand verschieben.

Intern besteht das Gerät aus zwei aufeinandergesteckten Platinen. Die untere trägt das Einfachst-Netzteil (Powerfaktor 0,067). Die Spannung wird über einen Teiler und einen Optokoppler abgegriffen. Den Strom übersetzt ein in die L-Leitung integrierter Shunt in eine Spannung. Beide Signale verarbeitet der auf der zweiten Platine sitzende Controller (V9401).

Das DDS662 zeigt die gesamte umgesetzte Energie, die momentane Wirkleistung sowie Strom und Spannung an. Bis zu einer Last von 4 Watt bleibt die Anzeige auf „0 Watt“, darüber nähert sie sich langsam der real anliegenden Last. Ab etwa 50 Watt wird die Anzeige präzise.

- ↑ günstig
  - ↑ gute Genauigkeit ab etwa 50 Watt
  - ↓ Fehler in der Bedienungsanleitung
  - ↓ wackeliger Sitz auf der Hutschiene
- Preis: 10 Euro



## Ketotek KTEM07 WiFi

Beim Ketotek KTEM07 handelt es sich um einen Schalt-Aktor für das Tuya-Smart-Home-System für 37 (Aliexpress) bis 55 Euro (Amazon).

Die Smart Living App von Volcano Tech schaltet den am Gerät angeschlossenen Stromkreis wahlweise ein oder aus. Darüber hinaus bietet das KTEM07 eine Fehlerstrom-Überwachung. Fließt der Strom nicht zwischen L und N, wird das erkannt und das Gerät schaltet bei einem einstellbaren Fehlerstrom, Über- oder Unterspannung und Überstrom ab. Als Sicherungs- oder FI-Ersatz ist es nicht zu gebrauchen, dafür ist es nicht flink genug.

Über die App sind Spannung, Strom, Leistung, Fehlerstrom und Gesamtenergie auslesbar. Ausgerechnet die aktuelle Leistung zeigt das Gerät aber lokal nicht an. Generell weichen die Messwerte in der App etwas von den Werten auf dem Display ab. Für die Genauigkeitsermittlung haben wir uns auf die App gestützt.

Nach dem Anschließen des Geräts ist der Ausgang abgeschaltet. Es folgt ein 30-Sekunden-Countdown, dann schaltet es ein. Das KTEM07 sitzt recht locker auf der Hutschiene.

Ab einer Last von etwas über zwei Watt gibt das Gerät Werte aus, aber mit geringer Genauigkeit: Nur zwischen 10 und 100 Watt lieferte das KTEM07 halbwegs passende Ergebnisse. Oberhalb von 100 Watt ließ die Genauigkeit signifikant nach.

- ↑ viele zusätzliche Funktionen
  - ↓ fliegender Aufbau im Geräteinneren
  - ↓ sehr ungenau bei größeren Lasten
  - ↓ wackeliger Sitz auf der Hutschiene
- Preis: ab 37 Euro



## Atorch AT4PW

Das AT4PW wird in einer Bluetooth- und einer WLAN-Version angeboten. Wir entschieden uns für das WLAN-Modell, das als einphasiges Energiemessgerät mit 75 Millimeter Breite viel Platz im Verteilerkasten einnimmt. Dafür hat es ein großes buntes Display. Beim Start bootet das Gerät wie ein PC – es laufen Statusmeldungen durch, danach ist es betriebsbereit und schaltet die Phase durch. Wie das Modell von Ketotek nutzt auch das AT4PW intern das Tuya-IoT-Modul CB3S. Der Energiemonitor-Chip BL0942 von Shanghai Belling erfasst Strom, Spannung und Frequenz. Die Auswertung übernimmt ein RISC-V-Chip (CH573F).

Nach der Inbetriebnahme tanzten die angezeigten Werte wild durcheinander. Die App zeigte an, dass es Updates für das Gerät gab, die wir in zwei Schritten einspielten. Das dauerte auch bei guter WLAN-Verbindung mehrere Stunden und brachte eine leichte Beruhigung der angezeigten Werte. Wirklich stabil ablesbar waren diese aber nicht, also nutzten wir für unseren Test die stabileren Werte aus der App.

Unter den einphasigen Zählern war das AT4PW das einzige Modell, das auch bei einer Last von knapp über einem Watt schon einen Messwert anzeigte. Insgesamt war die Genauigkeit im niedrigsten Lastbereich (1–9 Watt) mit einer mittleren Abweichung von –10 Prozent recht gut. Im mittleren Lastbereich (10–90 Watt) lag die Abweichung bei gut einem Prozent.

- ↑ viele Funktionen
  - ↑ großes Farbdisplay
  - ↓ Genauigkeit bei mittlerer Last
  - ↓ Display-Werte schwanken stark
- Preis: 33 Euro



### Sinotimer DDS529MR

Ein Zähler mit RS485-Interface, Modbus-Protokoll und Impulsausgang ist der DDS529MR von Sinotimer. Seine Ausstattung konzentriert sich aufs Wesentliche; Annehmlichkeiten wie eine Schaltfunktion hat er ebenso wenig zu bieten wie WLAN oder Bluetooth. Nach dem Start zeigt er zunächst die Betriebsparameter für die RS485-Schnittstelle (Adresse, Bitrate, Parität) und die aktuelle Datenrate für den Impulsausgang an. Alle Parameter lassen sich über die Bedienelemente am Gerät und über das RS485-Interface verändern. Bis zu einer Last von etwas über 3 Watt zeigt das Display keinen Leistungswert an. Zwischen 1 und 9 Watt erreicht es eine mittlere Abweichung von 18 Prozent. Bis 90 Watt sind es 1,38 Prozent, ab 100 Watt ist die Genauigkeit der Leistungsanzeige sehr gut.

Der Sinotimer DDS529 ist sehr solide aufgebaut: Mehrere fest miteinander verlötete Platinen bilden einen starren Gerätekörper. Kern des Geräts ist sein System-on-Chip von Vango Technologies (V9811A), die RS485-Schnittstelle bedient ein MAX3085, das Display steuert ein BL55028. Das EEPROM (BL24C04) beherbergt vermutlich die Kalibrierungskurve.

Der Eigenverbrauch des Geräts liegt mit 0,5 Watt erfreulich niedrig. Ein stabiler Federmechanismus hält den Zähler zuverlässig auf der Hutschiene fest.

- 👍 solider Aufbau
- 👍 unkomplizierte Inbetriebnahme
- 👍 sehr genau ab 100 Watt Last
- 👎 keine Anzeige unter 3 Watt

Preis: 47 Euro



### Eastron SDM72D-M V2 MID

Gilt es, den Drehstromverbrauch zu erfassen, ist das Modell SDM72D-M von Eastron in seinem Element. Das Gerät misst den Leistungsfluss in beide Richtungen, erfasst also auch separat die eingespeiste Energie. Verschiedene Anbieter verkaufen es als kalibrierte (SDM72D-M V2 MID) und unkalibrierte Version (SDM72D-M V2).

Gut gelöst ist bei diesem Zähler die Trennung von Netz- und Niederspannungsseite. Die Kontakte für den Impulsausgang und die RS485-Schnittstelle liegen oberhalb der Netzspannungsklemmen und sind durch einen zusätzlichen Berührungsschutz abgetrennt.

Den Kern des Drehstromzählers bildet ein Microcontroller (HT6017) mit Cortex-M0-Kern von HiTrend Tech aus Shanghai. Die Messelektronik besteht aus vier V9240-Chips von Vango. Eastron stellt auf seiner Webseite ein Konfigurations- und Auslesetool für die RS485-Schnittstelle zur Verfügung.

Der Eigenverbrauch war mit 0,5 Watt für ein Gerät dieser Bauart erfreulich gering. Ab einer Last von etwa 4 Watt zeigt das Display des SDM72D-M Leistungswerte an. Das verhaltene dem Zähler dann auch die Bewertung im Bereich von 1 bis 9 Watt Leistung (mittlere Abweichung -39 %). Ab etwa 25 Watt ist an der Genauigkeit nichts mehr auszusetzen: Die Abweichung vom Präzisionsmesssystem lag durchweg unter einem Prozent.

- 👍 solider Aufbau
- 👍 sehr gute Genauigkeit ab 25 Watt
- 👍 gute Community-Unterstützung
- 👎 keine Anzeige unter 4 Watt

Preis: 67 Euro (kalibriertes Modell)



### Orno OR-WE-517 MID

Wer elektrische Energie zu verschiedenen Tarifen bezieht, greift auf Zähler wie den OR-WE-517 des polnischen Herstellers Orno zurück. Das Gerät mit RS485-Schnittstelle und Impuls-Ausgang bietet aber noch mehr. An der Gehäusefront gibt es gleich drei optische Ausgänge: Eine LED gibt die Wirkleistung und eine weitere die Blindleistung aus. Zusätzlich hat der Prüfling eine bidirektionale optische Schnittstelle.

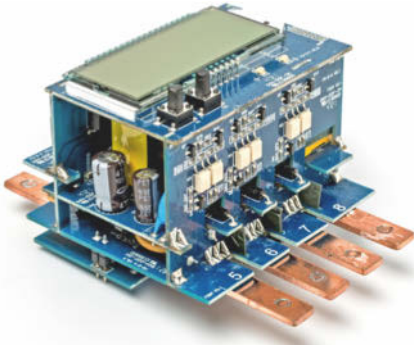
Bei der Montage punktet der OR-WE-517 mit soliden Klemmen, die jede mit zwei Schrauben ausgestattet sind. Die Anschlüsse für den Impulsausgang und die RS485-Schnittstelle sind mit Federklemmen ausgeführt. Die Bedienung erfolgt über zwei Touchelemente. Im Geräteinneren kommt ein Chipsatz von Silergy (71M6543G und 71M6103) zum Einsatz. Orno stellt eine Konfigurations- und Auslesesoftware für die RS485-Schnittstelle sowie umfangreiche Registerdokumentationen bereit.

Bei unseren Tests stutzten wir, weil der Zähler einen Eigenverbrauch von stattlichen 2,2 Watt aufwies – im Datenblatt spricht der Hersteller von 0,4 Watt. Das Gerät zeigt Leistungen ab einem Watt an und wies im unteren Leistungsbereich (1–9 Watt) eine mittlere Abweichung von knapp -10 Prozent auf. Im Bereich von 10 bis 90 Watt ermittelten wir gut -1,5 Prozent mittlere Abweichung. Jenseits von 100 Watt Last sank die Abweichung dann auf deutlich unter einem Prozent.

- 👍 solider Aufbau
- 👍 gute Genauigkeit ab 100 Watt
- 👎 hoher Eigenverbrauch
- 👎 befriedigende Genauigkeit

Preis: 71 Euro (kalibrierte Version)





**Fest verlötet:** Auch der Drehstromzähler SDM72D-M V2 von Easton birgt in seinem Inneren einen sauber verlöteten Elektronikblock.

reich, für den die Zähler kalibriert und ausgelegt wurden, ist hingegen 0,5 bis 10 A. Das ist die sogenannte Nennlast der Zähler, die die Bezugsgröße für die Kalibrierung und letztlich die Genauigkeit des Zählers bestimmt. Bei den getesteten Wechselspannungszählern schwankt die Maximallast zwischen 63 und 100 A, die Nennlast liegt zwischen 1 und 5 Ampere – siehe Tabelle. Auf den Zählern sollte sich neben dem CE-Zeichen auch noch eine Angabe zum Spannungsbereich und zur vorgesehenen Netzfrequenz finden. Zähler für ein 60-Hertz-Stromnetz zeigen im europäischen 50-Hertz-Netz falsche Werte an.

## Gerätevielfalt

Die am Markt angebotenen Zähler für 35-Millimeter-Hutschienen unterscheiden sich vor allem in der Ausstattung. Wir haben uns sechs sehr verschiedene Modelle herausgepickt, um exemplarisch zu zeigen, was von der jeweiligen Kategorie zu erwarten ist. Zu den „dummen“ Zählern gehört das Modell Earu DDS662. Es kostet gerade mal 10 Euro und bietet ausschließlich die bei allen Zählern vorgesehene Blink-LED, über die sich der Gesamtenergieverbrauch auslesen lässt.

Deutlich besser ausgestattet sind die Modelle KTEM07 von Ketotek (ab 37 Euro) und ATP-BW von Earu für gut 33 Euro. Beide können den hinter dem Zähler liegenden Stromkreis über ein Relais schalten und lassen sich über ihre WLAN-Schnittstelle beispielsweise mit der Tuya-App von Volcano Technology steuern oder in Smart-Home-Systeme einbinden. Als viertes einphasiges Modell haben wir uns den DDS529MR von Sinotimer (47 Euro)

angesehen. Das Gerät kommuniziert statt via WLAN über eine RS485-Schnittstelle mit Modbus-RTU-Protokoll.

Ebenfalls mit RS485-Schnittstelle ist der für knapp 67 Euro erhältliche Drehstromzähler SDM72D-M V2 von Easton. Wir haben dieses Modell ausgewählt, weil es sehr gut dokumentiert ist und es zudem viele Open-Source-Projekte auf ESP- oder Arduino-Basis unterstützen. In den professionellen Bereich gehört der letzte Drehstromzähler in der Testriege, das Modell OR-WE-517 (71 Euro) des polnischen Herstellers Orno. Auch er besitzt eine RS485-Schnittstelle mit Modbus-Protokoll. Zusätzlich hat der Zähler noch eine integrierte Uhr und kann so den Energieverbrauch für bis zu vier unterschiedliche Tarife separat erfassen.

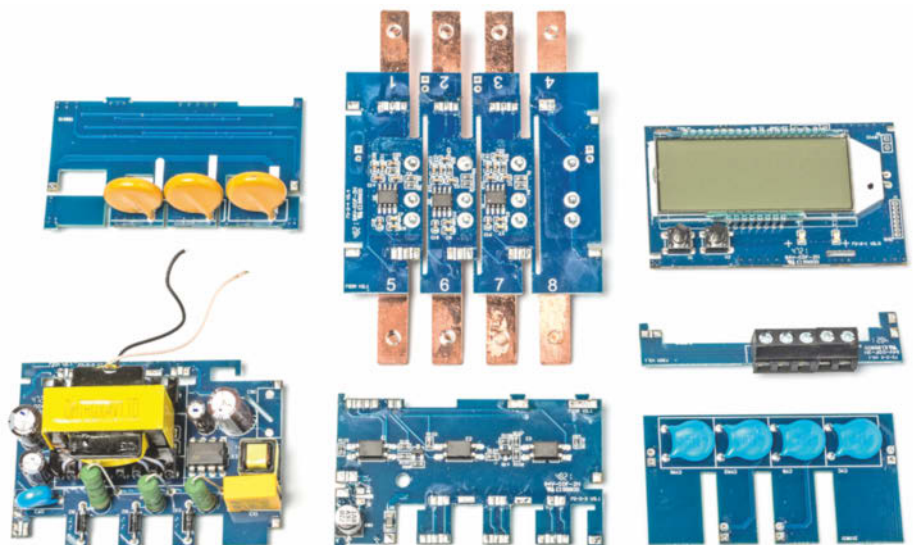
Wer mehr als einen Stromkreis überwachen will, ist mit den Geräten mit RS485-Interface gut bedient. Dieses garantiert trotz der simplen Zweidrahtverbindung hohe Störsicherheit, die das verwendete Protokoll (Modbus-RTU) noch steigert. Ein Controller liest bis zu 32 Geräte aus und übernimmt die Weitergabe und Verarbeitung der von den Zählern erfassten Daten. Im Netz finden sich viele geeignete Bauvorschlüsse, aber auch Fertigergeräte zum Auslesen von RS485-Schnittstellen mit Modbus-RTU-Protokoll. Wer hier selber basteln will, greift am besten zu einem Zähler, für den es bereits passende Bibliotheken gibt. Andernfalls ist eine gute Dokumentation der vom Zähler verwendeten Register unabdingbar, um eine eigene Bibliothek zu erstellen.

Wie das für die hier vorgestellten Geräte funktioniert, zeigen wir in einer der folgenden Ausgaben von c't.

Auch wenn die Verbindung von Zähler und Controller recht simpel vonstattengeht, ist eine saubere Trennung zwischen der Netzspannungsebene und dem Niederspannungsbereich extrem wichtig. Bei den getesteten Zählern mit RS485 ist das durch verschiedene Maßnahmen sichergestellt. Für den Schutz am Controller und beim Verlegen der Signalleitungen ist hingegen der Installateur verantwortlich.

## Im Test

Das wichtigste Kriterium für einen Energiezähler ist seine Genauigkeit. Die Hersteller geben diese zumeist auf dem Gerät mit an. Aktuelle Zähler sollten in der EU einen eingekreisten Buchstaben, A, B oder C tragen, der die Genauigkeitsklasse angibt. Die von uns geprüften Drehstromzähler gehörten beide zur Genauigkeitsklasse B, die eine Abweichung von 2 Prozent bei mehrphasiger Last und 2,5 Prozent bei einphasiger Last erlaubt. Ältere Zähler oder Modelle, die außerhalb der EU vertrieben werden, haben zumeist eine Zahl im Kreis, die die Abweichung in Prozent angibt. Die hier getesteten einphasigen Geräte hatten – so es dazu Angaben gab – stets die Genauigkeitsklasse 1, versprechen also eine maximale Abweichung von einem Prozent. Klingt zunächst gut, doch Vorsicht: Die zulässige Abweichung bezieht sich auf den Nennstrom der Geräte. Deshalb kann der prozentuale Fehler bei kleineren Lastströmen ansteigen.



**Zerlegt:** Der Drehstromzähler von Easton besteht aus sieben einzelnen Platinen. Verlötet bilden sie einen stabilen Block.



# Active Directory:

## Reale Angriffe verstehen und effektiv verhindern

7. Dezember 2022

### Was war, was ist und was kommt auf uns zu?

Berichte zu Sicherheitsvorfällen zeigen, dass das Active Directory immer eine zentrale Rolle spielt und es den Angreifern oft fahrlässig einfach macht, die komplette IT zu übernehmen.

Das Active Directory ist das **Rückgrat der Unternehmens-IT** und enthält kritische Daten für deren Betrieb, oft auch im Zusammenspiel mit Azure AD. Eingerichtet ist es schnell, doch der sichere Betrieb stellt viele vor große Herausforderungen. Dieses **praxisrelevante Webinar** vermittelt Ihnen das nötige Wissen, um Ihr eigenes Active Directory angemessen abzusichern.

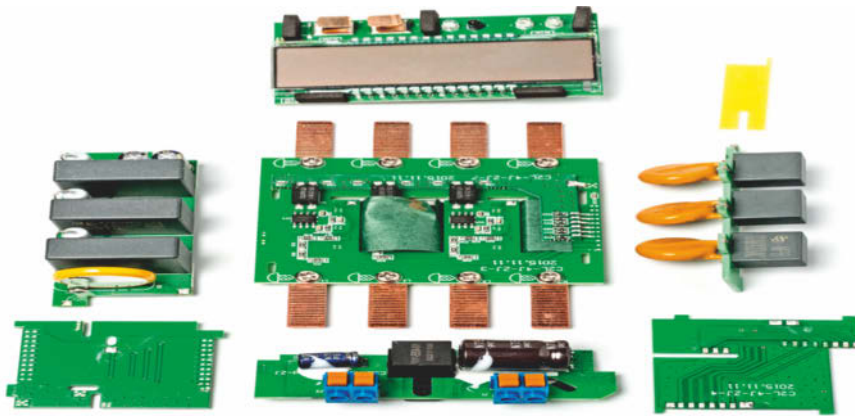
### PROGRAMM

- Konzepte, Funktionsweise und Probleme des AD
- So wird das AD real angegriffen – mit Demos
- Härtung des AD – Konzepte, wie Sie Ihr AD sicherer machen

Jetzt  
Tickets  
sichern!

Hier mehr erfahren:  
[webinare.heise.de/active-directory](https://webinare.heise.de/active-directory)





**Zählerexplosion: Um genau herauszufinden, welche Komponenten die Hersteller für ihre Geräte verwendet haben, mussten wir die Zähler komplett zerlegen. Hier das Ergebnis beim Orno OR-WE-517.**

Um den Geräten auf den Zahn zu fühlen, haben wir uns drei verschiedene Leistungsbereiche angesehen: Zunächst ging es um Lasten zwischen einem und neun Watt. Hier nutzten wir 1-Watt-LEDs als nichtlineare Last, die wir stufenweise zuschalteten. Die von den Zählern angezeigte Leistung verglichen wir mit den Werten, die unser Präzisionsleistungsmessgerät ermittelte. Für die einphasigen Zähler kam ein LMG 610 von ZES zum Einsatz, die Drehstromzähler überprüften wir mit einem LMG 450 aus gleichem Hause. Bei den Messungen bis 10 Watt gab es im unteren Lastbereich Abweichungen von bis zu 100 Prozent, weil so mancher Zähler erst ab einer Mindestlast von zwei bis vier Watt überhaupt etwas anzeigt.

Im zweiten Testintervall (10 bis 90 Watt)) nutzten wir ebenfalls LEDs als Last, dieses Mal mit einer Nennleistung von jeweils 9 Watt. Da LEDs immer ein integriertes Netzteil enthalten, mussten die Zähler hier mit nicht sinusförmigem Strom und mit einer Verschiebung zwischen Strom- und Spannungsmaximum zurechtkommen. Im oberen Leistungsbereich von 100 bis 1000 Watt kamen klassische Glühlampen zum Einsatz, die im Unterschied zu LEDs eine rein ohmsche Last darstellen. Strom und Spannung liegen hier in Phase, die Leistungsmessung sollte den Geräten hier leichter fallen.

Alle Messungen fanden in unserer EMV-Messkabine und an einem Netzspannungsgenerator statt. Das stellt sicher, dass die Messergebnisse nicht von Störungen beeinflusst werden. Wer ähnliche Messungen zu Hause nachvollziehen will, sollte sich darüber im Klaren sein, dass der Strom am Hausanschluss üblicherweise nicht hundertprozentig sinusförmig ist. Zudem

darf die Netzspannung 10 Prozent um ihren Nennwert 230 Volt schwanken (207 bis 253 V) und tut das im Alltag auch. Wirklich präzise kann ein Vergleich mehrerer Geräte direkt am Stromnetz also nie sein. Um Serienstreuungen zu entdecken, haben wir von allen getesteten Zählern jeweils zwei Exemplare anonym eingekauft. So konnten wir auch sicherstellen, dass wir keine für Tests optimierten Exemplare untergeschoben bekamen.

Neben der Genauigkeit interessierte uns auch der Eigenverbrauch der sechs Zählermodelle. Viele begnügten sich mit einem halben Watt, andere schluckten aber auch mehr als zwei Watt. Da so ein Zähler ständig Energie verbraucht, sollte man diesen Wert im Auge behalten. Das halbe Watt ergibt übers Jahr gerechnet immerhin 4,38 kWh, was beim aktuellen Strompreis (40 Cent/kWh) 1,75 Euro entspricht. Ein Zähler mit gut 2 Watt Leistungsaufnahme schlägt sich hingegen mit 7 Euro pro Jahr auf der Stromrechnung nieder.

## Innenleben

Nach Abschluss aller Messungen sahen wir uns auch das Innenleben der sechs Zähler an. Prinzipiell arbeiten alle Geräte nach dem gleichen Prinzip: Im Stromkreis – meistens im Phasenstrang – sitzt ein Shunt, also ein hochbelastbarer Widerstand, über den der Strom als Spannungsabfall gemessen wird. Die momentane Netzspannung messen die Geräte üblicherweise über einen Spannungsteiler zwischen L (Phase) und N (Neutralleiter). Deshalb benötigt so ein Zähler zusätzlich zur durchgeführten Phase mindestens einen N-Anschluss.

Der Shunt besteht stets aus einem in eine breite Kupferbahn eingelöteten Me-

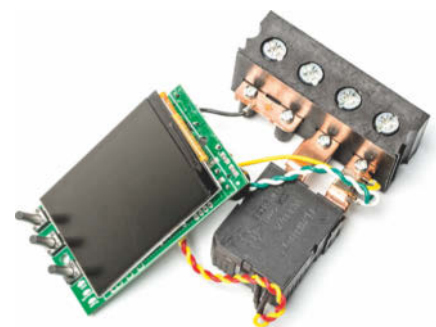
tallstück mit definiertem Widerstand – leicht zu erkennen am etwas helleren Farbton. Die meisten Hersteller belassen es bei dieser Konstruktion und kalibrieren ihre Zähler über Korrekturkurven. Nur bei Sinotimer entdeckten wir Anzeichen dafür, dass der Shunt angeschliffen wurde, um so den Querschnitt leicht zu verringern und damit den Widerstandswert etwas zu erhöhen. Drehstromzähler haben drei Shunts und drei Spannungsmesspfade.

Die Verarbeitung der verschiedenen Modelle war recht unterschiedlich: Während der Ketotek KTEM07 eher den Eindruck eines Drahtverhauses hinterließ, wirkten die Konstruktionen vieler anderer Hersteller auf uns solider: Miteinander verlötete Platinen bildeten klar definierte Blöcke. Besonders gut verarbeitet waren die beiden Drehstrom-Modelle von Orno und Eastron. Aber auch das einphasige Sinotimer-Modell machte einen ordentlichen Eindruck. Festzuhalten bleibt aber: Alle geprüften Geräte entsprachen auch intern den gängigen elektrischen Anforderungen etwa in Bezug auf Luft- und Kriechstrecken zwischen den netzspannungsführenden Komponenten und dem Niederspannungsteil.

Die meisten Hersteller nutzten in den Zählern hochintegrierte, speziell für Energiezähler entwickelte Chips (siehe Tabelle). Nur das Modell von Atorch mit dem bunten Display setzt auf einen RISC-V-Chip mit integriertem AD-Wandler, den MCU CH573 des chinesischen Herstellers WCH.

## Fazit

Fünf der sechs überprüften Leistungsmessgeräte für die Hutschiene lieferten bei haushaltsüblichen Lasten durchweg plausible und den angegebenen Genauigkeitsklassen entsprechende Ergebnisse.



**Im AT4PW von Atorch steckt ein Relais im Strompfad. Der Messwiderstand für den Strom liegt im Kupferstrang, der zum Relais führt.**



Der so ermittelte Energieumsatz taugt also, um den Verbrauch einzelner Stromkreise in Haus und Wohnung zu überwachen. Einzig das Atorch-Modell fiel aus der Reihe. Zum einen nennt der Hersteller auf dem Gerät keine Genauigkeitsklasse, zum anderen schwankten die angezeigten Werte für den aktuellen Verbrauch auch bei eigentlich recht simpel zu erfassender rein ohmscher Last recht stark. Die große Kiste ist so eher ein Smart-Home-Schaltenelement mit Messfunktion denn ein präzises Leistungsmessgerät. Man fragt sich zudem, wozu man im Verteilerkasten ein bunt leuchtendes großes Display braucht.

Zu welchem der fünf anderen Zähler man greift, hängt von den individuellen Anforderungen ab. Geht es einzig und al-

lein um die separate Leistungserfassung eines einzelnen Stromkreises, ist das günstige EARU-Modell DDS662 eine gute Wahl: Es kostet mit Versand und Zoll rund 10 Euro, ist nicht übermäßig groß und bietet eine passable Genauigkeit.

Möchte man die erfassten Messwerte auch andernorts sichtbar machen, bieten sich Zähler mit WLAN- oder RS485-Schnittstelle an. Geht es nur um einen Strang, den man möglicherweise auch noch fernschalten will, ist das Kistchen von Ketotek durchaus eine passende Wahl – vorausgesetzt, im Verteilerkasten ist der WLAN-Empfang ausreichend gut.

Wer mehr als einen Stromkreis überwachen will, ist mit den Geräten mit RS485-Interface wie dem Sinotimer DDS529MR

besser bedient. Geht es um den Verbrauch in Drehstrom-Installationen, machen beide getesteten Dreiphasen-Zähler eine gute Figur. Das Eastron-Modell SDM72D-M punktet mit der guten Software-Unterstützung in der ESP- und Arduino-Community. Ornos OR-WE-517 richtet sich hingegen eher an Unternehmen und Nutzer mit unterschiedlichen Stromtarifen. (gs@ct.de) **ct**

## Literatur

- [1] Sven Hansen, Spardosen mit Zählwerk, Sechs Zwischenstecker für das Energie-Monitoring, c't 22/2022, S. 24
- [2] Jan Mahn, Stromschnellen, Was Sie über elektrischen Strom wissen müssen, c't 24/2022, S. 122

Weitere Infos: [ct.de/yaa4](https://ct.de/yaa4)

## Leistungsmessgeräte für die 35-mm-Hutschiene

Modell	DDS662	KTEM07 WiFi	AT4PW	DDS529MR	SDM72D-M V2 MID	OR-WE-517
Hersteller, URL	EARU, u.a. bei Aliexpress erhältlich	Ketotek, <a href="https://cnketotek.com">cnketotek.com</a>	Atorch, <a href="https://atorch.cn">atorch.cn</a>	Sinotimer, <a href="https://www.sinotimer.com">www.sinotimer.com</a>	Easton, <a href="https://eastroneurope.com">eastroneurope.com</a>	Orno, <a href="https://orno.pl/de">orno.pl/de</a>
Maße (B × L × T)	36 mm × 78 mm × 65 mm	36 mm × 85 mm × 65 mm	75 mm × 96 mm × 75 mm	35 mm × 99 mm × 65 mm	72 mm × 100 mm × 66 mm	76 mm × 102 mm × 65 mm
Controller-Chip	V9401	HLW8032, CB3S	CH573F, BL0942, CB3S	V9811A, MAX3085, BL55028	HT6017, V9240	71M6543G, 71M6103
Nennstrom / Frequenzbereich	5(80) A / 50 Hz	1(63) A / 50/60 Hz	k.A. / 50/60 Hz	5(80) A / 50 Hz	0,5-10(80) A / 50 Hz	0,5-10(80) A / 50 Hz
Genauigkeitsklasse	1	1	k.A.	1	B	B
<b>Ausstattung</b>						
LED-Impulsgeber	✓	✓	✓	✓	✓ <sup>2</sup>	✓ <sup>1</sup>
Impulsausgang	–	–	–	✓	✓	✓
RS485 Modbus/RTU	–	–	–	✓	✓	✓
Bluetooth	–	✓	✓	–	–	–
WLAN (2,4 GHz)	–	✓	✓	–	–	–
plombierbar	–	–	✓	✓	✓	✓
Reset für Gesamtenergiezählung	–	✓	✓	–	✓	✓
Schaltfunktion	–	✓	✓	–	–	–
sonstiges	–	Fehlerstromerkennung, Über-/Unterspannung, Strombegrenzung	Temperaturmessung, Anzeige CO2-Einsparung	–	Zweir-Richtungszähler	Zweir-Richtungszähler, verschiedene Tarifzonen, Datum, Uhrzeit
<b>Erfasste/angezeigte Werte</b>						
Gesamtenergie Wh / varh / VAh	✓ / – / –	✓ / – / –	✓ / – / –	✓ / ✓ / –	✓ / ✓ / –	✓ / ✓ / ✓
Leistung W / var / VA / Power Factor (PF)	✓ / – / – / –	– / – / – / –	✓ / – / – / ✓	✓ / ✓ / – / ✓	✓ / ✓ / – / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓
Spannung (U) / Strom (I) / Frequenz (Hz)	✓ / ✓ / –	✓ / ✓ / –	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓
Energiekosten	–	✓ (in der App)	✓ (Display und App)	–	–	–
Fehlerstrom (mA)	–	✓	–	–	–	–
<b>Messwerte</b>						
Eigenverbrauch	0,5 W	0,5 W	1,2 W	0,5 W	0,5 W	2,2 W
Mindestlast	5 W	2 W	1 W	3 W	4 W	1 W
Abweichung 1-9 Watt	–33%	–16%	–10%	–18%	–39%	–10%
Abweichung 10-90 Watt	<1%	<1%	–1%	1%	<1%	–2%
Abweichung 100-1000 Watt	<1%	3%	<1%	<1%	<1%	<1%
<b>Bewertung</b>						
Genauigkeit 1-9 Watt	⊖⊖	⊖	○	⊖	⊖⊖	○
Genauigkeit 10-90 Watt	⊕⊕	⊕⊕	⊕	○	⊕⊕	○
Genauigkeit 100-1000 Watt	⊕⊕	⊖⊖	⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕
Ausstattung	⊖	⊕	⊕	○	⊕	⊕
Preis	10 € <sup>3</sup>	ab 37 €	33 €	47 €	67 €	71 €

<sup>1</sup> drei für Leistung, Blindleistung und Fernabfrage, siehe Text    <sup>2</sup> zwei für importierte und exportierte Leistung    <sup>3</sup> mit Versand und Zoll    ✓ vorhanden    – nicht vorhanden  
 ⊕⊕ sehr gut    ⊕ gut    ○ zufriedenstellend    ⊖ schlecht    ⊖⊖ sehr schlecht



links: Pico 4, rechts: Meta Quest Pro

# Metaverse-Vehikel

## 430 vs. 1800 Euro: VR-Headsets Pico 4 und Meta Quest Pro im Test

**Meta (ehemals Facebook) meint es ernst mit dem Metaverse – und hat ein autarkes High-End-Headset für Profis entwickelt. Ist es besser als der Preisbrecher Pico 4?**

Von Jan-Keno Janssen

**E**s ist eine der größten Wetten der Technik-Geschichte: Sage und schreibe 36 Milliarden US-Dollar hat Facebook beziehungsweise Meta bislang investiert, um der noch völlig unkonkreten Idee eines „Metaverse“ nachzugehen. Fertig ist noch nichts, und deshalb will Konzernchef Mark Zuckerberg noch etliche weitere Milliarden hinterherwerfen, zum Leidwesen vieler Aktionäre.

Eines der wenigen anfassbaren Resultate der Anstrengungen ist nun das Virtual-

Reality-Headset Meta Quest Pro. Es soll der Welt zeigen, dass VR mehr als Spielerei ist – und ist inzwischen reif für die Arbeitswelt. Es steckt voller High-Tech und kostet 1800 Euro. Ein auf den ersten Blick sehr ähnliches Gerät hat Metas chinesischer Konkurrent ByteDance (TikTok) nahezu zeitgleich auf den Markt gebracht: Die Pico 4 kostet lediglich 430 Euro. Wir haben beide Geräte getestet. In der Tabelle auf Seite 116 finden Sie zusätzlich auch noch die technischen Daten der älteren Mitbewerber Meta Quest 2 und Vive Focus 3.

Es handelt sich bei all diesen Geräten um autarke Headsets, die keine Verbindung zu PC oder Smartphone benötigen. Die Software läuft auf einem in die Headsets eingebauten Android-System, die Apps lädt man direkt auf den Brillen in Hersteller-Appstores herunter, ein Account beim Hersteller ist jeweils erforderlich. Auf Wunsch kann man aber auch einen PC ankoppeln, dann laufen grafisch anspruchsvollere PCVR-Titel auf den Headsets. Die Kopplung klappt bei beiden

Headsets wahlweise über WLAN oder über ein USB-Kabel.

### Pfannkuchenlinsen

Der augenfälligste Unterschied im Vergleich zu älteren Headsets ist die vergleichsweise flache Front von Quest Pro und Pico 4. Grund dafür sind die verwendeten Pancake-Linsen, die einen deutlich geringeren Abstand zwischen Auge und Display ermöglichen. Diese sehr flachen Linsen haben auch einige optische Vorteile, beispielsweise neigen sie weniger zu Lichtreflexionen („God-Rays“) wie die bisher üblichen Fresnel-Linsen.

Setzt man eine Quest Pro direkt nach der älteren Quest 2 auf, darf man allerdings keinen Wow-Effekt erwarten: Die bessere Darstellungsqualität fällt erst nach genauerem Hinsehen auf, am ehesten springt noch die kräftigere Farbdarstellung durch die Quantenpunkt-LC-Displays in der Quest Pro ins Auge. Gegenüber der Quest 2 hat sich die Auflösung der Quest Pro nicht maßgeblich verändert (1800 × 1920 Pixel pro Auge); die Pico 4 zeigt mit 2160 × 2160 ein paar Bildpunkte mehr.

Die Headsets können aber nicht nur virtuelle Welten darstellen, sondern auch die echte Umgebung temporär auf die Brille holen – das ist praktisch für die Orientierung, ermöglicht aber auch Mischformen von virtueller und echter Realität. „Passthrough“, also „Durchreiche“, heißt das in der Fachsprache und klappt bei Quest Pro und Pico 4 erstmals in Farbe.

Bisherige Headsets zeigten die echte Welt in grieseligem Schwarzweiß. Genutzt werden dafür die außen an den Headsets eingebauten Kameras, mit denen sich die Headsets im Raum positionieren, deren Bilder also normalerweise nur von Algorithmen und nicht von Menschen gesehen werden. Auf den ersten Blick wirkt das Passthrough-Bild in der Pico 4 deutlich klarer als jenes der Quest Pro – schaut man genauer hin, stellt man allerdings fest, dass der Pico-Maßstab nicht stimmt: Die eigenen Hände sind beispielsweise größer als in echt, was sehr irritiert. Außerdem ist das Bild nur monoskopisch, also nicht räumlich. Das Quest-Pro-Passthrough ist stereoskopisch und maßstabsgetreu, dafür aber auch größer als bei der Pico (siehe Vergleichsaufnahmen im c't-3003-Video, [ct.de/ypf7](https://www.c't.de/ypf7)), außerdem neigt das Bild zu unschönen Überbelichtungen.

Bei Pico scheint der Passthrough-Modus zurzeit nur dafür gut zu sein, um mal schnell ins Zimmer zu schauen, ohne die Brille absetzen zu müssen. Wir haben im Pico-Appstore keine App gefunden, die das Passthrough-Bild in irgendeiner Form nutzen würde – bei der Meta Pro gibt es dagegen bereits etliche „Mixed-Reality“-Apps, die virtuelle und echte Reality verschmelzen. Ein schönes Beispiel ist das Mini-Spiel „I Expect You to Die: Home Sweet Home“: Hier findet man sich zu Anfang in einer Virtual-Reality-Holzbox wieder. In der Box sind kleine Sehschlitze eingebaut; schiebt man den Sichtschutz per Handcontroller zur Seite, lugt man durch die Computergrafik-Box in die echte Umgebung hinein – toll.

Die App „Contour“ (Sidequest-Appstore) bringt Abpausen auf einen neuen Level: Hier stellt man sich beispielsweise an eine (echte) Tafel, legt mittels Headset eine Bilddatei darauf und malt diese dann millimetergenau ab.

### Fünf Innenkameras für Mimik

Beim Erkennen von Mimik zeigt die Quest Pro noch einmal deutlich, warum sie viermal so teuer ist wie die Pico 4: Fünf Infrarot-Kameras sind innerhalb des Headsets aufs Gesicht gerichtet, drei auf die Augen, zwei auf Mund und Kinn. Damit legt die Quest Pro Gesichtsausdrücke in Echtzeit auf den eigenen Avatar – ein wichtiges Metaverse-Thema, schließlich spielt der Avatar, also die eigene – selbstgestaltete – Entsprechung in der virtuellen Welt eine wichtige Rolle. Bisherige Social-VR-Apps, in denen man sich mit anderen Menschen

**Dank Pancake-Linsen ist die Front der Pico 4 (oben) flacher als die von Headsets mit Fresnel-Linsen (hier Meta Quest 2).**



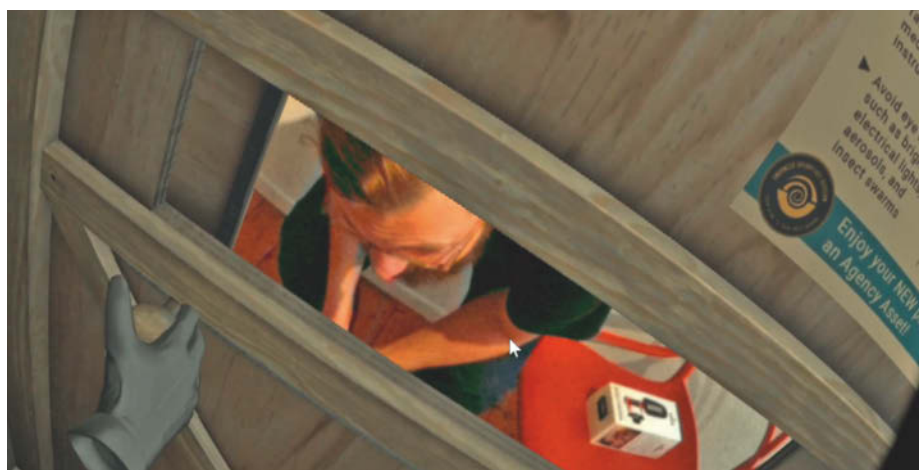
treffen und reden konnte, übertragen zwar die eigene Körpersprache und Handbewegungen in die VR, aber die Gesichter blieben weitgehend unbewegt. Mit der Quest Pro kann man nun blinzeln, grinsen und Nase rümpfen – zumindest wenn die App das unterstützt. Im Test haben wir Metas Meetingraum-Simulation „Horizon Workrooms“ ausprobiert, darin funktionierte die Mimik-Erkennung der Quest Pro auf Anhieb. Ein bisschen hakelig wirkte das Ganze allerdings noch, manchmal stimmte der erkannte Gesichtsausdruck nicht ganz mit der Realität überein, außerdem fehlt bislang die Zunge beim Avatar.

Das Erfassen der Pupillen – also der genauen Blickrichtung – macht „Foveated Rendering“ möglich: Der Headset-Prozessor berechnet nur dort ein scharfes Bild, wo man gerade hinschaut, dadurch lässt

sich viel Rechenleistung einsparen beziehungsweise die Bildqualität verbessern. Da das menschliche Auge in den Randbereichen ohnehin nur sehr unscharf sieht, nimmt man Foveated Rendering nicht bewusst wahr – nur wirkt das Bild eben schärfer, zumindest war das in unseren Tests so. Wir haben allerdings erst eine App gefunden, die die Technik unterstützt, und zwar das Weltraum-Adventure-Spiel „Red Matter 2“.

### Controller mit Kameras

Die Pico 4 nutzt ähnliche Controller wie die Quest 2: In einem Ring sitzen fürs menschliche Auge unsichtbare Infrarot-LEDs, die von den Headset-Außenkameras getrackt werden. Bei den Quest-Pro-Controllern hat Meta den Aufwand erheblich gesteigert – und drei Kameras plus ein



**Aus der Computergrafik-Box in die echte Welt hineingucken: Das geht mit dem Passthrough-Modus der Quest Pro.**





**Blinzel, blinzel:** Unter dem aufgesetzten Headset erkennt die Quest Pro Gesichtsausdrücke.

Snapdragon-662-SoC eingebaut, womit sich die Controller selbst im Raum orientieren können und nicht mehr vom Headset gefilmt werden müssen. Dadurch fallen die Ringe weg, die Controller können also im Eifer des VR-Gefechts dichter zusammengeführt werden. Außerdem weiß das VR-System nun, was die Hände hinterm Rücken machen. Das ist definitiv faszinierende Technik, auch wenn uns bislang die Nachteile von passivem Infrarot-Tracking nicht sonderlich negativ aufgefallen sind.

Einen kleinen Nachteil hat das aktive Tracking: Es dauert beim Einschalten ein paar Sekunden länger als bei passiven Controllern, bis das Headset die Hand-Controller erkennt. Nützlich sind die mitgelieferten Kunststoff-„Stiftspitzen“, die man an den Controller anbringt. Damit lässt sich auf einem (echten) Tisch in der VR deutlich besser zeichnen als einfach in der Luft. Das Hand-Controller-Paar wird für 350 Euro einzeln angeboten und ist mit der Meta Quest 2 kompatibel.

### Ergonomie

Die preisgünstige Pico 4 trägt sich sehr angenehm auf dem Kopf, das Gewicht ist gleichmäßig verteilt. Obendrein passte das Headset in unseren Tests problemlos über Brillen. Bei der Meta Quest Pro klappte es mit den Sehhilfen nicht so gut, wir mussten vorsichtig agieren, um die Brillengläser nicht zu zerkratzen. Ohnehin empfanden wir einige von Metas Designentscheidun-

gen als seltsam. So liegt das Headset nur auf der Stirn und dem Hinterkopf auf, nicht aber (wie zum Beispiel die Pico 4 oder die Quest 2 mit Elite-Headstrap) auf der Kopf-oberseite – in unserem Test klagten Kollegen über Stirnschmerzen.

Außerdem ist die Quest Pro an den Seiten und unten völlig offen, man sieht also permanent zusätzlich zur virtuellen auch die echte Umgebung, was ziemlich nerven kann. Offenbar hat sich Meta dafür entschieden, weil die Quest Pro ja auch ein Arbeitsgerät sein soll, also am Schreibtisch getragen wird, wo man zwischendurch vielleicht mal auf einen Zettel oder die Tastatur gucken will. Allerdings darf man für 1800 Euro zumindest eine mitgelieferte Abdichtung erwarten – und die gibt es nur für die seitlichen Bereiche. Wer es auch unten dicht will, muss für 50 Euro extra einen Gummimantel kaufen. Ist der angebracht, funktioniert der mitgelieferte Ladeteller allerdings nicht mehr, weil die Kontakte vom Gummi verdeckt werden.

### Fazit

Die Meta Quest Pro erkennt als erstes Headset Gesichtsausdrücke – eine Funktion, die für künftige Metaverse-Meetings unabdinglich sein wird. Das Passthrough mit Farbwiedergabe ermöglicht interessante VR-Echtwelt-Mischanwendungen. Doch da es sich um das erste Headset mit diesen Techniken handelt, verpasst man bislang noch nicht viele Apps, die sie unterstützen – Henne, Ei. Die Zielgruppe für

## Autarke Virtual-Reality-Headsets

Headset	Quest Pro	Pico 4	Quest 2 <sup>1</sup>	Vive Focus 3 <sup>1</sup>
Hersteller, URL	Meta, meta.com/de	Pico, picoxr.com/de	Meta, meta.com/de	HTC, vive.com/de
<b>Ausstattung</b>				
SoC	XR2+ Gen 1	XR2 Gen 1	XR2 Gen 1 (untertakktet)	XR2 Gen 1
RAM	12 GByte	8 GByte	6 GByte	8 GByte
Akku / Laufzeit	k.A. / ca. 2 h	5300 mAh / ca. 2,5 h	3640 mAh / ca. 2,5 h	k.A. / ca. 2 h
Auflösung pro Auge [Pixel]	1800 × 1920	2160 × 2160	1832 × 1920	2448 × 2448
Display / Bildwiederholrate	QD-LCD mit Local-Dimming / 72, 90 Hz	LCD / 72, 90 Hz	LCD / 72, 90, 120 Hz	LCD / 90 Hz
Linse	Pancake	Pancake	Fresnel	Fresnel
Augenabstand	55 mm–75 mm	58 mm–72 mm	drei Stufen (58, 63, 68 cm)	57 mm–72 mm
<b>Funktionen, Anbindung, Apps</b>				
Eye-Tracking	✓	–	–	– (optional)
Gesichtsausdruck-Tracking	✓ (obere und untere Gesichtshälfte)	–	–	– (optional / nur unten)
Passthrough	farbig (maßstabsgetreu)	farbig (nicht maßstabsgetreu)	monochrom	monochrom
PCVR-Unterstützung	USB & Wireless	USB & Wireless	USB & Wireless	USB & Wireless
erhältliche Apps	> 1000	> 200	> 1000	> 60
Controller	aktiv (mit eigenen Kameras) und integriertem Akku	passiv mit 2 × AA-Batterien	passiv mit 1 × AA-Batterie	passiv mit integriertem Akku
Lieferumfang	2 Handcontroller, Netzteil, Ladeteller für Headset und Controller, Stiftspitzen, Lichtblocker	2 Handcontroller, Abstandshalter für Brillenträger, Nasenaufklammer, Netzteil + Kabel	2 Handcontroller, Abstandshalter für Brillenträger, Netzteil + Kabel	2 Handcontroller, Netzteil + Kabel
Gewicht Headset / Controller	746 g / 165 g	590 g / 178 g	647 g / 154 g	785 g / k.A.
Preis	1800 € (256 GByte)	430 € (128 GByte), 500 € (256 GByte)	450 € (128 GByte), 550 € (256 GByte)	1400 € (128 GByte)
✓ vorhanden — nicht vorhanden <sup>1</sup> zum Vergleich				

das 1800-Euro-Headset sind also neben finanzstarken Early-Adoptern vor allem Leute, die selbst solche Apps entwickeln wollen. Alle anderen sind nach wie vor mit der Quest 2 für 450 Euro gut bedient; die etwas bessere Grafikdarstellung und die etwas besseren Controller sind den Aufpreis der Pro nicht wert.

Mit der Pico 4 bekommt man für 430 Euro ein Headset, das ebenfalls eine etwas (!) bessere Grafikdarstellung und einen besseren Tragekomfort als die Quest 2 bietet. Dafür gibts im Pico-Appstore deutlich weniger Apps als im Meta-Store, und vor allem schlechtere: Meta hat die Meta-verse-Milliarden genutzt, um etliche Apps exklusiv an die eigenen Headsets zu binden, dazu gehören ausgezeichnete Spiele wie Beat Saber, Resident Evil 4 und die hauseigene Horizon-Software. Die App-Auswahl wiegt unserer Meinung nach stärker als die etwas bessere Hardware. Gut tut der VR-Branche die Konkurrenz aber definitiv, Monopole mag schließlich niemand. Übrigens: Wer Meta wegen der



Der weiße Pico-Controller benötigt für die Positionsbestimmung einen Ring mit Infrarot-LEDs, der schwarze Quest-Pro-Controller ist handlicher.

vielen Facebook-Skandale problematisch findet, muss sich darüber im Klaren sein, dass Pico-Besitzer Bytedance (TikTok!) ebenfalls in der Kritik steht, unter anderem wegen möglicher Zensur, mangelndem Jugendschutz und seiner Nähe zur chinesischen Regierung

Die Pico 4 wird offiziell in Deutschland verkauft, die Meta-Headsets wegen

Konflikten mit dem Kartellamt zurzeit nicht. Man kann sie aber beispielsweise über Amazon Frankreich versandkostenfrei in Deutschland bestellen. Bislang zeichnet sich nicht ab, ob sich die Marktsituation in Deutschland zeitnah ändert.

(jkj@ct.de) **ct**

c't-3003-Video zum Test: [ct.de/ypf7](https://ct.de/ypf7)

# Die volle Ladung



Dieses c't-Sonderheft räumt auf mit Mythen rund ums E-Auto und schafft einen realen Überblick zu Vor- und Nachteilen der E-Mobilität

- ▶ Leitfaden zum Kauf eines E-Autos
- ▶ Kostenvergleich: Strom vs. Sprit
- ▶ Fahrberichte und Tests
- ▶ Den Akku richtig nutzen und laden
- ▶ Überschussladen – Strom aus Photovoltaik nutzen
- ▶ Auch als Bundle mit Buch „E-Autos einfach erklärt“ vom dpunkt-Verlag erhältlich!

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

Auch als Heft + PDF  
mit 29 % Rabatt


[shop.heise.de/ct-eautos22](https://shop.heise.de/ct-eautos22)

# Zahlen, Daten, Fakten

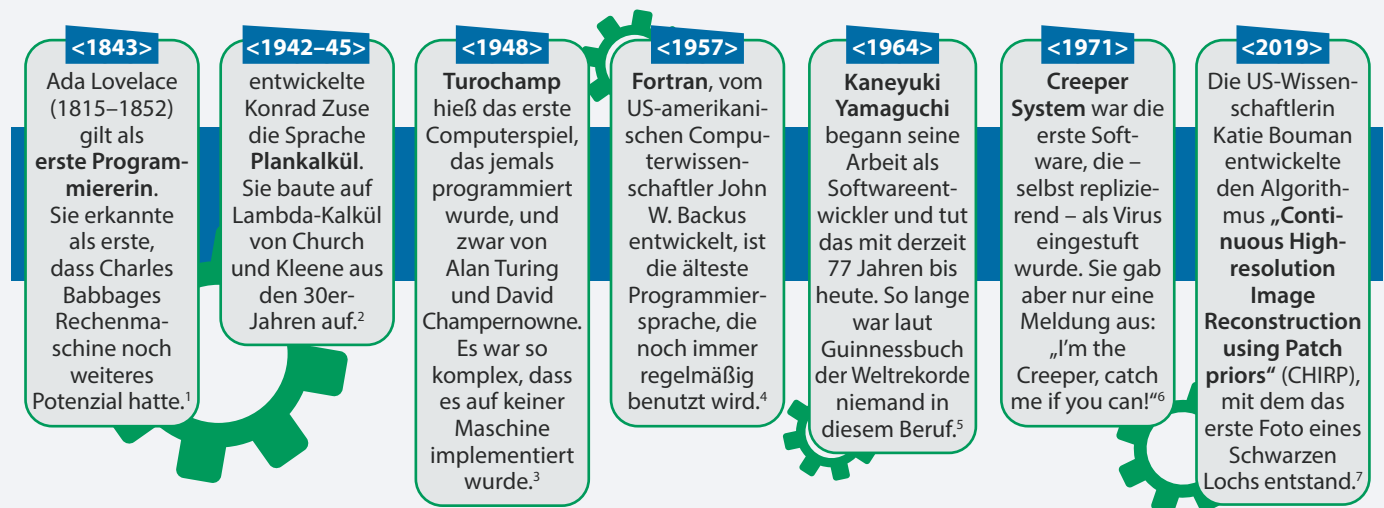
## Programmieren

Ohne Software läuft heutzutage kaum ein Gerät. In Algorithmen zu denken, ein Gefühl dafür zu bekommen, gehört zu den wichtigen Fertigkeiten in dieser Zeit. Man hat aber schon früher damit Erstaunliches zuwege gebracht, wie der Kalender unten zeigt. Coden lernt man zwar immer mehr auch in Schulen, doch bleibt das Lernen oft eine Frage

der Eigeninitiative, zum Beispiel mithilfe von Blogs, Onlinekursen und anderen Formen des Selbststudiums. Als beliebteste Programmiersprachen liegen immer noch Python, Java sowie JavaScript vorn. Je nach Sprache kann ein simples „Hallo Welt“-Programm schon mal sehr aufwendig werden. Als Entwicklerwerkzeuge benutzen auffallend viele keine Entwick-

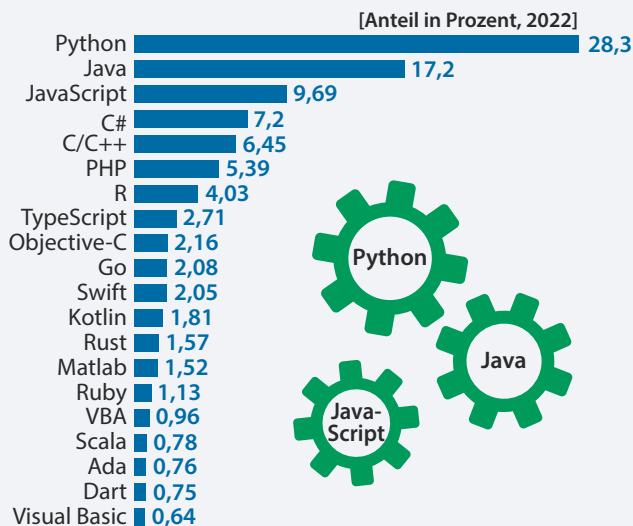
lungsumgebung wie Visual Studio Code, sondern beschränken sich auf einen Editor wie Notepad++. Bei den meisten Programmieraufgaben ist Anbietern eine plattformübergreifende Kompatibilität wichtig. Es zeichnet sich ab, dass die Dominanz von Windows bei Desktopanwendungen zurückgeht zugunsten von macOS. (mil@ct.de) 

### ► Erstaunliche Fakten



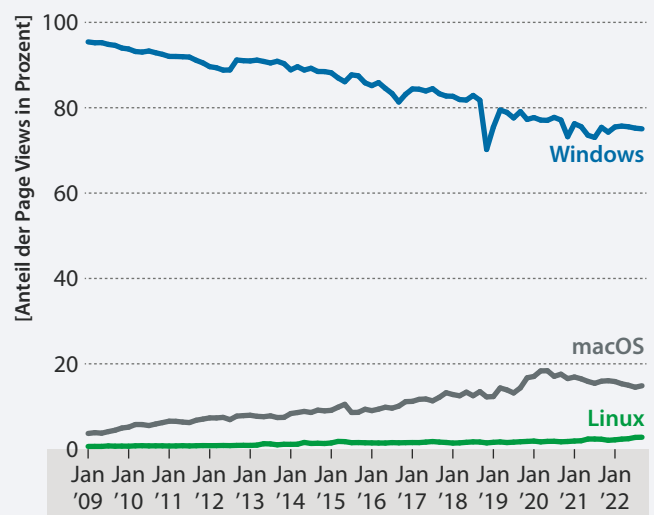
### ► Beliebte Programmiersprachen

Nach Tutorials für Python und – mit etwas Abstand – Java wird mit Abstand am häufigsten gesucht.<sup>8</sup>



### ► Betriebssysteme

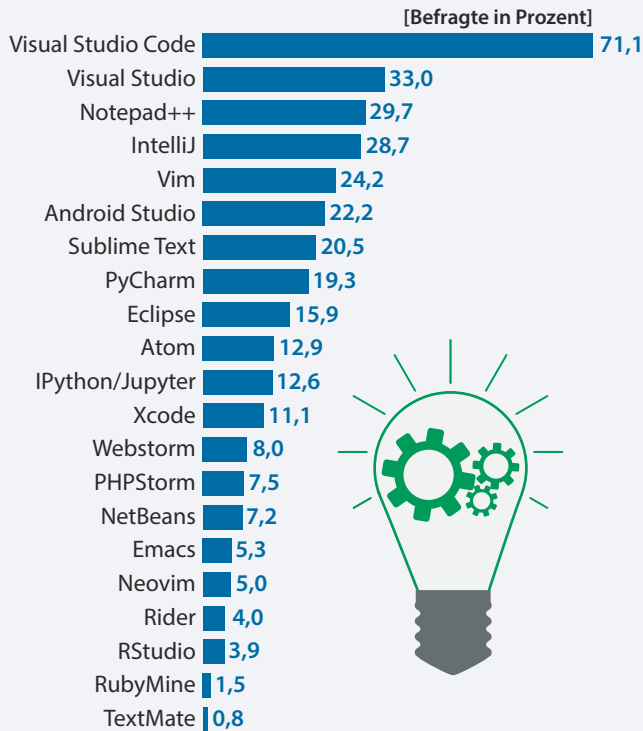
Windows ist bei Weitem nicht mehr so dominant, wie es mal war. Das hat auch eine Auswirkung auf Programmierer.<sup>9</sup>





## ► Entwicklerwerkzeuge

Zwar hat Visual Studio die Nase bei den genutzten Werkzeugen weit vorn, aber gut ein Drittel benutzt auch das gute alte Notepad++.<sup>10</sup>



## ► Hallo Welt

Wikipedia führt für 131 Sprachen „Hallo Welt“-Listings auf. Manchmal macht das einfache Programm ziemlich viel Tipparbeit.<sup>11</sup>

**Objective-C mit Cocoa**

```
#import <Cocoa/Cocoa.h>
@interface Controller : NSObject
{
    NSWindow *window;
    NSTextField *textField;
}
@end
int main(int argc, const char *argv[])
{
    NSAutoreleasePool *pool = [[NSAutoreleasePool alloc] init];
    NSApp = [NSApplication sharedApplication];
    Controller *controller = [[Controller alloc] init];
    [NSApp run];
    [controller release];
    [NSApp release];
    [pool release];
    return EXIT_SUCCESS;
}
@implementation Controller
- (id)init
{
    if ((self = [super init]) != nil) {
        textField = [[NSTextField alloc] initWithFrame:NSMakeRange(10.0, 10.0, 85.0, 20.0)];
        [textField setEditable:NO];
        [textField setStringValue:@"Hallo Welt!"];

        window = [[NSWindow alloc] initWithContentRect:NSMakeRange(100.0, 350.0, 200.0, 40.0)
                                styleMask:NSTitledWindowMask | NSClosableWindowMask | NSMiniaturizableWindowMask
                                backing:NSBackingStoreBuffered
                                defer:YES];

        [window setDelegate:self];
        [window setTitle:@"Hallo Welt!"];
        [[window contentView] addSubview:textField];
        [window makeKeyAndOrderFront:nil];
    }
}
return self;
}
- (void)windowWillClose:(NSNotification *)notification
{
    [NSApp terminate:self];
}
@end
```

**Python**

Bis einschließlich Version 2 ( print ist ein Schlüsselwort):

```
print 'Hallo Welt!'
```

Ab Version 3 ( print ist eine Funktion):

```
print('Hallo Welt!')
```

oder mit doppelten Anführungszeichen

```
print("Hallo Welt!")
```

Als Easter Egg:

```
import __hello__
```

**BASIC**

Traditionelles, unstrukturiertes BASIC:

```
10 PRINT "Hallo Welt!"
```

**C**

```
#include <stdio.h>

int main() {
    puts("Hallo Welt!");
    return 0;
}
```

**COBOL**

```
000100 IDENTIFICATION DIVISION.
000200 PROGRAM-ID. HELLOWORLD.
000300 PROCEDURE DIVISION.
001000 MAIN.
001100 DISPLAY "Hallo Welt!".
001200 STOP RUN.
```

**Java**

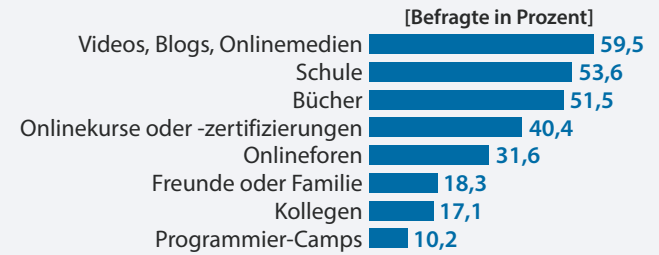
```
class Hallo {
    public static void main( String[] args ) {
        System.out.println("Hallo Welt!");
    }
}
```

**Fortran**

```
program hallo
    print *, "Hallo Welt!"
end program hallo
```

## ► Programmieren lernen

Viele Befragte des Entwicklerforums Stack Overflow haben Programmieren in der Schule gelernt, die meisten aber mit Onlinequellen.<sup>10</sup>



## ► Datenbanken

Unter den Datenbanken liegt bei Stack Overflow Nutzern MySQL vorn. Microsoft SQL Server ist nur bei Profis beliebter als MongoDB.<sup>10</sup>

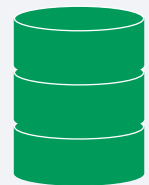
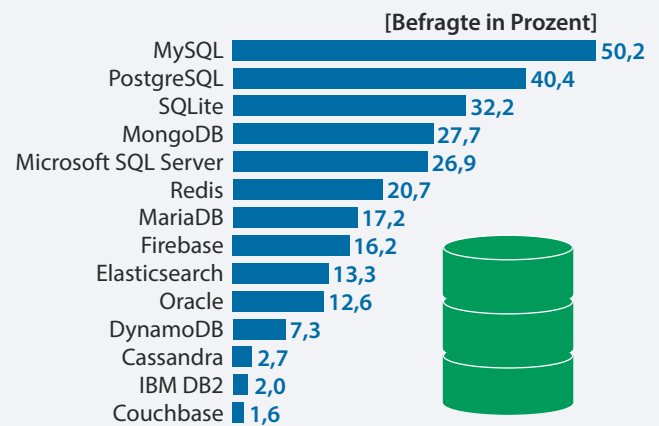




Bild: Thorsten Hübner

# Im Osten nichts Neues

## Propaganda und Zensur im Ukraine-Krieg

**Seitdem Putin mit seiner Armee Ende Februar in die Ukraine einmarschiert ist, mühen sich Ost und West um die Deutungs-  
hoheit über den Krieg. Jede Seite wirft dem Gegner Propaganda vor und versucht, sie mit Zensurmaßnahmen auszubrem-  
sen. Doch der eiserne Nachrichtenvorhang hat Löcher, wie eine Bestandsaufnahme zeigt.**

Von Greta Friedrich, Hartmut Gieselmann und Andreas Schuchardt

Nicht nur in Russland leidet die Pressefreiheit unter Putins Krieg in der Ukraine. Auch in der Ukraine selbst hat sich die Situation der Presse seit der Invasion verschlechtert. Als die Nichtregierungsorganisation Reporter ohne Grenzen (Reporters sans frontières, RSF) Anfang Mai 2022 ihre Rangliste der Pressefreiheit veröffentlichte, zeigte sich das deutlich: Die Ukraine war von Rang 97 auf Rang 106 von insgesamt 180 Ländern gefallen. In dem Land „starben durch die Kriegshandlungen innerhalb weniger Wochen sieben Medienschaffende“ erklärte RSF. Russland fiel von Platz 150 auf Platz 155. Es habe „nach dem Überfall auf die Ukraine die Pressefreiheit im eigenen Land de facto abgeschafft“, so die Einschätzung von RSF.

Selbst in der Europäischen Union und in Deutschland (Platz 16) hat der Krieg

Auswirkungen auf den Zugang zu Informationsquellen. Seit dem 1. März dürfen gemäß der Verordnung 2022/350 des Europäischen Rats die Sender Russia Today (RT) und Sputnik ihre Programme in verschiedenen Sprachen nicht mehr verbreiten. Der Rat begründet dies mit „Propagandaaktionen“, die diese Medien „unter ständiger direkter oder indirekter Kontrolle der Führung der Russischen Föderation“ verbreiteten und damit „eine erhebliche und unmittelbare Bedrohung für die öffentliche Ordnung und Sicherheit der Union“ darstellten. Am 25. Juni kamen durch die Verordnung 2022/994 die Sender Rossiya RTR, Rossiya 24 und TV Centre International hinzu. RT France hatte gegen die vorerst bis zum 31. Januar 2023 gültige Verordnung vor dem Europäischen Gericht (EuG) geklagt und Ende Juli ver-

loren. Anfang Oktober reichte RT France Rechtsmittel beim Europäischen Gerichtshof (EuGH) ein, das Urteil steht noch aus.

Die drastischen Einschränkungen der Pressefreiheit in Russland und in der Ukraine zwingen die dort tätigen Medien und Journalisten zu besonderer Vorsicht – aber auch zu kreativen Gegenmaßnahmen. Ebenso versucht auch Russia Today, das von der EU ausgesprochene Verbreitungsverbot zu umgehen. Unser Überblick verdeutlicht die zugespitzte Lage.

## Sperren in Russland

Gegen kritische Medien ist die russische Führung bereits vor dem Krieg vorgegangen. Im Vorfeld der Parlamentswahl im September 2021 etwa hätten „mindestens fünf kremlkritische Nachrichtenseiten [...] ihre Arbeit einstellen“ müssen und Medien wie „der kremlkritische Sender Doschd, das Nachrichtenportal Meduza und mehrere Investigativ-Seiten“ seien „willkürlich zu ausländischen Agenten erklärt“ worden, heißt es bei RSF. Auf diese Weise gehe Russland auch gegen ausländische Medien vor: Journalisten, die Geld aus dem Ausland bekommen, zählen kurzerhand als „ausländische Agenten“. Dies müssen sie auf ihren Publikationen sowie ihren Beiträgen und Kanälen in sozialen Netzwerken kenntlich machen. Seit dem Jahr 2000 seien unter den Amtszeiten von Putin und Medwedew außerdem laut RSF „mindestens 37 Medienschaffende [...] wegen ihrer Arbeit ermordet“ worden.

Mit Beginn des Krieges wurde das Wort „Krieg“ aus der Berichterstattung russischer Medien gestrichen. Verboten wurden auch die Begriffe „Angriff“ und „Invasion“, nur noch Informationen aus „offiziellen russischen Quellen“ sind erlaubt, also direkt vom Verteidigungsministerium. Berichte über die Truppenmoral oder militärische Verluste unterliegen der Geheimhaltung. Seit dem Einmarsch am 24. Februar sperrte die russische Medienregulierungsbehörde Roskomnadzor 7000 internationale und russische Websites. Die Gesamtzahl der in Russland blockierten Onlinemedien stieg damit laut RSF auf 517.000.

Auch den Zugang zu den sozialen Netzwerken Facebook und Twitter ließ die Behörde einschränken und kremlkritische Stimmen verstummen. So entzog ein Gericht in Moskau der Zeitung Nowaja Gaseta im September ihre Zulassung, weil sie trotz Verwarnung ihr Redaktionsstatut nicht vorgelegt habe. Der Chefredakteur der Nowa-

## c't kompakt

- Der Kreml hat die Pressefreiheit de facto abgeschafft und verfolgt Friedensaktivisten in Russland.
- Die ukrainische Regierung hat elf Oppositionsparteien verboten und schränkt die Pressefreiheit durch eine „einheitliche Informationspolitik“ ein.
- Technische Zensurmaßnahmen in Russland und der EU werden durch gespiegelte Websites, VPN-Zugänge und andere Werkzeuge umgangen.

ja Gaseta, Dmitri Muratow, hatte 2021 den Friedensnobelpreis bekommen und per YouTube zu einer großen Antikriegsbewegung in Russland aufgerufen. Inzwischen ist das Video nicht mehr abrufbar.

Seit den 90er Jahren überwacht die Regierung systematisch die Telekommunikation der Bevölkerung mit dem Überwachungssystem SORM. Es ist quasi das Pendant zum US-amerikanischen Überwachungsprogramm PRISM. Aktuell kann die dritte Generation von SORM auch den Mobilfunk und Internetverkehr protokollieren und speichern. Zwar müssen alle Telekommunikations- und Internetanbieter sogenannte Black Boxes installieren. Laut Fabian Burkhardt von der Stiftung Wissenschaft und Politik gäbe es aber nicht genügend dieser Geräte, weshalb die Überwachung lückenhaft sei. Der russische Inlandsgeheimdienst FSB könne laut RSF jederzeit ohne Gerichtsbeschluss auf die Daten zugreifen. Der Europäische Gerichtshof für Menschenrechte entschied 2015, dass SORM gegen das in Artikel 8 der Euro-

päischen Menschenrechtskonvention garantierte Recht auf Privatsphäre verstößt.

## Drakonische Strafen

Nachdem die Russische Föderation die Onlinedienste von BBC, Deutscher Welle und weiteren westlichen Medien wegen der angeblichen Verbreitung von Falschinformationen gesperrt hatte, folgte Anfang März 2022 ein Paukenschlag: Das Parlament – die Duma – verabschiedete eine Gesetzesänderung, nach der die Verbreitung angeblicher Falschinformationen über die russischen Streitkräfte mit hohen Geldstrafen und bis zu 15 Jahren Haft bestraft werden kann.

Etliche große internationale Medien setzten daraufhin ihre Berichterstattung in Russland vorübergehend aus, da sie die Folgen der Gesetzesänderung zunächst prüfen mussten. Darunter waren ARD und ZDF, aber auch die Sender BBC (Großbritannien) und CNN (USA), die US-Nachrichtenagentur Bloomberg sowie der Sender Rai (Italien) und die Tageszeitung „El País“ (Spanien). ARD und ZDF nahmen ihre Berichterstattung aus Russland einige Tage später wieder auf. Lediglich Berichte über die militärische Lage in der Ukraine sollten von anderen Standorten erfolgen.

Ende März verbot ein Gericht in Moskau die zu Meta gehörenden Dienste Instagram und Facebook in Russland und erklärte sie zu „extremistischen Organisationen“. Der Grund hierfür war, dass Meta Anfang März vorübergehend seine Hausregeln für Hassrede auf Facebook und Instagram geändert hatte. Aufrufe zur Gewalt gegen russische Soldaten wurden auf den Plattformen in einigen Staaten, darunter die Ukraine, nicht mehr sanktioniert. So tolerierte Meta etwa ukrainische Aufrufe wie „Tod den russischen Eindringlingen“ – Aufrufe zur Gewalt gegen russische Zivilisten blieben hingegen verboten.

**Im September entzog ein Bezirksgericht in Moskau der einflussreichen russischen Zeitung „Nowaja Gaseta“ die Zulassung. Zuvor hatte ihr Chefredakteur und Friedensnobelpreisträger Dmitri Muratow in Russland zu einer großen Antikriegsbewegung aufgerufen.**



Bild: Alexander Zemlianichenko/AP/dpa



## Informationspolitik der Ukraine

Bereits vor Kriegsbeginn beklagte die Bundeszentrale für politische Bildung (BpB) 2019 die Situation von Journalisten in der Ukraine: „Gewalt gegen Journalisten bleibt ein ernsthaftes Problem. Obwohl sich die Aufklärungsrate von Verbrechen gegen Journalisten verbessert hat, bleiben noch immer viele Angriffe und sogar Morde ungeklärt.“ Das öffentlich-rechtliche Fernsehen sei drastisch unterfinanziert und habe verschwindend geringe Einschaltquoten. Die vier größten privaten Mediengruppen erreichten hingegen rund 75 Prozent des Fernsehpublikums. Laut BpB gehören sie ukrainischen Oligarchen, die mit ihnen ihre eigenen politischen Interessen verfolgten. Darunter auch Ihor Kolomojskyj, der mit seinem Sender 1+1 den späteren Präsidenten Wolodymyr Selenskyj im Wahlkampf unterstützte.

Nach seiner Wahl sperrte Selenskyj Anfang 2021 zunächst drei Fernsehsender, die der russlandfreundlichen „Oppositionsplattform – Für das Leben“ nahestanden – der zum damaligen Zeitpunkt laut Umfragen mit 20,7 Prozent Unterstützung stärksten Oppositionspartei. Reporter ohne Grenzen kritisierten die Abschaltung, da sie „ohne stichhaltige Belege“ und ohne Gerichtsbeschluss verhängt wurde. Im August 2021 kritisierte die OSZE-Präsidentin Teresa Ribeiro weitere Verbote diverser Zeitungen, darunter Strana, Vedomosti und Moskovsky Komsomolets, als Verstoß gegen internationale Standards für Informationsfreiheit, Meinungsvielfalt und Medienpluralismus.

## Verbot der Opposition

Nach Beginn der russischen Invasion und der Ausrufung des Kriegsrechts wurden neben „Für das Leben“ noch zehn weitere Oppositionsparteien vom Nationalen Sicherheitsrat der Ukraine verboten. Die Frankfurter Rundschau zählt nur zwei der Parteien zum „prorussischen“ Spektrum. Die meisten seien regional aktiv und hätten, ebenso wie parlamentarische Abgeordnete von „Für das Leben“, Putins Invasion verurteilt.

Selenskyj unterschrieb am 20. März ein Dekret, das alle verbliebenen nationalen Fernsehsender zu einer Plattform zusammenlegen sollte, um eine „einheitliche Informationspolitik“ zu gewährleisten. „Es sollen keine Informationen verbreitet werden, die nicht dem Interesse der Ukraine im Krieg dienen, beziehungsweise die Verteidigung untergraben könn-

ten“, kritisierte Deutschlandfunk-Korrespondent Peter Sawicki die Zensurmaßnahmen zur Nachrichtenkontrolle.

Die ukrainische Regierung begründete die Verbote mit der Abwehr russischer Propaganda und dehnte diese Einstufung auf nahezu alle russischsprachigen Bücher aus. So meldete das ukrainische Institute for Mass Information (IMI) Ende Mai, dass 100 Millionen russischsprachige Bücher aus den öffentlichen Bibliotheken so schnell wie möglich entfernt werden sollen – die Hälfte des gesamten Bestands. Die Direktorin des staatlichen Ukrainischen Buch-Instituts (UIK), Oleksandra Koval, bezeichnete im Interview mit der Nachrichtenagentur Interfax die Klassiker von Alexander Puschkin und Fyodor Dostojewsky als „schädliche Literatur“, die aus den öffentlichen und schulischen Bibliotheken ebenso entfernt werden müsste wie „Kinderbücher, Liebes- und Kriminalromane“ neuerer Autoren, die nach 1991 geschrieben wurden. Einzig wissenschaftliche Beiträge in russischer Sprache wolle man vorerst verschonen, solange es keinen Ersatz von ukrainischen oder internationalen Autoren gebe.

Ähnlich rigoros geht die ukrainische Regierung gegen russischsprachige Online-Medien vor. Mitte Oktober berichtete das IMI, dass die ukrainische IT-Armee über 2400 russische Websites in nur zwei Wochen gesperrt habe, „darunter auch Propaganda-Medien“. Angesichts des kurzen Zeitraums ist es fraglich, ob und in welchem Umfang inhaltliche und juristische Prüfungen stattfanden, oder allein die Sprache ausschlaggebend war.

## Kritik von Amnesty International

Sogar Amnesty International wurde von Präsident Selenskyj verbal attackiert, als die Menschenrechtsorganisation Anfang August einen kritischen Bericht publizierte.

Darin klagt Amnesty International ukrainische Truppen an, die den Recherchen der Organisation zufolge aus Schulen und Krankenhäusern heraus russische Stellungen angriffen. „Wir sehen hier ein Muster, mit dem die ukrainischen Truppen bei ihren Einsätzen aus Wohngebieten heraus die Zivilbevölkerung in Gefahr bringen und das humanitäre Völkerrecht verletzen“, erklärte Amnestys Generalsekretärin Agnès Callamard. Dies sei selbst angesichts des völkerrechtswidrigen Angriffskrieges und der Kriegsverbrechen der russischen Armee nicht zu rechtfertigen. Die ukrainische Sektion von Amnesty hat den Bericht auf ihrer Website nicht veröffentlicht.

„Die Ukraine ist ohne Zweifel Ziel massiver Desinformationskampagnen aus Russland, in denen tendenziöse Berichte, bewusste Verzerrungen, ja sogar offene Falschmeldungen eingesetzt werden“, kommentierte Christian Mihr, Geschäftsführer von Reporter ohne Grenzen, die Gesamtsituation. „Dennoch müssen alle Maßnahmen, um sich gegen diese Desinformation zu verteidigen, demokratisch legitimiert und verhältnismäßig sein. Sie dürfen nicht als Vorwand dienen, um gegen die Opposition vorzugehen oder unabhängige Berichterstattung und Meinungpluralismus einzuschränken.“

## Russische Opposition

Besonders in den Kriegsgebieten der Ukraine müssen Journalisten um ihr Leben fürchten. Reporter ohne Grenzen zählt vom Beginn der russischen Invasion bis Anfang Juni allein acht getötete Medienschaffende und 14 weitere Verletzte. RSF dokumentiert über 50 Angriffe, bei denen mehr als 120 Journalisten und Reporter von russischen Streitkräften bedroht, verprügelt oder verschleppt wurden, um sie zur Kollaboration zu zwingen.



Die Generalsekretärin von Amnesty International, Agnès Callamard, kritisierte die Gefährdung von Zivilisten durch Angriffe ukrainischer Truppen aus Krankenhäusern und Schulen heraus. In der Ukraine erschien der Bericht allerdings nicht.

Dass sich auch in Russland nicht alle Medien an die Zensuraufgaben des Kremls halten, sondern Putins Einmarsch verurteilen, zeigt ein RSF-Bericht über zahlreiche Übergriffe russischer Sicherheitskräfte und Festnahmen von Reportern, Bloggern und YouTubern. Sie hatten nach der Teilmobilmachung Ende September über Demonstrationen und Proteste berichtet sowie Einberufene interviewt.

Um den Zugang zu freien Informationen in Russland zu erleichtern, spiegelt Reporter ohne Grenzen beispielsweise die in Russland geblockten Websites der Deutschen Welle, von Kawkaskij Usjel (Der kaukasische Knoten) sowie die des russischen Exilmediums Meduza. Die gespiegelten Seiten liegen auf Cloud-Servern großer internationaler Anbieter (Content Delivery Network). Um die Websites dort zu sperren, müsste die russische Führung die gesamten Cloud-Server blockieren – würde damit aber auch ihre eigenen Dienste und die russischer Unternehmen vom Netz nehmen.

### Lottozahlen auf Twitter

Seit März betreibt RSF in Russland, der Türkei und Brasilien die Kampagne „The Truth Wins“. Hierbei nutzt die Organisation die Gewinnzahlen nationaler Lotterien als Zugangscodes für länderspezifische Kanäle auf Twitter. Wer die Lottozahlen hintereinander als langen Code in der Twitter-Suche eingibt, gelangt zum jeweiligen Kanal „mit unabhängigen Nachrichten, zensierten Nachrichtenartikeln und Augenzeugenberichten von führenden Medienschaffenden, die zur Zielscheibe ihrer Regierungen wurden.“ Da sich die aktuellen Lottozahlen regelmäßig ändern und nicht vorhersehbar sind, können die wöchentlich neu aufpoppenden Kanäle nicht einfach dauerhaft zensiert werden.

Aber auch Hacker wurden gegen Desinformation in Russland aktiv. Im Frühjahr nutzten Aktivisten digitale Werbeanzeigen, um Menschen in Russland über den Krieg in der Ukraine zu informieren. Auch über Bewertungen auf der russischen Suchmaschine Yandex wurden Informationen übermittelt. Im Juni platzierten Hacker eine Anti-Kriegs-Botschaft auf den Websites staatlicher russischer Fernsehsender. Bei diesem Katz-und-Maus-Spiel mit den russischen Zensoren müssen sich die Aktivisten aber immer wieder neue Taktiken überlegen. Als die Regulierungsbehörde Roskomnadzor von den Anzeigenkampagnen erfuhr, forderte sie Alpha-



Bild: Reporter ohne Grenzen

**Christian Mihr ist Geschäftsführer von Reporter ohne Grenzen, die unter anderem gesperrte Websites über Content Delivery Networks spiegeln.**

bet auf, diese zu stoppen. Google und YouTube hörten daraufhin ebenso wie Twitter und Facebook Anfang März auf, Online-Anzeigen in Russland zu verkaufen.

Nach dem Verbot der Deutschen Welle (DW) in Russland rief der DW-Intendant die Zuschauer und Leser in Russland auf, die Websperren mit verschiedenen Tools zu umgehen. So hat die Deutsche Welle in ihrer Smartphone-App einen Proxy-Server eingerichtet. Falls die App gesperrt ist, empfiehlt DW den Tor-Browser mit aktivierter Bridge-Funktion, um im Netz jenseits der Sperren zu surfen.

Alternativ funktioniert auch das Open-Source-Tool Psiphon von der Universität Toronto. Im Unterschied zu gewöhnlichen VPN-Diensten nutzt Psiphon verschiedene Verbindungsprotokolle und Wege, um eine Datenverbindung mit einer verbotenen Website zu verschleiern. Unter iOS bietet Psiphon dazu sogar einen eigenen Browser an. Wie gut das funktioniert, bestätigte die Deutsche Welle anhand der stark erhöhten Abrufe ihrer russischsprachigen Webseiten.

### Russia Today umgeht Sperren

Dieselben Internetwerkzeuge, die der Deutschen Welle in Russland helfen, ihr Programm und ihre Informationen zu verbreiten, nutzen auch Russia Today innerhalb der EU. Infolge der anfangs erwähnten Verordnung haben Internet- und Social-Media-Plattformen wie Facebook, YouTube und sogar TikTok die offiziellen RT-Kanäle gesperrt. Gleiches gilt für Podcast-Plattformen wie Apple und Spotify.

Deutsche Internet-Provider haben die URL-Zuordnungen der offiziellen RT-Seiten von ihren DNS-Servern gelöscht. Al-

ternative DNS-Anbieter wie das US-Unternehmen Cloudflare taten dies jedoch nicht. Bei den Suchmaschinen erhielten wir bei einer Stichprobe unterschiedliche Ergebnisse. Google und Bing zeigten gespiegelte Websites gleich unter den ersten Treffern an, DuckDuckGo verwies auf einen Newsfeed sowie den Social-Media-Auftritt im russischen VK-Netzwerk.

So können selbst technische Laien mit ein paar Handgriffen und einem anderen DNS-Server oder einer alternativen Suchmaschine sowie den von der Deutschen Welle empfohlenen Werkzeugen an von EU-Sperren betroffene Inhalte gelangen. Russia Today verschickt an seine Leser zudem tägliche E-Mail-Newsletter und hält mit ihnen auf alternativen Social-Media-Plattformen Kontakt.

### Strategien im Informationskrieg

Technisch sind derlei Ausweichmanöver kaum zu unterbinden, ohne das eigene Land vom Internet abzukoppeln oder sämtlichen Datenverkehr staatlich zu filtern. Ohnehin kritisierten Reporter ohne Grenzen wie auch zahlreiche Juristen die Sperrung als unverhältnismäßig, unter anderem weil Russia Today kaum Einfluss auf die öffentliche Meinungsbildung in Europa habe. Das mag auch ein Grund sein, warum die Schweiz den Sender bislang gewähren lässt.

Die Diskussion um den Einfluss des Kremls und Warnungen vor „Fake News“ sorgen aber zumindest für eine öffentliche Sensibilisierung. Darauf passt auch Russia Today seine Meldungen an. Deshalb zitiert RT oft westliche Quellen mit hoher Reputation wie das Wall Street Journal, die FAZ oder die BBC, um die eigene Sicht der Dinge zu untermauern und Brüche in der Kriegsberichterstattung der Ukraine oder der deutschen Regierungspolitik aufzuzeigen.

Solche Strategien sind im Informationskrieg altbewährt, unterlaufen sie doch die Bemühungen des Gegners um eine einheitliche, von ihm kontrollierbare Informationspolitik. Unliebsame Meldungen, die der jeweils eigenen Seite schaden, fallen dabei schlicht unter den Tisch. Um sich einen möglichst ungefilterten Überblick zu verschaffen, kommt man deshalb nicht umhin, Meldungen von beiden Seiten der Front zu analysieren und auf ihren Wahrheitsgehalt abzuklopfen. Die in diesem Überblick erwähnten Quellen und zitierten Berichte finden Sie unter [ct.de/yn8a](https://ct.de/yn8a). (hag@ct.de) **ct**

**Quellen und Berichte:** [ct.de/yn8a](https://ct.de/yn8a)



Bild: Gerhard Seybert | iStock.adobe.com

# Irgendwie, irgendwo, irgendwann

## Was den Breitbandausbau in der Fläche hemmt

**Kaum hat der Ausbau der Glasfasernetze ein wenig Fahrt aufgenommen, stockt die Förderung. Auch Haftungsfragen, Telekom-Altlasten in Mietwohnungen und Unterkapazitäten bei der Bauwirtschaft bremsen den schnellen Ausbau der neuen Technik aus.**

Von Falk Steiner

**S**traße oder Bürgersteig auf, Glasfaser rein, und schon surft man mit einem Gigabit los: So einfach klingt der Glasfaserausbau, wenn ein freundlicher Werber vor der Tür steht und die Vorzüge der

neuen Technik anpreist. Und tatsächlich werden immer mehr Kabel in die Erde gelegt: 12,3 Millionen Glasfaser-Anschlüsse sollen Ende des Jahres in Deutschland verfügbar sein, schätzt der Verband der Anbieter von Telekommunikations- und Mehrwertdiensten (VATM).

Dass der Glasfaserausbau Fahrt aufnimmt, liegt auch am sogenannten Graue-Flecken-Förderprogramm. Damit unterstützt die Bundesregierung den Ausbau in Gebieten, die bislang mit weniger als 100 Mbit/s Bandbreite ans Internet angeschlossen waren. 2022 stellt der Bund gut 3 Milliarden Euro für graue Flecken zur Verfügung, genauer gesagt: stellte. Denn Mitte Oktober meldete das zuständige Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) plötzlich und für viele Beteiligten überraschend, dass der Förder-

topf für das Jahr 2022 nun leer sei und neue Anträge durch Kommunen nicht mehr angenommen würden.

### **Und plötzlich hieß es: Stopp.**

Bislang wurden die Fördersummen für den Internetausbau nie vollständig abgerufen, der Bundeshaushalt schleppte teils dreistellige Millionensummen über Jahre mit sich. Doch nun war Mitte Oktober plötzlich Schluss, nachdem binnen einer Woche 450 Millionen Euro beantragt worden waren. Alle diese Anträge sollen noch abgearbeitet werden, so das Digitalministerium. Die meisten einmal gestellten Anträge werden erfahrungsgemäß dann auch bewilligt. „Gebunden“, seien die Mittel dann, heißt es im Amtsdeutsch – selbst, wenn vom Antrag bis zum tatsächlichen Bau oft zwei oder mehr Jahre vergehen.



Was bedeutet der Run auf die Fördergelder also ganz praktisch? In gewisser Weise ist er eine gute Nachricht: Endlich könnte sich wirklich etwas beim Breitbandausbau tun, insbesondere in bislang unterversorgten Gegenden. Haupttreiber der Entwicklung sind neben den Bundes- und Länderförderprogrammen die privaten Telekommunikationsunternehmen. In vielen Nachbarschaften stehen nun große Kabeltrommeln, werden Bürgersteigpflaster geöffnet und neue Verlegeverfahren angewandt. Dazu zählt zum Beispiel das sogenannte Trenching, bei dem sich Glasfaserkabel schnell und vergleichsweise günstig in den Boden einbringen lassen.

Vor allem die Bauwirtschaft gilt bislang als der Flaschenhals: Die Tiefbaukapazitäten sind insgesamt knapp, allerdings mit einigen regionalen Unterschieden, wie der Deutsche Städte- und Gemeindebund betont. Und genau vor dieser Situation hat das BMDV unter Volker Wissing (FDP) nun anscheinend Angst: „Mehr Fördermittel führen nicht automatisch zu einem schnelleren Ausbau“, heißt es aus dem Ministerium. „Die Umsetzung der Förderprojekte erfolgt ebenfalls durch die Kapazitäten der Telekommunikationsunternehmen und der Bauwirtschaft, die dann für eigenwirtschaftlichen Ausbau nicht mehr verfügbar sind.“ Soll heißen: Wenn zu viel gefördert wird, erhöht das nur die Kosten für den Bund – beschleunigt aber den Breitbandausbau nicht.

Seit Amtsantritt hatten Wissing und sein Haus vor einer solchen Situation immer wieder gewarnt und betont, dass Anträge gegebenenfalls priorisiert werden müssten. Und das sei Aufgabe der Bundesländer – die müssten schließlich wissen, wo der Ausbau am nötigsten ist. Die Länder wiederum zeigten sich nach dem Förderstopp im Oktober entsetzt: „Ein plötzlicher Stopp der Gigabitförderung entzieht den Ausbauplänen vieler Kommunen insbesondere im ländlichen Raum den Boden und sendet ein völlig falsches Signal“, beschwerte sich etwa Bayerns Digitalstaatsministerin Judith Gerlach (CSU) per Brief bei ihrem Amtskollegen in der Bundeshauptstadt.

Ja, der Antragsstopp sei von Nachteil für Kommunen, deren Antrag jetzt noch nicht eingereicht worden sei, sagt auch Christian Pegel (SPD), Innen-, Bau und Digitalminister in Mecklenburg-Vorpommern. In der Praxis ändere sich für sein Bundesland allerdings wenig: „Es droht kein Stillstand des Breitbandausbaus, weil

die Landkreise und kreisfreien Städte bei uns noch mitten in der Abwicklung der Projektgebiete aus dem Weiße-Flecken-Programm mit entsprechender Bindung der Kapazitäten stehen“, sagt Pegel.

Damit meint er das Programm, das bis 2021 galt: Damals durfte der Ausbau nur dort gefördert werden, wo weniger als 30 Mbit/s zur Verfügung standen. 2021 waren 17 neue Projektgebiete für das Ostseeküstenland beantragt worden – mit dem vorläufigen Ergebnis, dass 13 davon noch beabsichtigt werden, jedoch in keinem bislang gebaut wird, berichtet Pegel.

Auch die Privatwirtschaft und ihre Verbände sehen im Stopp der Förderanträge kein großes praktisches Problem. Der Leiter des Hauptstadtbüros des Verbands für Breitbandkommunikation Sven Knapp sagt: „Wir erwarten gar keine praktischen Auswirkungen des aktuellen Förderstopps, denn rund 90 Prozent des gesamten Glasfaserausbaus erfolgen rein privatwirtschaftlich. Und der eigenwirtschaftliche Ausbau läuft unter Volllast weiter.“

## Neue Regeln im Frühjahr

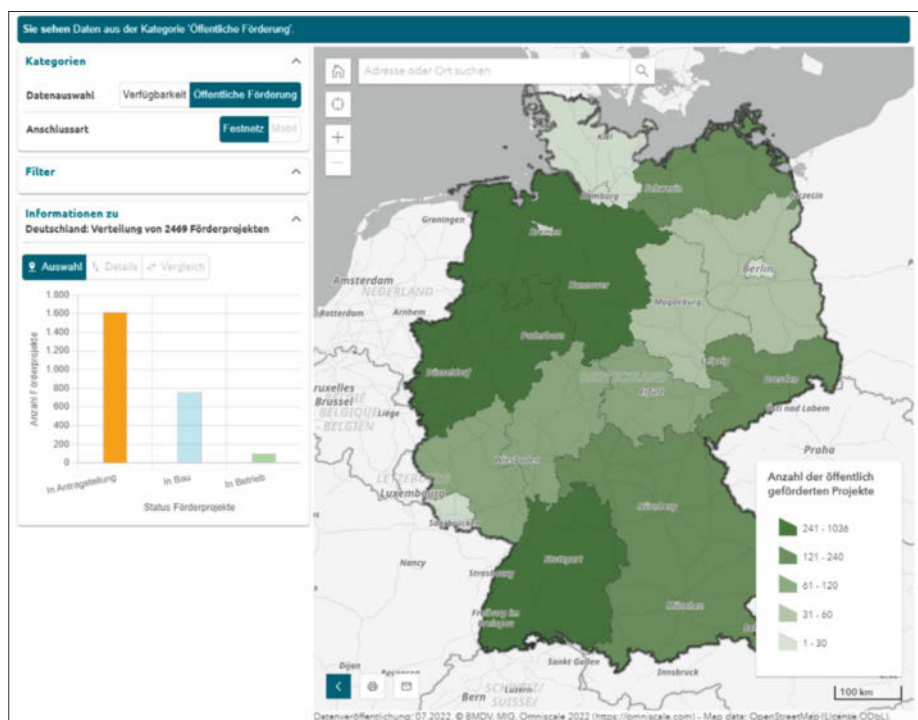
Das Digitalministerium habe den Ansturm unterschätzt, sagt Jürgen Grütznert vom VATM. Dass jetzt so viele Anträge eingereicht worden seien, wäre selbstverschuldet: „Hintergrund ist, dass die ausgelösten

## c't kompakt

- Die aktuelle Förderung der Bundesregierung für schnelle Glasfaseranschlüsse ist ausgelaufen.
- Eine Potenzialanalyse soll ermitteln, nach welchen Bedingungen der Glasfaserausbau 2023 gefördert werden soll.
- Der schleppende Ausbau der Glasfasernetze hat viele weitere Ursachen – nicht zuletzt die Unsicherheit, wer bei Problemen mit neuen Verlegeverfahren wie Trenching haftet.

Markterkundungsverfahren ein Jahr lang für spätere Förderanträge genutzt werden können. Man wollte neuen Regelungen ganz offenkundig zuvorkommen.“ Die Kommunen wollten also sichergehen, ihre Verfahren nicht ganz neu und nach neuen Bedingungen starten zu müssen – und haben vorsorglich auf Absenden gedrückt.

Denn genau solche neuen Förder Richtlinien bereitet das Digitalministerium bereits seit längerem vor. Die sogenannte Aufgreifschwelle beispielsweise soll in Zukunft entfallen. Statt 30 oder 100 Mbit pro



**Laut Breitbandatlas der Netzentur ist nur ein Bruchteil der geförderten Glasfaseranschlüsse bereits nutzbar.**

Sekunde soll es also künftig egal sein, wie schnell die bislang vorhandenen Anbindungen sind. Auf diese Weise will die Regierung auch Gebiete zum Beispiel mit TV-Kabelnetzen in die Förderung einbeziehen, wenn diese nicht gigabitfähig ausgerüstet wurden und diese Aufrüstung auch nicht in absehbarer Zeit geplant ist.

Statt der Aufgreifschwelle sollen andere Kriterien sicherstellen, dass schneller und besser ausgebaut werden kann, wo es sich für Unternehmen nicht rechnet. Kernstück der neuen Ausbauförderung soll dabei die sogenannte Potenzialanalyse werden. Mit ihr soll das Wissenschaftliche Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste (WIK) im Auftrag des BMDV vorausberechnen, wo die Telekommunikationsunternehmen künftig wahrscheinlich auf eigene Kosten ausbauen werden und wo dies nicht der Fall sein wird – und der Bedarf groß sei.

Mit statistischen Modellen, die beispielsweise die Haushaltsdichte pro Straßenkilometer berücksichtigen, lasse sich eine bessere Grundlage für Investitionsentscheidungen schaffen. Das hatte das WIK in einem Arbeitspapier im April vorgerechnet. Vor allem dünner besiedelte ländliche Gebiete mit komplizierten geologischen Umgebungen – große Wälder oder bergiges Terrain – könnten davon profitieren: Hier rechnet sich der Ausbau für Telekommunikationsunternehmen auf absehbare Zeit schlicht nicht.

Ein weiteres Ziel der Potenzialanalyse ist dabei neben der Priorisierung von Fördergeldern, dass künftig größere Gebiete zusammenhängend gefördert werden sollen: Aus dem Bundesdigitalministerium ist zu hören, dass es in Zukunft möglichst den Ausbau ganzer Gemeinden fördern will.

### Wo gibt es Potenzial?

„Länder und kommunale Spitzenverbände sehen die Potenzialanalyse bisher als stark fehlerbehafteten Ansatz, deren derzeitiger Qualitätsstand keine Gesprächsgrundlage bieten kann“, gibt Alexander Handschuh vom Deutschen Städte- und Gemeindebund zu bedenken. Der Kommunalverband hoffe daher auf den neuen Vorschlag. Eines aber wollen die Kommunen auf keinen Fall: dass die bislang vorhandene Bandbreite eine größere Rolle für die Fördermöglichkeiten erhält. Hier sei ein politischer Konsens nötig.

Jürgen Grützner vom VATM hält wenig davon, die vorhandene Bandbreite



Foto: Fabian Sommer/dpa

### Digitalminister Volker Wissing (FDP) lässt neue Richtlinien für die Förderung von Glasfaseranschlüssen ausarbeiten.

auszuklammern. Gebiete sollten „unbedingt zusätzlich priorisiert werden, in denen die Versorgung unterhalb von 100 Mbit/s liegt“, sagt der Wirtschaftsvertreter. Dann bekämen die Kommunen, die es am dringendsten brauchen, die Förderung und damit den Ausbau zuerst.

Wenn Ende 2022 die Potenzialanalyse vorliegt, dürfte die Diskussion erst so richtig losgehen. Staatssekretäre und Minister auf Bundes- und Länderebene werden dann verhandeln, welche Kriterien genau für die zukünftige Breitbandausbauförderung gelten sollen. Einige Bundesländer wollen verhindern, dass nur die Potenzialanalyse maßgeblich sein soll – denn das könnte dazu führen, dass vor allem Gebirgsregionen gefördert werden, Stadtstaaten und dünn besiedelte, aber technisch leicht erschließbare Bundesländer jedoch leer ausgehen.

Wann diese Diskussionen abgeschlossen sein werden, ist offen. Damit, dass dies vor dem zweiten Quartal 2023 der Fall sein könnte, rechnet jedoch kaum einer der Beteiligten. Für Alexander Handschuh vom Städte- und Gemeindebund ist das ein Ärgernis: Wer seinen Antrag noch nicht einreichen konnte, wisse jetzt noch nicht, welche Fördersystematik auf ihn warte – bei den Kommunen führe das zu Frust.

Relativ fix ist hingegen das Fördervolumen des Bundestopfes. 2023 sollen wieder etwa 3 Milliarden Euro Fördermittel aus dem Bundeshaushalt zur Verfügung stehen, wie schon 2022.

Aus Sicht der Länder und Kommunen kann der Betrag kaum hoch genug sein. Ganz anders sehen das die Telekommunikationsunternehmen: „Die Wirtschaft hatte immer wieder darauf hingewiesen,

dass drei Milliarden Euro Fördermittel nicht zeitnah verbaut werden können“, sieht VATM-Geschäftsführer Jürgen Grützner hier das Hauptproblem. Sie habe auch immer wieder gewarnt, dass mit der Förderung nicht sinnvoll ausgebaut werde: Statt sukzessive Orte anzuschließen, die entlang einer Trasse liegen, seien bislang einzelne Orte durch die Förderung vorgezogen und die Kosten damit erhöht worden.

Dass die Mittel nicht verbaut werden könnten, kreidet Grützner hauptsächlich der Baubranche an. Die baue kaum zusätzliche Kapazitäten auf und verhindere lieber schnellere Verlegungsmethoden, statt neue Maschinen anzuschaffen. Was der Interessenvertreter damit meint: Maschinen, mit denen vor allem neue Verlegungstechniken wie das Trenching schneller möglich werden. Um solche „mindertiefen Verlegungstechniken“ tobt seit Jahren ein wilder Kampf, denn es geht um eine der vielleicht teuersten aller Fragen: Wer haftet, wenn die Bauausführung binnen zehn Jahren Schäden verursacht?

### Diskussion statt Ausbau

Nicht nur, dass die Realität im Untergrund des Straßenlandes gerade in altem Siedlungsbestand nicht immer normgerecht ist, Gas-, Wasser-, Abwasserrohre, Telefon- und Stromkabel also nicht in der jeweils vorgesehen Tiefe liegen. Auch von einem „kaum darstellbaren Preisniveau“, das sich die Telekommunikationsanbieter wünschen, berichtete etwa der Rohrleitungsverband 2020. Der Kostendruck führe zu unqualifizierten Auftragnehmern und Schäden an den Füllstellen aufgefräster Straßen.

Das Problem liege darin, dass es bislang keine „anerkannten Regeln der Technik“ für solche Verfahren gebe, berichtet Alexander Handschuh vom Städte- und Gemeindebund. Betroffene Kommunen könnten Schadensersatzansprüche daher kaum durchsetzen: „Niemand will sich seine Straße zerstören lassen und dann auf den Schäden sitzenbleiben, weil der Nachweis eines Fremdverschuldens nicht erbracht werden kann.“ Denn die Kommunen sind für die Instandhaltung der Straßen auch dann zuständig, wenn diese durch Dritte beschädigt werden – zugleich aber müssen sie die Verlegung von Telekommunikationsinfrastruktur im Regelfall erlauben.

Bayerns Digitalstaatsministerin Judith Gerlach etwa fordert von Volker Wissing deshalb einen Haftungsfonds. „Die Finanzierung des Haftungsfonds soll



dabei durch den Bund ohne Beteiligung der Netzbetreiber erfolgen“, so Gerlach in ihrem Brief an den Minister. Ob ein solcher kommen soll, wird von Wissings Haus derzeit geprüft. Doch auch ein anderer Weg könnte das Problem reduzieren.

Denn eine deutsche Lösung für dieses sehr deutsche Problem ist natürlich die Normierung: Bereits seit zwei Jahren arbeitet der DIN-Normenausschuss Bauwesen an der Norm „NA 005-10-11 AA Trench-, Fräs- und Pflugverfahren zur Legung von Glasfaserkabeln“. Sie soll nun Frieden schaffen zwischen den Beteiligten und festlegen, wie Trenching in Deutschland fachgerecht ausgeführt sein muss.

Von dieser Norm erhoffen sich die Beteiligten einen großen Schub: „Eine anwenderfreundliche Normierung alternativer Verlegungsmethoden ist ein wichtiger Schritt, um bestehende Vorbehalte in den Bauämtern abzubauen und so zur Vereinfachung und Beschleunigung der vielen aktuell anstehenden Genehmigungsverfahren beizutragen“, sagt Sven Knapp vom Breitbandverband Breko. Alexander Handschuh vom Städte- und Gemeindebund sieht in der DIN-Norm gemeinsam mit neuen Regelungen im Telekommunikationsgesetz auch einen ausreichenden Haftungsrahmen. Wenn diese Norm kommt, sei ein Haftungsfonds nicht mehr ganz so dringlich.

## Der Endgegner: FTTH

Auch wenn politisch gerne von Glasfaseranschlüssen gesprochen wird: Die Kabel bis zu den Häusern zu verlegen, ist noch längst nicht das Finale. Ein Gebäude oder die darin befindlichen Wohneinheiten anzuschließen (Fachbegriffe: Fiber to the building, FTTB und Fiber to the home, FTTH), bleibt aber kompliziert.

Das liegt daran, dass bei Bestandsbauten immer auch Baumaßnahmen nötig sind: „In der ersten Ausbauwelle werden Eigentümern auch kostenlose Hausanschlüsse angeboten“, berichtet die Haus- und Grund-Justiziarin Inka-Marie Storm. „Davon zu unterscheiden ist aber der Ausbau der Gebäudeinfrastruktur. Dieser ist regelmäßig nicht kostenlos. Ist der Gebäudeausbau aufwendig, sind Gebäudeeigentümer tendenziell zurückhaltend.“ Sprich: Wo verlegtes Kupfer oder Koaxialkabel raus und Glasfaserkabel hineinsollen, drohen Dreck, Schmutz, Ärger mit Mietern und weitere Kosten.

Und die versuchen Vermieter zu vermeiden. „Grundsätzlich sind FTTB oder

FTTH die technisch modernste Lösung und von daher auch sinnvoll und erstrebenswert“, sagt Marko Rostock von Deutsche Wohnen. „Aus unserer Sicht bieten jedoch auch Hybridsysteme schnelle Anschlüsse für unsere Mieterinnen.“ Hybridsysteme, das meint DSL oder Kabelanschlüsse – und gerade die sind noch auf Jahre hinaus ein Problem.

Denn theoretisch darf ein Vermieter Kosten für den Ausbau von neuer Inhouse-Verkabelung mit Glasfaser über Jahre auf seine Mieter umlegen lassen: Höchstens neun Jahre lang darf er bis zu 60 Euro jährlich pro Wohneinheit vom Anbieter auf die Mieter umlegen. Dieses Glasfaserbereitstellungsentgelt soll eigentlich dafür sorgen, dass Vermieter möglichst nicht auf Kosten sitzenbleiben.

Allerdings bleibt das in vielen Fällen graue Theorie: Denn bislang legen die Vermieter oft noch die Kosten für Kabelnetzbetreiber um, die ihrerseits auf eigene Kosten die Hausinfrastruktur mit Koaxialkabeln errichtet haben – im Gegenzug dafür müssen Mieter für Kabel-TV-Signal und Kabelbreitband über die Betriebskosten bezahlen. Bei einer Novelle des Telekommunikationsgesetzes wurde zwar beschlossen, dass ab Mitte 2024 Verträge von vor 2021 ohne Schadenersatz gekündigt werden können. Aber: „Diese Verträge haben regelmäßig Laufzeiten von sechs bis zehn Jahren und werden auch noch bis weit nach 2025 laufen“, berichtet Haus und Grund-Justiziarin Storm. Und das Gesetz habe eine entscheidende Einschränkung: Das Recht zur Kündigung könne ausgeschlossen sein – worum sich die Kabelnetzbetreiber rechtzeitig gekümmert hätten.

**Beim Trenching, wie es etwa die Telekom für den Ausbau ihrer Netze verwendet, schneiden spezielle Fräsen Schneisen für die Kabel in den Untergrund. Diese Verlegetechnik ist verhältnismäßig günstig und schnell.**

Ein weiteres Problem, das die Wohnungswirtschaft betrifft, soll mittelfristig gelöst werden: Dass auch die Eigentümer regelmäßig nicht wissen, ob Glasfaser überhaupt in der Nähe anliegt, wie Marko Rostock von Deutsche Wohnen berichtet, „weil beispielsweise aus Grundstückseigentümergeklärungen nicht unbedingt der technische Standard hervorgeht“.

Das soll mit dem sogenannten Gigabit-Grundbuch schrittweise anders werden. In einem zentralen Datenportal sollen alle relevanten Daten der Katasterämter und von TK-Unternehmen sowie zu Leerrohren, Mitverlegekapazitäten, zum Mobilfunkausbau und weiteren relevanten Daten wie Grundbuchauszügen verknüpft und verfügbar werden. Das Portal soll schrittweise erst ab 2023 starten, die Bundesnetzagentur wird es betreiben.

## Der Glasfaserausbau bleibt eine Großbaustelle

Es wird also noch dauern, bis aus dem Glasfaserausbau in der Fläche auch tatsächlich viele neue Glasfaseranschlüsse bei den Endnutzern entstehen. Von den 12,3 Millionen Glasfaseranschlüssen, die laut VATM theoretisch Ende 2022 verfügbar sein sollen, werden dann nur 3,8 Millionen auch tatsächlich aktiv sein. Minister Volker Wissings Ziel, bis 2025 bei 50 Prozent Glasfaseranschlüssen zu landen, wackelt nach einem Jahr im Amt bereits enorm. Ein Glück, dass er damit doch nur die Leitungen vor den Gebäuden gemeint haben will: Dieses Ziel nutzt zwar wenig, ist aber zumindest erreichbar. (jo@ct.de) **ct**

**Statistiken zum Breitbandausbau:**  
[ct.de/yunh](https://www.ct.de/yunh)

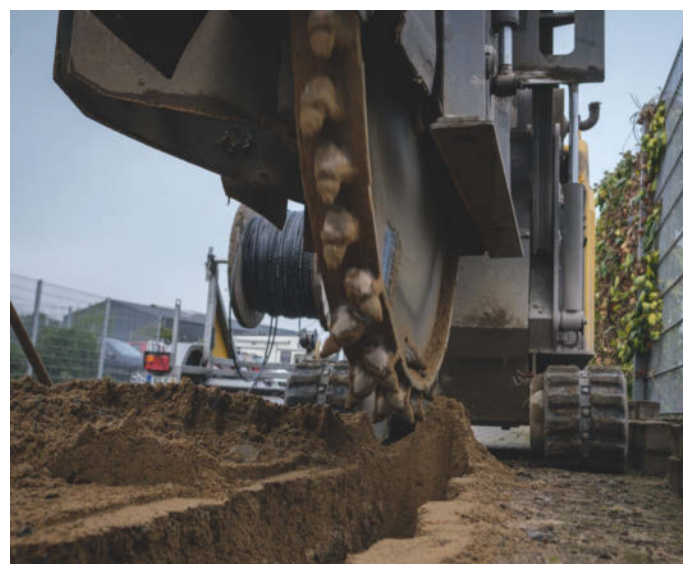


Bild: Telekom



# Verrammelt und verriegelt

## Die Sicherheitsmechanismen von Android 13 und Pixel-Smartphones

**Auf Datenschutz und Sicherheit wird beim Kauf eines Smartphones selten geachtet. Dabei unternimmt Google einiges, damit Android allgemein und die hauseigenen Pixel-Smartphones im Speziellen als Datentresor taugen. Wir geben einen Überblick über die Sicherheitsfeatures wie Titan M, TrustZone und „Private Compute Core“.**

Von Stefan Porteck

Auf Smartphones lagern Informationen, von denen man sich tunlichst wünscht, dass sie niemals in falsche Hände gelangen: Die Geräte dienen als Fotoapparat und Fotoalbum gleichermaßen und speichern private und dienstliche Chats und Mails. Zudem liegen auf vielen Smartphones VPN-Zugänge zu Firmennetzwerken, sensible Bewegungs- und Gesundheitsdaten und nicht zuletzt ein Abbild des eigenen Fingerabdrucks.

Das Smartphone schickt sich auch an, die Brieftasche und den Schlüsselbund zu ersetzen: Es öffnet Autos und Haustüren, speichert Fahr- und Eintrittskarten und dient beim Bezahlen als virtuelle Kreditkarte.

Das macht Smartphones zu lohnenswerten Angriffszielen: Ein verlorenes oder geklautes Gerät bedeutet heutzutage nicht nur, dass ein paar Fotos und der WhatsApp-Verlauf futsch sind, sondern auch, dass morgen vielleicht das Konto leer ist, wenn das Handy geheime Schlüssel nicht geheim hält. Wir haben deshalb einen Blick darauf geworfen, wie Google bei An-

droid allgemein und speziell bei seinen Pixel-Telefonen die Sicherheit erhöht und die Privatsphäre der Nutzer schützt.

### Ein Chip, sie zu schützen

Wer Sicherheit hört, denkt vielleicht an Hacker, die mithilfe von Malware versuchen, Passwörter zu ergaunern oder über einen Root-Zugriff die Kontrolle über das Smartphone zu übernehmen und so beispielsweise Online-Banking-Aufträge zu manipulieren.

Gegen solche Angriffe kommen bei modernen Android-Handys mehrere Hard- und Software-Maßnahmen zum Einsatz. Google als oberster Entwickler von Android treibt das Thema Security voran und verspricht bei seinen eigenen Smartphones der Pixel-Baureihe ein besonders hohes Datensicherheitsniveau: Seit den Pixel-Modellen der sechsten Generation integriert Google kein System-on-Chip (SoC) von Drittanbietern, wie etwa die Snapdragon-Chips von Qualcomm, sondern ein zusammen mit Samsung entwickeltes SoC namens Tensor. Es enthält neben der ARM-CPU mit acht Kernen auch zwei dedizierte Sicherheitskerne.

Eine wesentliche Rolle bei der Sicherheit der Pixel-Telefone spielt der „Titan M2“ genannte Sicherheitschip (Titan M beim Pixel 6). Er übernimmt die Rolle eines Hardware Security Module (HSM) und zählt damit zu den Secure Elements beziehungsweise embedded Secure Elements (eSE) wie der T2-Chip bei Apple.

Zu den Aufgaben des Titan M2 beziehungsweise eines Secure Element gehört unter anderem, kryptografische Schlüssel zu erzeugen und sicher zu speichern, mit denen wiederum die auf dem Smartphone gespeicherten PINs und Passwörter verschlüsselt werden. Die Idee dahinter: Fällt das Handy in die falschen Hände oder wird

es mit Malware infiziert, ist es zwar theoretisch möglich, diese sensiblen Daten aus wenig gesicherten Bereichen des SoC oder des Arbeitsspeichers auszulesen, doch ohne die im Titan M2 gespeicherten Schlüssel sind die Daten nutzlos für den Angreifer.

Beim Pixel bildet ein spezieller Bereich auf dem SoC, der „Tensor Security Core“ die Schnittstelle zwischen dem Titan M2 und der restlichen Hardware des Tensor-Chips. Er kommuniziert über ein API mit dem Android-System. Die isolierte und vertrauenswürdige Umgebung „Android Strongbox“ besitzt bereits seit Android 9 (API 28) einen hardwaregestützten Schlüsselspeicher namens Keymaster. Passwörter und biometrische Daten werden sicher verschlüsselt und stehen selbst dem Betriebssystem nicht offen zur Verfügung. Der geheime Schlüssel, der die Daten wieder in Klartext dechiffriert, liegt sicher im Titan M2 und verlässt diesen niemals.

Für solche Aufgaben muss das Secure Element eines Smartphones, zum Beispiel der Titan-Chip beim Pixel 6 und 7, eine eigene CPU nebst sicherem Speicher besitzen und darüber hinaus einen Zufallszahlengenerator sowie einen sicheren Timer mitbringen und alle Daten und Recheneinheiten physisch vor externen Zugriffen schützen. Google verspricht, dass der Titan M2 dem Schutzprofil PP-0084 entspricht und damit dieselben Sicherheitsstandards erfüllt, wie sie etwa für Chips in Bankkarten gefordert werden. So soll er auch gegen komplexe Angriffe, die viel Geld und Know-how erfordern, geschützt sein – etwa eine Analyse der Leistungsaufnahme des Chips, um daraus Rückschlüsse auf interne Geheimnisse zu ziehen oder das Aufschleifen des Chips, um seine Funktionsweise unter dem Mikroskop zu analysieren.

Außer dem Schutz sensibler Nutzerdaten stellt der Titan M2 auch die Integrität des Android-Betriebssystems sicher. Die Funktion „Verified Boot“ sorgt dafür, dass der beim Booten des Smartphones ausgeführte Code aus vertrauenswürdiger Quelle stammt – also üblicherweise vom Hersteller des Smartphones – und nicht manipuliert wurde. Hierbei überprüft der Tensor M2 über einen hardwaregeschützten Kanal die Signaturen des Bootloaders, anschließend der Bootpartition und schließlich weiterer kritischer Partitionen wie „system“ und „vendor“, solange die Nutzer den Bootloader nicht manuell entsperren.

Seit Android 13 enthält dieses Verified Boot zudem einen Rollback-Schutz. Er verhindert, dass eine zwar offizielle, aber veraltete Version des Betriebssystems aufs Smartphone geflasht wird, die Sicherheitslücken enthält, die in jüngeren Versionen schon geschlossen sind. Zusammen mit der Verschlüsselung des Dateisystems ist so dafür gesorgt, dass Angreifer keinen Zugriff auf die im Smartphone gespeicherten Daten erlangen, selbst wenn sie das Gerät unter physischer Kontrolle haben: Bei ausgeschaltetem Smartphone bleibt der Speicherzugriff durch Auslesen mit externer Hardware verwehrt; bei eingeschaltetem Smartphone verhindern PIN und Fingerabdruck den Zugriff aufs Gerät und dessen Daten. Das Patchen oder Rooten scheitert wiederum am Verified Boot. Angreifer und Spione müssten also für eine reale Chance zum Datendiebstahl ein eingeschaltetes und obendrein entsperres Handy ergattern.

## Hand in Hand

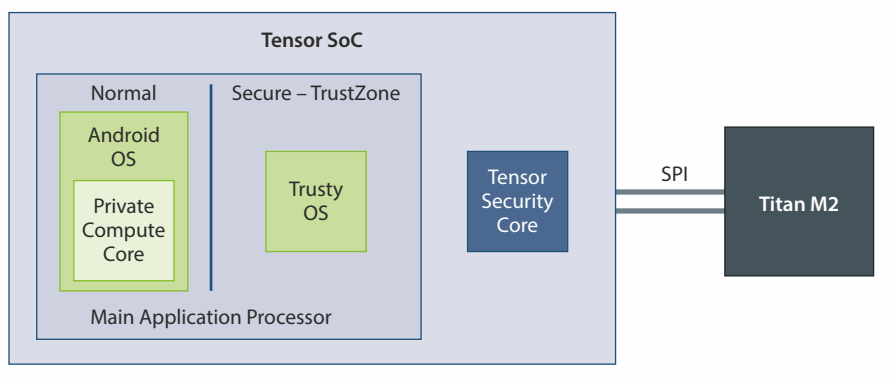
Ein Secure Element wie den Titan M haben nicht alle Android-Smartphones, doch auf allen aktuellen Modellen stellt die ARM-Architektur eine sichere Betriebssystemumgebung bereit – die sogenannte „Trust Zone“, die einen Hauptprozessor virtualisiert. Dort läuft ein sicheres Betriebssystem namens Trusty OS parallel zum Android-Betriebssystem. Trusty hat somit Zugriff auf die CPU und den Speicher, ist aufgrund der Virtualisierung und weiterer Maßnahmen vom eigentlichen Android-Betriebssystem isoliert.

Die Trennung soll verhindern, dass Sicherheitslücken von Android oder von Nutzern installierte Schad-Apps auch das Trusty OS kompromittieren. Anwendungen laufen unter Trusty stets im unprivilegierten Modus, und jede App hat nach dem Sandbox-Prinzip nur einen eigenen exklusiven, virtuellen Speicherbereich. Die Kommunikation mit dem eigentlichen Betriebssystem erfolgt nur über wenige, spezielle APIs.

Google nennt als Beispiel für eine Trusty-Anwendung das DRM-Framework von Android. Das Rechtekmanagement darf unter Trusty OS auf gerätespezifische Schlüssel zugreifen, die zum Entschlüsseln geschützter Audio- und Videoinhalte benötigt werden und gibt die Inhalte anschließend zur Wiedergabe ans Android-Betriebssystem weiter, ohne dass dieses selbst Zugriff auf die Schlüssel erhält. Weitere Trusty-Anwendungen können unter

## Die Sicherheitsarchitektur des Pixel 7

Das Zusammenspiel aus Android 13 und dem SoC namens Tensor aktueller Pixel-Telefone ermöglicht eine hohe Datensicherheit.



anderem Banking- und mobile Bezahlungsfunktionen sichern und erlauben eine sichere Verifizierung von PINs, Fingerabdrücken und Displaysperren mittels Muster.

## Freiwillige Selbstkontrolle

Die dritte Sicherheitsebene sorgt dafür, dass Android einige coole Funktionen bereitstellt, ohne dass darunter die Privatsphäre der Anwender leidet. Dafür gibt es unter Android den sogenannten „Private Compute Core“ (PCC). Bei ihm handelt es sich vereinfacht gesagt um eine vom restlichen Betriebssystem weitgehend abgeschirmte Sandbox mit einer stark eingeschränkten Anbindung ans Internet, in der ausgewählte, sensible Funktionen ablaufen.

Google selbst nutzt den PCC für Funktionen, die deswegen den Datenschutz tangieren, weil das Smartphone seinen Besitzer „beobachtet“. So protokollierte etwa der Pixel Launcher, an welchem Ort, zu welchen Zeiten und in welcher Kombination mit anderen Apps der Nutzer bestimmte Apps startet. Daraus errechnet der Launcher seine App-Vorschläge, die im App-Menü und der unteren App-Leiste des Homescreen eingeblendet werden. Die Idee dahinter ist, dass stets die Apps, die man gerade wohl nutzen möchte, direkt und ohne Suchen automatisch vorgeschlagen werden. Da dabei zwangsläufig ein Nutzungsprofil erstellt wird, werden diese Daten ausschließlich im PCC verarbeitet.

Ein weiteres Beispiel sind die „Smart Replies“: Sobald eine Chatnachricht eintrudelt, wird ihr Inhalt nicht nur in der Benachrichtigungsleiste angezeigt, sondern Android blendet auch Schaltflächen mit

idealerweise dazu passenden Schnellantworten ein. Das bedeutet, dass das Betriebssystem die Nachricht lesen und analysieren muss. Auch das läuft im Private Compute Core ab, weil wohl kein Nutzer wollen würde, dass Google private Nachrichteninhalte in eine Cloud verschickt.

Gleiches gilt für die automatische Musikerkennung namens „Now Playing“. Anders als externe Apps wie Shazam läuft sie auf Wunsch stets im Hintergrund und lauscht nach bekannten Songs. Auch hier findet die Funktion im geschützten PCC statt und Audio-Snippets, Ort und Uhrzeit sowie der Name des erkannten Songs verlassen niemals das eigene Telefon.

## Fazit

In puncto Sicherheit hat Android eine beeindruckende Entwicklung erfahren. Während alte Versionen noch löchrig waren wie ein Schweizer Käse, hat das System mittlerweile diverse Funktionen an Bord, die es Apps, Malware und Dritten sehr schwer machen, sensible Daten abzugreifen. Auch die Hardware ist sicherer geworden, da immer mehr Android-Smartphones mit speziellen Sicherheitschips ausgestattet werden, die das Schutzniveau nochmal erhöhen.

Doch wie immer gilt: Der schwächste Faktor bleibt der Mensch. Egal wie viele Schutzmechanismen die Hard- und Software mitbringt, wer ein Display-Timeout von zehn Minuten einstellt und dann sein Handy unbeobachtet liegen lässt, Apps aus fragwürdigen Quellen installiert oder „1234“ für eine gute PIN hält, der wird das eventuell bitter bereuen.

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

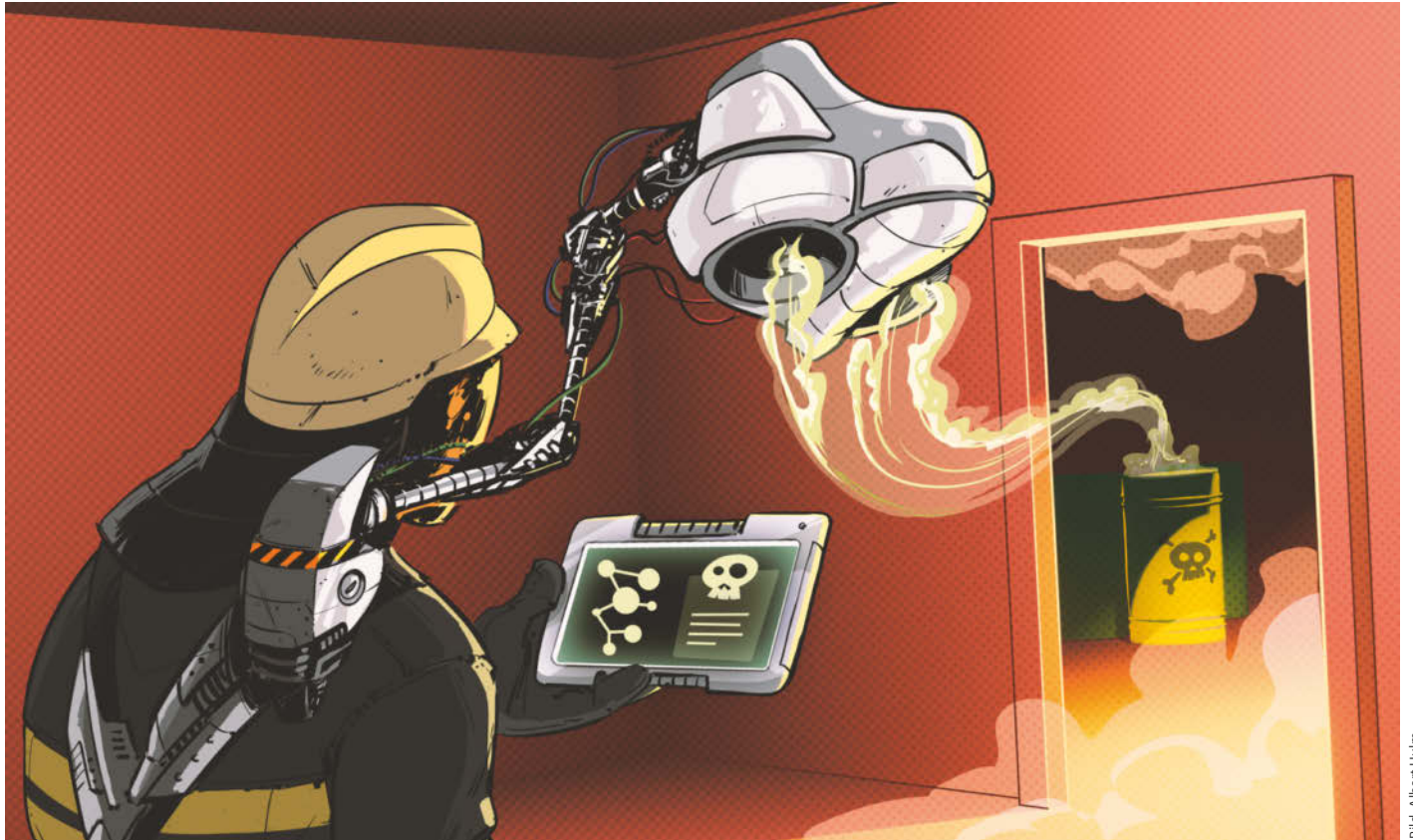


Bild: Albert Hulm

# Es liegt was in der Luft

**Sensor identifiziert Gasmoleküle anhand ihrer Ionisierungsenergie**

**Tüftler in Göttingen haben einen nahezu universellen Gasdetektor entwickelt: Der kleine Sensor schnüffelt sich durch das ganze Spektrum der Ionisierungsenergien und kann dabei die unterschiedlichsten Substanzen in der Luft nachweisen.**

Von Arne Grävemeyer

**B**ei Großbränden oder Störfällen in der chemischen Industrie warnen die Behörden: „Halten Sie Fenster und Türen geschlossen!“ Feuerwehr und Technisches Hilfswerk stehen dann vor dem Problem, möglichst schnell zu ermitteln, welche Chemikalien ausgetreten sind oder sich im Feuer gebildet haben und wie sich diese mit dem Wind verbreiten. Die heutige Lösung für solche Fälle sind mobile, auf Lkw montierte Massenspektrometer, mit denen eine Stofferkennung möglich ist. Dabei handelt es sich um sehr teure Geräte, die nur in begrenzter Anzahl zur Verfügung stehen und in zeitaufwendigen Verfahren eine genaue Gasanalyse an einem Standort vornehmen.

Das Start-up eyyeon hat in Göttingen einen vergleichsweise winzigen Sensor entwickelt, etwa in der Größe eines Film-döschens, der in Zukunft ebenfalls eine Analyse der Gasspuren in der Luft vornehmen kann. Ein vollständiger Scan soll damit binnen weniger Minuten erfolgen. Zudem lädt ein derartig kompaktes und preisgünstig herzustellendes Bauteil geradezu dazu ein, ganze Sensornetze zu installieren. Damit könnten Katastrophenmanager in Zukunft die Ausbreitung gesundheitsgefährdender Stoffe räumlich nachverfolgen. Mithilfe meteorologischer Daten können sie dann Anwohner zielgenauer warnen. Auch unabhängig von Katastrophenfällen eignen sich solche Sensornetze etwa dazu, in Industrieparks



die Umweltbedingungen zu überwachen und nachzuverfolgen, von wo und in welche Richtung sich schädliche Stoffe verbreiten.

### Detektor warnt Feuerwehrleute

Für den schnellen Gefahrstoffnachweis vor Ort setzen Feuerwehren schon heute statt der aufwendigen Massenspektrometrie oft Photoionisationsdetektoren (PID) ein. Diese saugen Umgebungsluft ein und ionisieren die Moleküle chemischer Verbindungen durch die Energie von ultravioletttem Licht. Mit der Zahl ionisierter Moleküle steigt die Leitfähigkeit des Gasgemischs in der Messzelle, diese gibt also einen Wert für die Konzentration ionisierbarer Substanzen in der Luft an.

Durch den Einsatz mehrerer UV-Lampen mit unterschiedlichen Wellenlängenbereichen können diese Detektoren die eingesetzte Photonenenergie variieren. Beispielsweise ionisiert das geruchlose, sehr giftige Monophosphan (Phosphin) bei einer Energie von etwa 9,87 Elektronenvolt (eV). Liegt die eingesetzte UV-Leuchte aufgrund ihres Wellenlängenbereichs unter diesem Wert, dann kann der Detektor Phosphinmoleküle nicht ionisieren und somit auch nicht messen. Nutzt der Anwender aber einen Detektor mit einer UV-Quelle höherer Energie, wird er fündig. So bieten Hersteller wie Dräger, Honeywell Analytics, Industrial Scientific oder Ion Science für unterschiedliche Einsatzfälle und je nach erwarteter Gefahrstoffbelastung eine Reihe passend ausgestatteter und teils umschaltbarer Detektoren an.

Eine gebräuchliche UV-Lampe mit einer Photonenenergie von 10,6 eV ermöglicht einem Sensor bereits den Nachweis von etwa 1000 unterschiedlichen Stoffen in der Luft, kann diese aber nicht differenzieren. Der Einsatzleiter sollte also die zu erwartenden Gefahrstoffe ungefähr kennen und vermag dann anhand der Ausschläge immerhin deren Konzentration in der Atemluft abzuschätzen. Außerdem muss der Sensor mit einer 10,6-eV-Lampe beispielsweise bei Methanol (Ionisierungsenergie: 10,85 eV), Formaldehyd (10,88 eV), Chlor (11,5 eV) oder hochgiftigem Phosgen (11,8 eV) passen. Ab der Grenze von 12,07 eV ionisiert der Luftsauerstoff, sodass PIDs Stoffe mit höheren Ionisierungsenergien rein technisch gar nicht mehr sinnvoll nachweisen können.

Über den Einsatz unterschiedlicher UV-Quellen hinaus kombinieren manche Detektoren wie beispielsweise das Gas

Detector Array – First Response (GDA-FR) von Airstense Analytics weitere Detektionsverfahren wie einen Geiger-Müller-Zähler, ein Ionenmobilitätsspektrometer, einen Metalloxid-Halbleitersensor und eine elektrochemische Zelle. Jedes dieser Detektionsverfahren hat seine Stärken, aber auch seine blinden Flecken. Eine vollständige Stoffanalyse gelingt selbst mit einem solchen Kombinationsgerät nicht.

### Ionisierung mit Elektronen

Der Sensor, den das Team um Theodor Doll beim Start-up eyyeon entwickelt hat, misst ähnlich wie PIDs die Ionisierung in der Messkammer. Dolls Leute setzen allerdings nicht auf Photoionisation. Stattdessen haben sie eine Technik entwickelt, die freie Elektronen emittiert und mit deren Energie Gasmoleküle in der Messkammer ionisiert. Der Clou besteht darin, dass die Elektronen tatsächlich nur die Moleküle ionisieren, für die sie die passende Energie mitbringen. Ein Peak im gemessenen Stromfluss weist damit auf eine spezifische Ionisierungsenergie hin. Gemäß der Referenztafel des National Institute of Standards and Technology (NIST) kann der Anwender daraus den detektierten Stoff ableiten.

Zunächst einmal setzt der Sensor aus Göttingen eine UV-LED ein, deren Photonen mittels photoelektrischem Effekt aus einer Emitterschicht Elektronen lösen. Die Tüftler haben in ihren Versuchsreihen mehrere Legierungen getestet und eine Reihe von Silberlanthanoiden gefunden, die sie mit einer preisgünstigen UV-LED und einer Photonenenergie von lediglich



**Der neue Geruchssensor hat etwa Form und Größe eines Filmdöschens. Unter der aufgeschnittenen Messkammer ist der Emitterschip zu sehen, der Elektronen mit einer Energie zwischen 5 und 17 Elektronenvolt abstrahlt.**

## c't kompakt

- Um Spuren zahlreicher Gase in der Luft zu erkennen, gibt es mehrere Verfahren. Jedes davon kann allerdings bestimmte Substanzen nicht wahrnehmen, hat also seine eigenen „blinden Flecken“.
- Ein neuer Ansatz liefert einen kompakten Sensor mit breitem Spektrum, der in Zukunft sogar das Smartphone ergänzen könnte.
- Bisherige trainierbare elektronische Nasen messen Geruchsstoffe, die sich an Nanostrukturen anlagern.

4,35 Elektronenvolt zur Elektronenemission anregen. Die Energie der UV-LED ist damit gering genug, um nicht ihrerseits Moleküle in der Messkammer zu ionisieren.

### Vakuum zwischen den Molekülen

Wie flutet man aber nun die Messkammer eines kompakten Sensors mit freien Elektronen einer einstellbaren Energie? Beziehungsweise: Wo findet man ein Vakuum, in dem man die Elektronen ungestört auf ein gewünschtes Energieniveau beschleunigen kann? Die Antwort lautet: zwischen den Luftmolekülen. Die Tüftler aus Göttingen setzen dazu auf die Tatsache, dass die mittlere freie Weglänge zwischen den Molekülen der Luft etwa 70 Nanometer beträgt. Mit fallendem Luftdruck steigt die freie Weglänge an und erreicht beispielsweise bei 100 Millibar schon 700 Nanometer. In diesen Zwischenräumen ist das begehrte Vakuum, in dem Elektronen kollisionsfrei beschleunigen können.

Es gelang den eyyeon-Entwicklern, auf ihrem Sensorchip in nur 600 Nanometer Abstand über der Elektronen-Emitterschicht ein Kondensatornetz zu platzieren. Die Ladung dieses Kondensators beschleunigt nun die Elektronen, ohne dass ein großer Teil von ihnen an Luftmolekülen hängen bleibt. Über die Ladung des Kondensators lässt sich die Energie der Elektronen am Ende dieser Beschleunigungsstrecke einstellen, und zwar in einem Fenster von 0,2 Elektronenvolt, die sogenannte Energiebreite.

Hinter dem Kondensatorgitter gelangen die Elektronen in die Messkammer

und treffen darin auf Luftmoleküle und Spurengase. „Es passiert tatsächlich oft, dass die Elektronen auf ihrem Weg durch die Luft auf Moleküle stoßen, die sie nicht ionisieren. In dem Fall prallen sie ab oder stoßen wie eine Billardkugel ein anderes Elektron mit dergleichen Energie aus dem Molekül heraus“, erläutert Doll. Die Zahl der verfügbaren Elektronen und ihre Energie verringert sich dadurch nicht. Nur wenn ein Elektron mit seiner Energie auf ein passendes Molekül stößt, kommt es zur Ionisation. Die daraus resultierenden Ionen lagern sich am anderen Ende der Messkammer an ein Fängergitter an, den sogenannten Kollektor, und verraten sich durch einen Stromfluss. Dieser liegt bei wenigen Pikoampere und wird durch eine Verstärkerplatine im Sensor für die Weiterverarbeitung im Mikrocontroller transformiert. Die gemessene Stromstärke gibt sogar die Konzentration des detektierten Stoffes quantitativ wieder.

### Das ganze Spektrum

Emitterschicht und Kondensator im Sensor können die Elektronen auf Energien zwischen 5 und 17 Elektronenvolt bringen. Damit lassen sich anders als mit einem PID auch Stoffe jenseits der Ionisierungsenergie von Sauerstoffmolekülen (12,07 eV) nachweisen, darunter Giftstoffe wie

Blausäure (13,1 eV), Kohlendioxid (13,78 eV), Kohlenmonoxid (14,01 eV) und Fluorwasserstoff (16,03 eV).

Mit dem neuen Verfahren kann der Anwender diese Energieniveaus gezielt ansprechen und einzeln messen. Der Sensor kann aber ebenso nacheinander alle Energieniveaus einzeln durchstimmen und so einen vollständigen Scan aller Gas Spuren über sein Spektrum bestimmen.

Im Versuchsaufbau im Labor haben die Entwickler Testgeräte angeschlossen und steuern diese über ein selbst geschriebenes LabVIEW-Programm. LabVIEW ist ein grafisches Programmiersystem von National Instruments. In der Göttinger Konfiguration dauert ein einzelner Messvorgang bis zu 200 Millisekunden. Wer damit das ganze Messspektrum in 0,05-eV-Schritten durchscannen will, benötigt also etwa eine Minute. Allerdings vermuten die Entwickler, dass sie mit einer hartverdrahteten Lösung im Mikrocontroller den Messvorgang sogar auf wenige Millisekunden reduzieren können, der komplette Scan über das ganze Messspektrum wäre dann in wenigen Sekunden gemacht. Zum Vergleich: Ein Spürpanzer „Fuchs“, der zur Feinanalyse einer unbekannten Substanz ein vollständiges Massenspektrum bestimmt und zusätzlich ein Gaschromatogramm über alle denkbaren

Gasbestandteile durchführt, benötigt dafür laut Insidern bis zu 50 Minuten.

Im Laborversuch testeten die Forscher ihre Sensortechnik bei Drücken bis herunter auf 0,1 Millibar. Sie konnten belegen, dass demgegenüber die Detektionsgenauigkeit bei 1 Millibar nur um wenige Prozent nachließ. Selbst bei 100 Millibar brachte der Sensor noch klare Ergebnisse, konnte allerdings die Stoffkonzentration nicht mehr genau bestimmen. Eine Mikropumpe soll die Messkammer des Sensors künftig auf etwa 10 Millibar bringen. Ein positiver Zusatzeffekt dieses Unterdrucks ist, dass der Sensor damit stetig Umgebungsluft in den Sensor einsaugt. Substanzen in der Luft müssen also nicht ungeachtet in die Messkammer diffundieren, der Sensor saugt sie beständig ein.

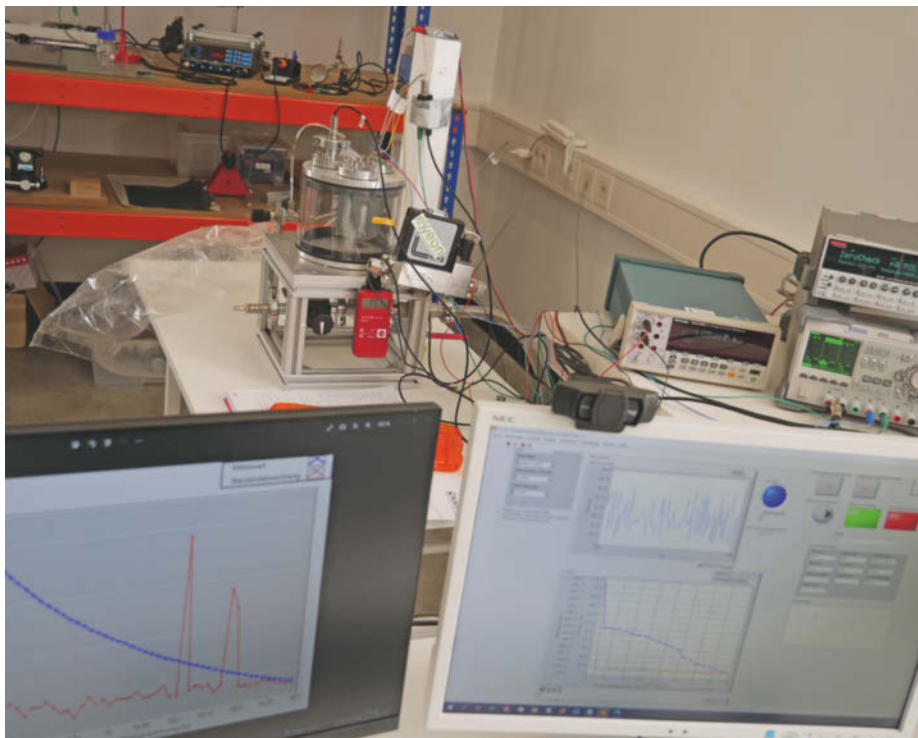
### Nichts für die Ewigkeit

Der eyeon-Chip altert, es tritt Oxidation an der Emitterschicht auf. In Langzeitversuchen konnten die Entwickler aber zeigen, dass ihre Sensoren selbst nach 14 Monaten die Gasspuren noch korrekt bestimmen. Allerdings treten mit der Zeit Störströme auf. Versuchsweise haben die Tüftler ihre Emitter-Chips im Sputter-Verfahren aufbereitet und von einer Oxidschicht befreit. Doch der Aufwand lohnte sich laut Doll eigentlich nicht. Er kalkuliert für den kompletten Sensor mit etwa 110 Euro in der Tausender-Serie.

Bis Ende dieses Jahres plant Doll, einen Demonstrator in Originalgröße fertigzustellen, samt dem dazugehörigen Mikrocontroller. Der kleine Zylinder passt mit seinen Abmessungen von 37 Millimeter Höhe und knapp 30 Millimeter Durchmesser in derzeit gebräuchliche Gasspurdetektoren wie etwa den GDA-FR von Airsense Analytics.

Bis März 2023 will das Start-up dann ein Evaluationsboard herstellen, um damit den Mikrocontroller anwendungsnah testen zu können. Für Herbst 2023 rechnen die Entwickler mit dem Start von Betatestern bei Forschungspartnern und ersten Kunden. Dazu gehören Institute der benachbarten Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst (HAWK) in Göttingen, außerdem institutionelle Anwender in Münster, ein Lübecker Unternehmen der Gasanalytik und ein weiteres Unternehmen der Gasanalytik in Schwerin.

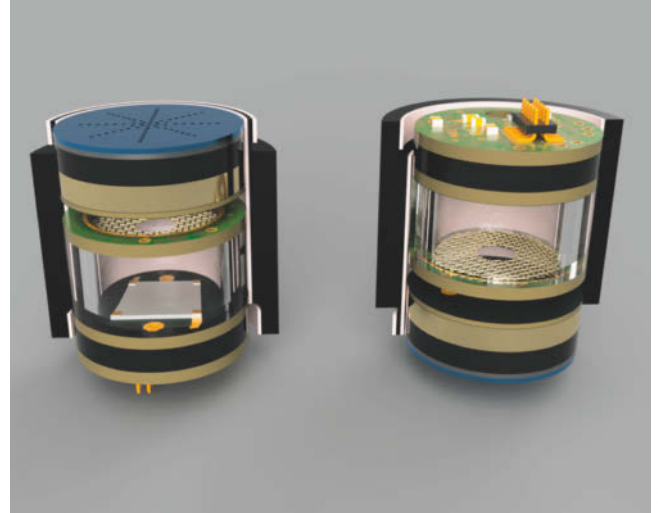
Zudem planen die Entwickler, eine Auswertungsbibliothek aufzubauen. Es hat sich zwar gezeigt, dass Anwender die öffentliche NIST-Tabelle für die Ionisati-



Im Laborversuch testen die Entwickler ihren Emitterchip mit Isopropanol-Dampf aus der Tüte. Die Messoberfläche ist in LabVIEW programmiert.



Der Sensor ist kompakt gebaut: Lufteinlassfilter und -membran (von links) trennt ein Abstandhalter vom Kühlkörper und der UV-LED. Das Kollektorgitter hat in der Mitte eine Aussparung für die LED und schließt die Messkammer ab, durch die der Emitterchip Elektronen sendet. Die Anschlüsse der Verstärkerplatine (ganz rechts) sind von außen zugänglich.



Das UV-Licht der LED (links oben, rechts unten) wandert quer durch die Messkammer, um dahinter per photoelektrischem Effekt Elektronen aus dem Emitterchip zu lösen. Für eine Ionisierung der Gasspuren in der Messkammer ist die Energie der Lichtstrahlen zu gering.

onsenergien nutzen können, um Substanzen in der Luft zu bestimmen. Darüber hinaus entdeckten die Forscher mit ihrem Sensor aber bereits Seiteneffekte und zusätzliche Peaks, die in den NIST-Daten nicht zu finden sind. Eine spezifische Bibliothek, die diese Effekte zusätzlich aufnimmt, könnte also die Detektionsergebnisse weiter verbessern.

## Krankheiten riechen

Sensoren, die Geruchsstoffe in der Luft erkennen, können in Zukunft sehr unterschiedlichen Zwecken dienen. Anwohner und Rettungskräfte bei Chemiehavarien und Großbränden zu warnen, ist nur ein Anwendungsszenario. Eine andere Chance besteht darin, dass sich viele Krankheiten durch spezifische Gerüche verraten, wie erfahrene Ärzte wissen. Dazu zählt zum Beispiel die Mittelohrentzündung, von der häufig kleine Kinder betroffen sind, die wiederum ihre Beschwerden selbst noch nicht gut beschreiben können.

Ein Problem ist, dass man den Geruch, der typischerweise durch eine Krankheit entsteht, oft nur schlecht in der Ausbildung vermitteln kann. Zudem gelang es bisher kaum, die dazugehörigen Substanzen zu identifizieren und zu quantifizieren. In Zukunft könnte ein handliches Messinstrument, mit dem ein Mediziner das ganze Spektrum durchscannen kann, die Situation grundlegend ändern. Ein aktuelles Forschungsprojekt an

HAWK, Uni Göttingen, Medizinischer Hochschule Hannover sowie der Leibniz- Uni Hannover nimmt genau diese Möglichkeit ins Visier.

Ganze Netze kostengünstiger Sensoren könnten zukünftig im Sinne des Katastrophenschutzes die Umwelt überwachen. Das neue Verfahren macht es möglich, verdächtige Stoffe in der Luft nicht nur zu bemerken, sondern sogar zu identifizieren. Mit derartigen Daten könnten Katastrophenschutz-Apps wie NINA und Katwarn wesentlich aussagekräftiger informieren und gezielter warnen.

## Nasen-Dongle fürs Smartphone

Parallel zu Detektoren, die Gasspuren in der Luft analysieren, gab es bereits einige Ansätze, die menschliche Nase durch Nanosensoren nachzubilden [1]. Am Karlsruher KIT beschichtet ein Team um Professor Christof Wöll beispielsweise Quarzresonatoren mit metallorganischen Gerüstverbindungen (Metal-Organic Frameworks, MOFs). Auf diese Weise bilden die Forscher ganze Sensorreihen mit unterschiedlich porösen Oberflächen.

An diesen finden Geruchsstoffe aus der Luft unterschiedlich starken Halt. Damit ändert sich die Resonanzfrequenz jedes Einzelsensors, die Affinität einer Substanz zu jedem der Einzelsensoren ist messbar. Jede Substanz erzeugt so ein geruchstypisches Muster, einen olfaktorischen Fingerabdruck, den eine künstliche

Intelligenz sehr gut wiedererkennen kann. Aus diesem Ansatz ließe sich eine kostengünstige, handliche mobile „E-Nase“ entwickeln, die der Anwender auf sein Smartphone steckt, so Wöll.

Solche Geruchssensoren, die auf Kohlenstoffnanoröhren (Carbon Nanotubes CNT) beruhen, bietet das Start-up Smart-Nanotubes aus Freital bereits an. Auch hier setzen die Entwickler darauf, dass sich gasförmige Duftstoffe mit unterschiedlicher Affinität an eine Reihe von Sensoren anlagern. Dazu variieren sie in ihrem Smell-iX16-Chip den wabenartigen molekularen Aufbau von 16 CNT-Sensoren jeweils gezielt mit Fremdatomen. Die Moleküle von Substanzen in der Luft lagern sich dann an jedem Sensor unterschiedlich stark an, wodurch sich jeweils der elektrische Widerstand des Einzelsensors messbar ändert.

Bei diesem System wird ebenfalls eine KI eingesetzt, um den Gesamteindruck der unterschiedlichen Widerstände als einen bestimmten Geruch wiederzuerkennen. Auch dieser Ansatz eignet sich für kompakte, mobile Riechensensoren, zum Beispiel als Wearable oder Smartphone-Aufsatz. (agr@ct.de) **ct**

## Literatur

- [1] Arne Grävmeyer, Nase nachrüstbar, Detektoren für einen künstlichen Geruchssinn als Zusatzmodul, c't 20/2021, S. 114





# Vorsorglich unbequem

## Apples Blockierungsmodus im Detail

**Apple verspricht mit dem Blockierungsmodus von iOS 16 und macOS 13 einen besseren Schutz vor Cyberangriffen. Dazu schränken iPhone und Mac den Komfort ein, erreichen dafür ein höheres Schutzniveau. Wir haben uns angesehen, wie sich das auswirkt.**

Von Immo Junghärtchen

Apple hat in die just aktualisierten Betriebssysteme für iPhone, iPad und Mac einen „Blockierungsmodus“ eingebaut, der die Geräte besonders gut vor Angriffen mit Spyware schützen soll. Dieser im Englischen „Lockdown Mode“ genannte Zustand soll weniger komfortabel, aber dafür sicherer sein: Unbekannte können via iMessage keinen Kontakt aufnehmen, zudem zeigt Apples Direktnachrichten-App keine Webvorschau an und akzeptiert die meisten Dateitypen nicht. USB-Verbindungen des iPhones mit weiterer Hardware erfordern im Lockdown-Modus stets, dass sich der iPhone-Nutzer

zuvor legitimiert – das gilt selbst für vertraute Geräte.

Apple aktiviert diese Schutzfunktionen nicht automatisch und empfiehlt sie Personen mit erhöhtem Sicherheitsbedarf – das sind Journalisten, Aktivisten, Politiker und Prominente ebenso wie Firmen- oder Behördenmitarbeiter, die mit sensiblen Informationen hantieren.

Die Maßnahmen sollen vor unbekannten Bedrohungen schützen. Die „Pegasus Files“ enthüllten, dass in verschiedenen Ländern Journalisten, Oppositionspolitiker und Frauenrechtlerinnen über ihr

Smartphone überwacht, getrackt und abgehört wurden (siehe Kasten).

## Wie funktioniert der Blockierungsmodus?

Die von Pegasus ausgenutzten Sicherheitslücken schloss Apple im Herbst mit den Updates auf iOS 14.8 sowie macOS 11.8. Der in iOS 16 eingeführte Lockdown Mode zielt darauf ab, vorbeugend Angriffsmöglichkeiten zu reduzieren und so zukünftige Spyware-Einfallstore zu verhindern.

Den Blockierungsmodus findet man in den Einstellungen von iOS 16, iPadOS 16 und macOS 13 unter „Datenschutz & Sicherheit“. Wer ihn aktivieren will, bekommt zunächst die damit einhergehenden Einschränkungen präsentiert.

Zum Aktivieren muss der Anwender Gerätecode oder Administrationskennwort eingeben. Danach startet das Gerät neu, was meistens weniger als eine Minute dauert. Auf dieselbe Weise lässt sich der Lockdown auch wieder deaktivieren. Das ist zwar prima zum stressfreien Ausprobieren, im Allgemeinen sollten Anwender den Lockdown-Modus aber nur kurzfristig und in gesicherten Netzwerkumgebungen ausschalten. Ebenfalls wichtig: Unter macOS ist der Blockierungsmodus ans Benutzerkonto gebunden. Wenn sich meh-

re Nutzer mit unterschiedlichen Konten auf einem Gerät anmelden, muss jeder von ihnen den Blockademodus aktivieren, sonst ist das Gerät nicht lückenlos geschützt.

Im Alltag macht sich der Blockierungsmodus vor allem in Browsern und (bei iOS alle, am Mac nur Safari) bemerkbar, etwa bei der Schriftdarstellung: Websites, die individuelle Schriften (Google Fonts, Adobe Fonts oder selbst gehostete) verwenden, sehen teilweise anders aus. Was zunächst nur Typographieenthusiasten auffällt, kann aufgrund unterschiedlicher Laufweite der Ersatzschrift das Layout durcheinanderwürfeln. Obendrein fehlen kleinere Grafiken, etwa Pfeile neben den Produkten und Kategorien auf der Apple-Website. Der Hintergrund: Vektorbasierte Symbole sammeln viele Websites in einer Schriftdatei zusammen, einem Icon-Font. Jeder zusätzliche Dateityp, den ein Browser empfangen kann, birgt die Gefahr einer Sicherheitslücke. Durch den Ausschluss von Web-Fonts schließt Apple potenzielle Einfallstore.

Der Safari-Browser zeigt unter iOS zudem keine PDFs mehr direkt an, sondern lädt sie zunächst herunter. Man muss sie dann in der Dateien-App betrachten oder einem PDF-Reader zuweisen. Pega-

## c't kompakt

- macOS 13, iOS 16 und iPadOS 16 enthalten einen optionalen Blockierungsmodus, der vor gezielten Cyberangriffen schützen soll.
- Im Alltag muss man auf einige Komfortfunktionen unter anderem beim Surfen und Messaging verzichten.
- Apple will den Modus kontinuierlich weiterentwickeln.

sus nutzte eine Lücke in der Bildkompression des PDF-Renderers, um Kontrolle über iOS-Geräte zu erlangen.

Der Browser deaktiviert zudem die Just-in-time-(JIT-)JavaScript-Kompilierung. Das kann dazu führen, dass sich manche Websites ein wenig träger anfühlen – bei unseren Tests fiel das jedoch nicht auf. JIT-Kompilierung war in den letzten Jahren ein beliebter Angriffsvektor.

Für den von Apple vorinstallierten Browser Safari hält der Einstellungsdialog von iOS einen separaten Eintrag namens „Websites“ vor. In diesem soll man später festlegen können, welche Internetseiten

## Pegasus und die Opfer

Im Juli 2021 deckten die Menschenrechtsorganisation Amnesty International und das Recherchekollektiv „Forbidden Stories“ auf, wie Regierungen aus aller Welt Journalisten, Aktivisten und Oppositionelle mit der Software Pegasus ausspionierten. Den Rechercheuren war zuvor eine Liste der israelischen Firma NSO Group zugespielt worden. In diesen „Pegasus Files“ fand sich eine Liste mit 50.000 Telefonnummern, die Käufer der Spähsoftware als potenzielle Überwachungsziele vorgemerkt hatten.

Forensische Untersuchungen von Amnesty International zeigten: Wenn es den Angreifern gelang, ein Smartphone mit Pegasus zu kompromittieren, übermittelte dieses Eingaben, Datenverkehr und Lokalisationsdaten an die jeweiligen Auftraggeber. Selbst Mikrofon und Kamera ließen sich aus der Ferne aktivieren und das iPhone so zu einer Wanze umfunktionieren.

In vielen Fällen konnte die Schnüffelssoftware ohne Zutun des Besitzers auf dem iPhone installiert werden. Offenbar genügte die Vorschaufunktion von iOS, um das System mit einer stillen Nachricht zu kompromittieren. Die Software gewann vollen Zugriff die Geräte und konnte die Spuren ihrer Übernahme sogleich löschen.

Eine tatsächliche Überwachung durch Pegasus lässt sich im Nachhinein oftmals schwer nachweisen. Jedoch zeigten sich in Einzelfällen eine Korrelation zwischen möglicher Observierung der Spähsoftware und Repression:

Die Frauenrechtsaktivistin **Loujain al-Hathloul** setzte sich über das Fahrverbot für Frauen in Saudi-Arabien hinweg und wurde mehrfach festgenommen. Auf ihrem iPhone entdeckte die Bürgerrechtsorganisation „Citizen Lab“ eine manipulierte Bilddatei, die unbeabsichtigt auf dem Gerät verblieb und die Funktionsweise von Pegasus schließlich offenbarte.

Der mexikanische Journalist **Cecilio Pineda** wurde erschossen, als er auf dem Hinterhof einer Autowäsche auf sein Auto wartete. Vier Jahre später stellte sich heraus: Seine Handynummer stand auf der geleakten NSO-Group-Liste.

**Latifa bint al-Maktum** floh in einer spionagefilmwürdigen Aktion aus Dubai und wurde in internationalen Gewässern abgefangen und zurückgebracht. Sie war paranoid genug, ihr Smartphone zurückzulassen, doch tauchten die Nummern ihrer Unterstützer auf der Pegasus-Liste auf.

Auch beim Journalisten **Jamal Kashoggi**, der im Oktober 2018 in der saudi-arabischen Botschaft in Istanbul ermordet wurde, identifizierten Menschenrechtler der Einsatz von Pegasus. Seine Ehefrau fand Spuren des Pegasus-Trojans auf ihrem Smartphone und klagt aktuell gegen türkische Behörden auf Herausgabe der Mobilgeräte ihres Mannes.



## Kommentar: Ausprobieren lohnt sich

Von Jürgen Schmidt

**A**ls investigativer Journalist in den Bereichen IT-Security und Cybercrime muss ich damit rechnen, ins Visier professioneller Angreifer zu geraten. Deshalb habe ich mein iPhone mit dem Erscheinen von iOS 16 in den Lockdown-Modus versetzt. Und mein Fazit nach fast zwei Monaten: Es tut fast gar nicht weh.

Die größte Einschränkung, die mir aufgefallen ist: PDFs öffnen sich nicht mehr automatisch im Browser, sondern ich muss sie in eine externe App importieren und dort lesen. Das hat natürlich mit der Art und Weise zu tun, wie ich mein iPhone nutze. Dass mich Unbekannte nicht via Facetime erreichen können, empfinde ich sogar als Vorteil – das mag bei kommunikativeren Menschen anders sein.

Für mich sind die minimalen Komforteinbußen den Sicherheits-

gewinn definitiv wert. Natürlich macht der Lockdown mein iPhone nicht unangreifbar. Aber er reduziert die Angriffsfläche beträchtlich und insbesondere völlig unbemerkte Attacken über sogenannte Zero-Click-Exploits sind damit nur noch sehr schwer umzusetzen. Ich werde also beim iPhone-Lockdown bleiben und rate anderen, die sich um ihre Sicherheit sorgen, das ruhig auch mal auszuprobieren. Schließlich kann man es ja jederzeit wieder rückgängig machen, wenn es zu sehr nervt.

*Jürgen Schmidt ist Senior Fellow Security bei Heise und baut mit heise Security Pro eine Community für IT-Professionals auf, in der aktuelle Angriffe, Probleme der täglichen Praxis sowie aktuelle und künftige Technik diskutiert werden.*

ohne die Einschränkungen funktionieren dürfen. Unter iOS 16.0.3 klappte das allerdings noch nicht. In macOS Ventura 13.0 fehlt dieser Dialog, stattdessen erscheint die Liste betroffener URLs in den Safari-Einstellungen unter „Websites“.

### Kenn ich nicht, les ich nicht

Ein zusätzlicher Mechanismus beschränkt die Kontaktaufnahme durch Fremde. Um einen Blockierungsmodus-Nutzer per FaceTime oder iMessage erreichen zu können, muss man laut Apple in den letzten 30 Tagen von diesem kontaktiert worden sein. Das funktionierte bei uns nicht immer – zumindest ein lange bestehender, aber über Monate inaktiver iMessage-Chat ließ sich bei uns trotz aktivem Blockierungsmodus reaktivieren.

Apples iMessage-Dienst empfängt im Lockdown keine Dokumente (etwa von Pages oder Word) und zeigt keine Vorschau von Webseiten mehr an. Auch Einladungen zu Apple-Webdiensten (etwa zum gemeinsamen Bearbeiten von Pages-

Dokumenten) weist der Blockierungsmodus ab.

Eine weitere Regel betrifft Apples systeminterne Medienverwaltung, also die iOS-Bildersammlung und die Fotos-App auf dem Mac. Mit geteilten Alben können iCloud-Nutzer gemeinsam (niedrig aufgelöste) Fotos verwalten und kommentieren. Im Blockierungsmodus verschwinden diese geteilten Alben spurlos. Sie tauchen erst wieder auf, wenn man ihn deaktiviert. Vermutlich soll dies verhindern, dass über eine via geteiltes Album untergeschobene Bilddatei unentdeckte Lücken in der Mediendarstellung für eine Zero-Click-Infiltration ausnutzen könnte.

Die Browser-Engine WebKit, die im Safari-Browser steckt, schreibt Apple auf iPhones und iPads zwingend vor, wenn Apps sich mit dem Internet verbinden wollen. Darum unterwirft der Blockierungsmodus jede App ihrer Kontrolle, die Browserelemente integriert.

Startet man eine App mit WebKit-Integration im Blockierungsmodus erst-

malig, weist das jeweilige Betriebssystem darauf hin, dass diese im Blockierungsmodus eingeschränkt wird. Im Einstellungs-menü erscheint unter „Surfen konfigurieren“ eine Liste der Apps, die im Blockierungsmodus aufs Internet zugegriffen haben. Für deren Browseransicht gelten dieselben Einschränkungen wie für den Safari-Browser. Einzelne Apps kann man in dieser Liste von der Beschränkung ausnehmen.

### Einschätzung des BSI

Mit der Sicherheit mobiler Betriebssysteme setzt sich auch das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) auseinander. Unabhängig vom Blockierungsmodus hat die Behörde just eine Freigabeempfehlung der aktuellen iPhone- und iPad-Betriebssysteme erteilt, wobei der Fokus auf den nativen Apps Mail, Kalender und Kontakte lag. Sie sind damit gegenwärtig die einzigen Smartphones und Tablets, die aktuell nativ die Sicherheitsanforderungen erfüllen – bis hoch zum Geheimhaltungsgrad „VS-Nur für den Dienstgebrauch“. Jedes andere Smartphone oder Tablet erfordert dafür ein modifiziertes Betriebssystem, den Einsatz zusätzlicher 3rd-Party-Applikationen oder externe SmartCards.

Das BSI habe es dabei Apple laut eigener Aussage nicht leicht gemacht, als sie in längerer Zusammenarbeit mit dem Unternehmen das Betriebssystem auf Eignung für den staatlichen Einsatz testeten. Es basiert diese Entscheidung auf einer Evaluierung in Anlehnung an den internationalen Standard „Common Criteria“, einem internationalen Standard für unabhängige Überprüfung von Sicherheitsaspekten in Softwareprodukten.



**Unter „Surfen konfigurieren“ lassen sich die Lockdown-Einschränkungen für einzelne Apps aufheben.**



Eine der zentralen Anforderungen an die Freigabe war die Separierung von Dienst- und Privatdaten bei Mails, Adressdaten, Kalendereinträgen et cetera. Die native iOS-Nutzung im VS-NfD-Kontext koppelt das BSI daran, dass zusätzliche Sicherheitsvorkehrungen wie Mobile Device Management (MDM) und eine verschlüsselte Serverkommunikation (VPN) verwendet werden.

Das BSI empfiehlt den Bundesbehörden zwar die Nutzung des Blockierungsmodus, setzt ihn aber nicht verpflichtend voraus. Stattdessen will das Amt andere zusätzliche Bedingungen erfüllt sehen, damit staatliche Geheimnisträger ein iPhone nutzen dürfen. Eine davon ist ein Mobile-Device-Management-Profil, in dem Funktionen und Netzwerkzugriffe von Systemadministratoren voreingestellt sind. Darin sind bereits viele der Lockdown-Regeln umgesetzt. Die Behörde begrüßt die Möglichkeit, im Blockierungsmodus einzelne Apps auszunehmen, um etwa firmen- oder behördeneigenen Apps das Vertrauen auszusprechen.

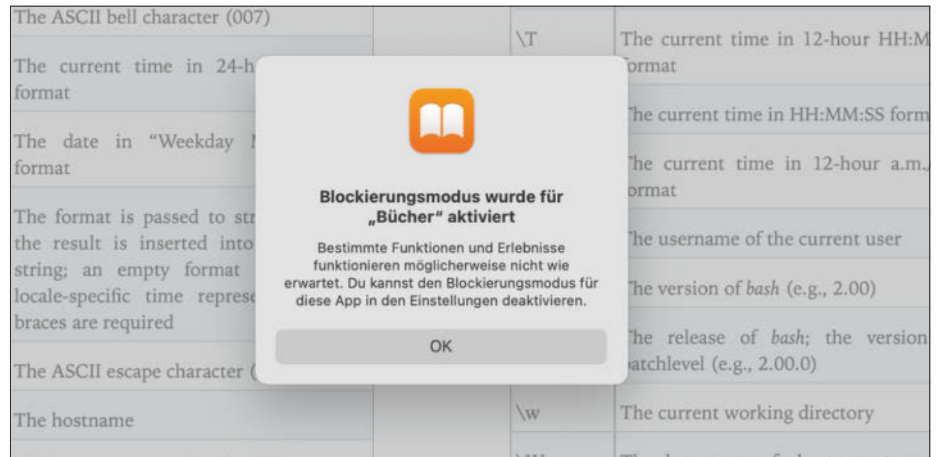
## Regeln gegen Spionagesoftware

Aus Sicht von Amnesty International sei grundsätzlich positiv zu bewerten, dass sich Betriebssystemhersteller um eine höhere Abhörsicherheit bemühen, sagt Kristina Hatas, Expertin für Menschenrechte im digitalen Zeitalter bei Amnesty International in Deutschland, im Interview gegenüber der c't. Für eine langfristige Lösung sieht sie jedoch andere Akteure in der Pflicht.

„Die Wurzel des Problems sind die Firmen, die ein Geschäft daraus machen, Spähsoftware zu vermarkten – und Staaten, die diese kaufen.“ Deren Praxis, Sicherheitslücken auszunutzen, anstatt sie dem Hersteller zu melden, bedeute eine Gefährdung aller Anwender. „Zero-Day-Exploits betreffen Millionen Menschen“, so Hatas.

Amnesty International fordert darum ein sofortiges Moratorium für den Verkauf und Einsatz von Spionagesoftware, bis eine weltweit bindende Regulierung über ihren Erwerb und Einsatz in Kraft tritt. „Das System ist komplett außer Kontrolle geraten. Um nur ein Beispiel aus der EU zu nennen: In Spanien standen katalanische Aktivistinnen gleichzeitig mit dem spanischen Regierungschef auf der Liste der Abhörziele der NSO Group.“

Weiterhin verwenden laut Amnesty deutsche Sicherheitsbehörden immer



**Im Lockdown-Modus warnt das Betriebssystem bei jeder App einmalig vor Einschränkungen.**

noch Spähsoftware. Fraglich bleibe auch, ob die in Deutschland angewandten Produkte jedoch nicht den im Grundgesetz verankerten Schutz der Privatsphäre sicherstellen könnten – im deutschen Recht „Kernbereich privater Lebensgestaltung“ genannt. Zudem stünden die Server der Anbieter meist außerhalb der EU. Damit würden bei jeder Überwachung personenbezogene Daten entgegen der DSGVO

exportiert. Ob und wie die hochsensiblen Daten dadurch vor Einblick von Dritten geschützt sind, sei daher unklar. Obendrein hüllten sich die Geheimdienste über den Umfang und das Ziel ihrer Abhöraktionen in Schweigen, selbst gegenüber den parlamentarischen Kontrollgremien.

## Ausblick

Wer den Blockierungsmodus aktiviert, ist nicht vor allem Unbill aus dem Netz geschützt. Denn Tracking, Cookies, Werbung und Ähnliches bleiben weitestgehend unberührt vom Lockdown. Stattdessen können Webserver sogar erkennen, dass ein Gerät keine Just-in-time-Kompilierung ausführt, und so Anwender eventuell leichter einem persistenten Profil zuordnen.

Wem die Anonymität im Netz am Herzen liegt, der sollte mit Safari-Plug-ins oder einem Netzwerkfilter wie AdGuard oder Pi-Hole Hand anlegen. Vor Belästigungen schützt der Blockierungsmodus auch nur bedingt, da er lediglich Kontaktaufnahmen Unbekannter sperrt. Wer eine Nachstellung aus dem persönlichen Umfeld vermutet, etwa über die Familienfreigabe, erhält mit der Funktion „Sicherheitsprüfung“ einen Überblick über seine Datenfreigaben und kann diese sperren.

Apple will den Lockdown-Modus kontinuierlich weiterentwickeln. Auch das firmeneigene Bug-Bounty-Programm hat der Hersteller angepasst: Für Lücken, die selbst diese Blockade durchbrechen, verdoppelte Apple die Ausschüttungssumme. (imj@ct.de) **ct**



**Wer erhöhten Schutz will, muss zunächst die Einschränkungen abnicken.**

**Infos von BSI und Amnesty International:**  
[ct.de/yw7x](https://ct.de/yw7x)

# Ad Ventura

## Die Neuigkeiten in macOS 13

**Einen Monat nach iOS 16 hat Apple macOS 13 als kostenloses Upgrade veröffentlicht. Mit ihm nähern sich Macs und iPads einander weiter an, sowohl optisch als auch physisch. Das gelingt nicht ohne Reibungsverluste.**

Von Hartmut Gieselmann und Immo Junghärtchen

Apple betonte in den vergangenen Jahren stets, Mobil- und Desktop-Betriebssysteme getrennt halten zu wollen. In den aktuellen Updates gibt es aber Features, die zumindest iPads und Macs ähnlicher erscheinen lassen, etwa was die Systemeinstellungen und die Fensterverwaltung angeht. Dafür wurden teils deutliche Änderungen an Unterbau wie Oberfläche notwendig – die mal mehr, mal weniger gut gelungen sind.

Das kostenlose Upgrade auf macOS 13 Ventura, das Apple seit dem 24. Oktober über die eingebaute Funktion Softwareupdate verteilt, bekommen iMac, MacBook und MacBook Pro ab 2017, MacBook Air und Mac mini ab 2018, Mac Pro ab 2019 sowie der Mac Studio. Ältere Apple-Rechner erhalten nur noch Sicherheitsupdates.

### Stage Manager

Den Überblick über die auf einem Bildschirm angeordneten Programmfenster soll der neue Stage Manager verbessern, den man im Kontrollzentrum aktiviert. Er sortiert auf jedem angeschlossenen Bildschirm offene Fenster in Stapel, die sich am linken Bildschirmrand aufreihen. In der Großansicht bleibt nur das aktuelle Fenster aktiv. Wer mehrere Fenster gleichzeitig bearbeiten will, kann aus der Miniaturansicht das jeweils vorderste Fenster in die Großansicht ziehen.

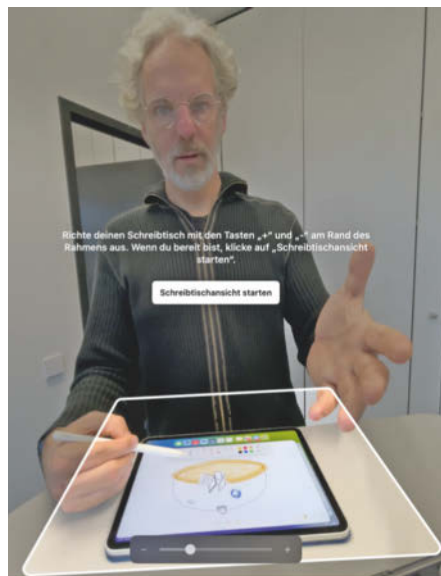
Per Klick oder Command-Tab wechseln Anwender zwischen den Fenster-

sammlungen, wobei macOS 13 den Wechsel schick animiert. Die Spaces genannten virtuellen Desktops bleiben parallel bestehen und füllen jeweils ihre eigene Stage.

Probleme bereiten der aktuellen Version zuweilen noch Pop-up-Einblendungen: Wenn sie in einem Fenster der Miniaturansicht auftreten, ließen sich diese mitunter nicht mehr großziehen. Den Stage Manager gibt es auch unter iPadOS 16 – allerdings nur auf Geräten mit M-, A14- oder A12X/Z-Chip; die Möglichkeiten, mehrere Fenster zu skalieren und anzuordnen, sind dort jedoch erheblich eingeschränkt.

### iPad-Bildschirm und iPhone-Kamera

Mit Ventura und iPadOS 16 ist es nun einfacher, ein iPad als zweiten Bildschirm einzubinden. Die Bildschirmserweiterung ist simpler zu aktivieren und anzupassen. Grundsätzlich funktioniert sie nicht nur per Kabel, sondern auch per WLAN, im Test brach die Verbindung zu einem iPad Pro der zweiten Generation aber immer wieder ab.



**In der Schreibtischansicht nutzt das iPhone die Weitwinkelkamera, um den Tischbereich einzublenden.**

Problemlos klappte es hingegen, die Kamera eines iPhones mit iOS 16 an einem Mac einzubinden – Apple nennt dieses Feature in den iPhone-Einstellungen „Integrationskamera“ (Englisch: Continuity Camera). Liegt ein kompatibles iPhone mit iOS 16 in der Nähe, das derselben Apple-ID zugeordnet ist, Bluetooth aktiviert hat und im selben WLAN hängt, können FaceTime oder andere Videokonferenzprogramme wie Teams dessen Hauptkamera nutzen. Das funktioniert allerdings nur, wenn keine Bildschirmsynchronisation mit einem iPad eingeschaltet ist.

Bei aktiver iPhone-Kamera erscheint im Kontrollzentrum der zusätzliche Eintrag „Videoeffekte“: „Porträt“ etwa hüllt den Hintergrund in Unschärfe. „Folgemodus“ zentriert auf die sichtbaren Personen. Die Schreibtischansicht nutzt das Weitwinkelobjektiv, um zusätzlich zum Gesicht den Tischbereich vor der sprechenden Person einzublenden. Ein Assistent hilft beim Justieren der Kamera, bevor man den Doppelbildmodus scharf schaltet – bei FaceTime und QuickTime kommen dann zwei parallele Videobilder an.

### Musikprogramme

Beim Start einer neuen macOS-Version hatten in den vergangenen Jahren insbesondere Musiker mit Kompatibilitätsproblemen zu kämpfen. Für gewöhnlich dauerte es mehrere Monate, bis die Software-Entwickler ihre Programme für das neue macOS angepasst hatten. Unter macOS Ventura fallen die Probleme deutlich geringer aus. In einem Test konnten wir alle großen Musikprogramme wie Cubase, Pro Tools, Ableton Live, Studio One oder Bitwig starten – vorausgesetzt, sie waren auf dem neuesten Stand. Selbiges gilt auch für Plug-ins von Software-Instrumenten und -Effekten.

Beim ersten Start von Logic Pro X und Final Cut muss man mit dem Plug-in-Manager etwas Geduld haben. Der scannt sämtliche AU-Plug-ins erneut durch und meckert bei einigen älteren Installationen, etwa von Native Instruments oder iZotope. Auch hier lassen sich die Probleme nach einem Update der Plug-ins lösen. Selbst tief ins System eingreifende Treiber wie die von RME oder dem Synthesizer-Hersteller Elektron liefen problemlos. Musiker können also durchaus schon jetzt ihre Macs updaten, sollten von Produktivsystemen aber zur Sicherheit vorher ein Backup anlegen, falls eine Spezialanwendung sich doch nicht mit Ventura vertragen sollte.

Nutzer von Logic Pro X wird es freuen, dass Apple der Software ein Update auf Version 10.7.5 spendiert hat. Der kleine Versionssprung bringt zwar nur wenige Neuerungen wie etwa verschachtelte Spurgruppen und Aufnahmen abseits des festen Temporasters mit, behebt aber weit über hundert Fehler, die beispielsweise die Produktion von 3D-Songs in Dolby Atmos erschweren.

## Fotos-App

Die zentrale Bilderverwaltung von macOS gewinnt einige lang herbeigewünschte Funktionen hinzu. Beispielsweise durchsucht die App Fotos ihre Datenbank selbstständig nach Dubletten. In einer Sonderansicht namens „Duplikate“ kann man sie zusammenführen.

Wer mehrere Bilder in derselben Situation aufgenommen hat, wird zu schätzen wissen, dass er Farbstich- und Kontrasteinstellungen von einem Bild auf weitere Bilder kopieren kann. Das gelingt aktuell nur über das Kontextmenü oder die Menüleiste, ein Tastenkürzel sieht Apple nicht vor.

Mit der „geteilten Mediathek“ dürfen Nutzer eine zweite Mediathek einrichten, deren Inhalt sie mit anderen teilen. Damit man eine geteilte Mediathek anlegen darf, muss in Fotos die iCloud-Freigabe eingerichtet sein. Dem Besitzer der geteilten Mediathek rechnet Apple dann auch den Speicherplatz aufs iCloud-Kontingent an. Was man der geteilten Mediathek überlässt, verschwindet aus der privaten iCloud-Sammlung. Apple hält lediglich für die ersten sechs Monate einen Schnappschuss des Ursprungszustands vor.

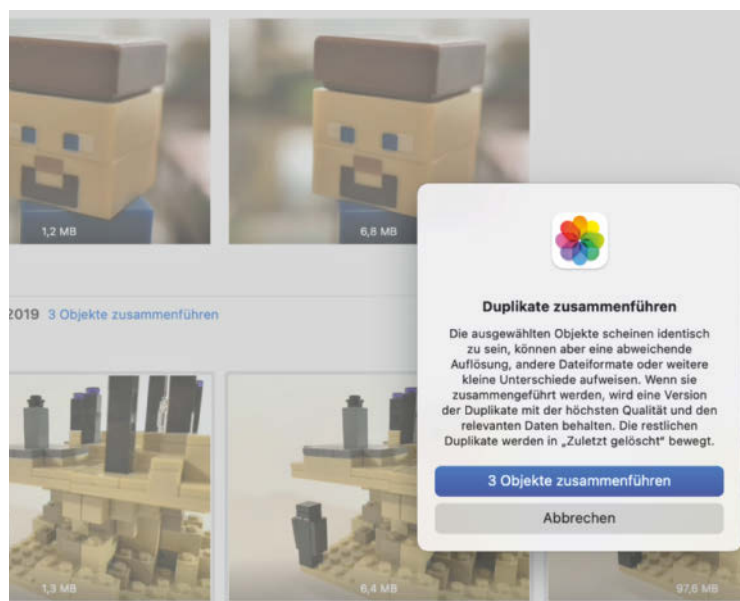
Bis zu fünf weitere können die geteilte Mediathek bearbeiten, also Bilder hinzufügen, bearbeiten oder löschen. Zwar darf jeder eine geteilte Mediathek erstellen, aber auch nur an einer beteiligt sein – die Fotos-App erlaubt keine zwei geteilten Mediatheken nebeneinander.

## Hinterherkorrektur

In Mail und der Nachrichten-App erlaubt macOS 13, versendete Nachrichten zu korrigieren oder gar zurückzurufen. E-Mails werden einfach mit einer Verzögerung von 10 bis 30 Sekunden versandt. Bricht man den Vorgang rechtzeitig ab, erscheint wieder das Verfassen-Fenster.

In der Nachrichten-App ermöglicht Ventura umfangreichere Nachbearbeitungen, zumindest bei Nachrichten an andere iOS-Nutzer: Anwender können zwei Minuten lang den Versand ungeschehen

**Die Fotos-App durchsucht die Bildersammlung nach Duplikaten und unterstützt Anwender dabei, sie zusammenzuführen.**



machen oder alternativ „Bearbeiten“ auswählen, um Tippfehler oder unglückliche Formulierungen zu korrigieren. Der Fauxpas bleibt aber dem Rezipienten nicht vollends verborgen. Über den kleinen blauen „Bearbeitet“-Schriftzug unter dem editierten Text können Sender wie Empfänger jederzeit die Chronologie der Nachrichtenzustände nachvollziehen. Übrigens: Wenn Empfänger den Blockierungsmodus (vgl. S. 134) aktiviert haben, sehen sie auf dem Gerät nichts von den nachträglichen Veränderungen, die ursprüngliche Version bleibt erhalten.

## Verringerte Passwort-Last

Auf Macs organisiert die Schlüsselbundverwaltung nicht nur Kennwörter, sondern schlägt im Safari-Browser auch neue vor, wenn es entsprechende Eingabefelder erkennt. In Ventura erlaubt dieser Assistent nun erstmals, den Vorschlag zu bearbeiten, um sie den Anbietervorgaben oder der eigenen Erinnerungsfähigkeit anzupassen.

Ganz aufs Passwort verzichten kann man bei Diensten, die WebAuthentication unterstützen. Wer seine Kennwortsammlung via iCloud synchronisiert, kann darin die Public Keys für die notwendige Verschlüsselung sichern. Die Authentifizierung läuft in Safari direkt via Betriebssystem, sofern man mit der Apple-ID angemeldet ist. In anderen Browsern gelingt die Anmeldung über einen QR-Code, den man mittels iPhone oder iPad einliest.

## Neue Einstellungen

Nicht nur das Layout der Systemeinstellungen, sondern auch die Aufteilung hat

sich verändert. Die Suchfunktion im Fensterkopf der linken Spalte hilft, die umsortierten Einträge aufzuspüren. Allerdings offenbart die Einstellungen-App noch so einige Bugs; nicht immer spiegelt die linke Spalte wider, was in der rechten Spalte gerade angezeigt wird. Sie erholt sich, wenn man beherzt in der Seitenleiste umherklickt oder die App neu startet.

Die Netzwerkumgebungen, mit denen Anwender sich im Kontrollfeld „Netzwerkeinstellungen“ bestimmte Konfigurationen einrichten konnte, sind weggefallen. Dafür dürfen macOS-Nutzer nun analog zu iOS netzwerkspezifische Einstellungen festlegen, etwa den präferierten DNS-Server. Die nun unter „Allgemein“ beheimateten Anmeldeobjekte zeigen fortan sämtliche Launch Agents und Daemons, die sonst nur die Kommandozeile aufspürte[1].

## Fazit

macOS Ventura bringt mit dem Stage Manager und den neu sortierten Einstellungen einige visuelle Überarbeitungen mit, die die Orientierung vereinfachen. Besitzer von iPad und iPhone profitieren von der engeren Integration der Mobilgeräte. Da sich die Anzahl der Bugs und Kompatibilitätsprobleme in engen Grenzen hält, spricht nichts gegen ein Upgrade auf macOS 13.0 – vorsichtshalber wie immer erst nach einem Backup, versteht sich.

(imj@ct.de) **ct**

## Literatur

- [1] Hartmut Gieselmann: Nachbrenner per Software, c't 15/2022, S. 64



# Für Wissenshungrige...

## Ausgewählte Fachliteratur



Wolfram Gieseke

### Windows 11 – Das Praxisbuch

Der ideale Begleiter für den PC-Alltag mit Windows 11. Mit Schritt-für-Schritt-Lösungen, direkt umsetzbaren Praxisrezepten sowie zahlreichen Tipps und Tricks führt es Sie durch alle wichtigen Themen und erleichtert Ihnen so die Arbeit mit Windows.

19,95 €



Brian Svidergol, Bob Clements, Charles Pluta  
**Microsoft 365 Mobilität und Sicherheit**

Bereiten Sie sich auf die Microsoft-Prüfung MS-101 vor und zeigen Sie, dass Sie die erforderlichen Fähigkeiten und Kenntnisse für die Verwaltung von Mobilität und Sicherheit in Microsoft 365 sowie die damit verbundenen Verwaltungsaufgaben in der Praxis beherrschen. Dieses Prüfungstraining wurde für erfahrene IT-Profis entwickelt.

49,90 €



Eric Amberg, Daniel Schmid  
**Hacking – Der umfassende Praxis-Guide (2. Auflage)**

Dies ist ein Leitfaden für angehende Hacker, Penetration Tester, IT-Systembeauftragte, Sicherheitsspezialisten und interessierte Poweruser. Mithilfe vieler Workshops sowie Tipps und Tricks lernen Sie die Vorgehensweise eines professionellen Hacking-Angriffs kennen.

49,99 €



Michael Weigend  
**Python 3 für Studium und Ausbildung**

Alle wichtigen Grundlagen der Python-Programmierung werden erklärt. Es sind keine Vorkenntnisse notwendig und die Themen werden fachunabhängig erläutert.

19,99 €



Christian Immler  
**Haus und Wohnung smart vernetzt**

Ob Sie Daten, Musik und Medien im ganzen Haus nutzen, Ihr WLAN optimieren oder per App aus der Ferne Ihre Heizung anstellen, diese und weitere relevante Themen rund um Ihr vernetztes Zuhause werden in diesem Buch ausführlich besprochen.

19,95 €

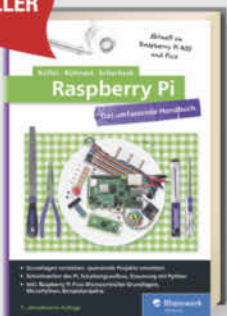


Thomas Kaffka  
**3D-Druck – Praxisbuch für Einsteiger (3. Auflage)**

Entdecken Sie die nahezu unbegrenzten Möglichkeiten des 3D-Drucks in allen Varianten: vom Einsatz des eigenen 3D-Druckers zu Hause über die Verwendung von öffentlich zugänglichen Druckern bis hin zur Nutzung von 3D-Druckservices.

29,99 €

BEST-SELLER



Michael Kofler, Charly Kühnast, Christoph Scherbeck  
**Raspberry Pi (7. Auflage)**

Das Standardwerk in 7. Auflage, aktuell zum Raspberry Pi Pico. Die RasPi-Experten Michael Kofler, Charly Kühnast und Christoph Scherbeck bieten Ihnen auf über 1.000 Seiten das komplette Wissen, damit Sie mit dem Raspberry Pi richtig durchstarten.

44,90 €



**Anatomie 4D – Der menschliche Körper**

Mithilfe einer kostenlosen App und bahnbrechender Augmented Reality kann der Aufbau der Knochen, die Muskeln in Aktion, das Nerven- und Kreislaufsystem sowie das größte menschliche Organ, die Haut, beobachtet werden.

14,95 €



[shop.heise.de/highlights2022](https://shop.heise.de/highlights2022)

PORTOFREI AB 20 € BESTELLWERT INNERHALB DEUTSCHLANDS



## Zubehör und Gadgets



### ParkLite

ParkLite denkt mit. Die elektronische Parkscheibe stellt automatisch nach ca. 20 Sekunden die Parkzeit ein. Damit ist

Schluss mit Bußgeldern! Hitze- und kältebeständig, inklusive Reinigungstuch und Klebepads.

29,90 €



### Aluminium-Case FLIRC

Das hochwertige Gehäuse aus stabilem Aluminium ist ideal, um den Raspberry Pi 4 als Media Center zu verwenden. Das elegante Design integriert sich optimal in jede Wohnumgebung. **Auch im Set mit Raspi 4 Model B 2GB erhältlich.**

23,90 €

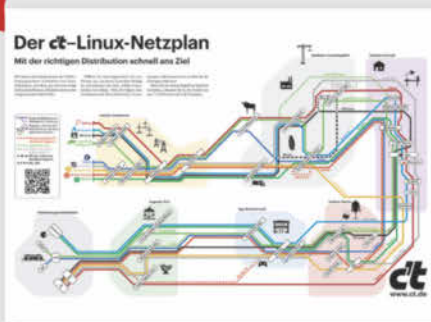


### musegear® finder Version 2

Finden Sie Schlüssel, Handtasche oder Geldbeutel bequem wieder statt ziellos zu suchen. Mit dem Finder können Sie z.B. das Smartphone klingeln lassen oder Wertgegenstände einfach tracken und noch mehr.

24,90 €

NEU



### c't-Linux-Netzplan

Entdecken Sie Linux auf eine ganz neue Art – als Netzfahrplan im A2-Format. Die verschiedenen Linux-Distributionen fahren wie U-Bahn-Linien durch die Landschaft und halten an Stationen, die für unterschiedliche Eigenschaften und Features stehen. Verfolgen Sie die Fahrt Ihrer Lieblings-Distribution durch das Hardware-Gewerbegebiet über das Fashion-Viertel bis zum Upgrade-Park.

9,90 €



### PokitMeter – Multimeter, Oszilloskop und Logger

PoKit misst, zeigt und protokolliert eine Vielzahl von Parametern wie Spannung, Strom, Widerstand und Temperatur mittels Verbindung via Bluetooth mit Ihrem Smartphone oder Tablet.

109,90 €



### Joy-IT OR750i: Freifunk- & OpenWrt-Dual-Band-Router

Der Einstieg in die Freifunk- und OpenWrt-Welt kann oft schwierig sein. Deshalb hat Joy-IT in Zusammenarbeit mit Freifunk Hannover und c't den OR750i entwickelt.

Dank Webinterface kann man beliebige Firmwares einfach hochladen – ohne komplizierte Kommandos oder inkompatible Hardware-Revisionen; ideal für OpenWrt-Einsteiger und solche, die Freifunk einfach nur nutzen wollen.

39,90 €

BEST-SELLER



### Tasse „Kein Backup? Kein Mitleid!“

Wer kennt es nicht? Die lieben Kollegen haben wieder mal die Datensicherung vergessen und betteln bei Ihnen in der IT-Abteilung um Hilfe. Sie denken sich dabei nur: „Kein Backup? Kein Mitleid!“ Platzieren Sie die schicke Keramik tasse, außen mattschwarz und innen rot, einfach demonstrativ auf Ihrem Schreibtisch. Der praktische Holzdeckel kann gleichzeitig als Untersetzer verwendet werden und verhindert somit nervige Kaffeecken auf dem Schreibtisch.

17,90 €



### REINER SCT Authenticator

Der REINER SCT Authenticator speichert die elektronischen Schlüssel für die Logins sicher in seiner Hardware und generiert die TOTP-Einmalpasswörter hochgenau alle 30 Sekunden. Er arbeitet **ohne Internetverbindung** und kann deshalb online nicht angegriffen werden. Zusätzlich kann seine Funktion noch mit einem **PIN-Schutz** abgesichert werden.

44,90 €



### „No Signal“ Smartphone-Hülle

Passend für Smartphones aller Größen bis 23cm Länge blockt diese zusammenrollbare Hülle alle Signale von GPS, WLAN, 3G, LTE, 5G und Bluetooth, sowie jegliche Handy-Strahlung. Versilbertes Gewebe im Inneren der Tasche aus recycelter Fallschirmseide bildet nach dem Schließen einen faradayschen Käfig und blockiert so alle Signale.

39,90 €



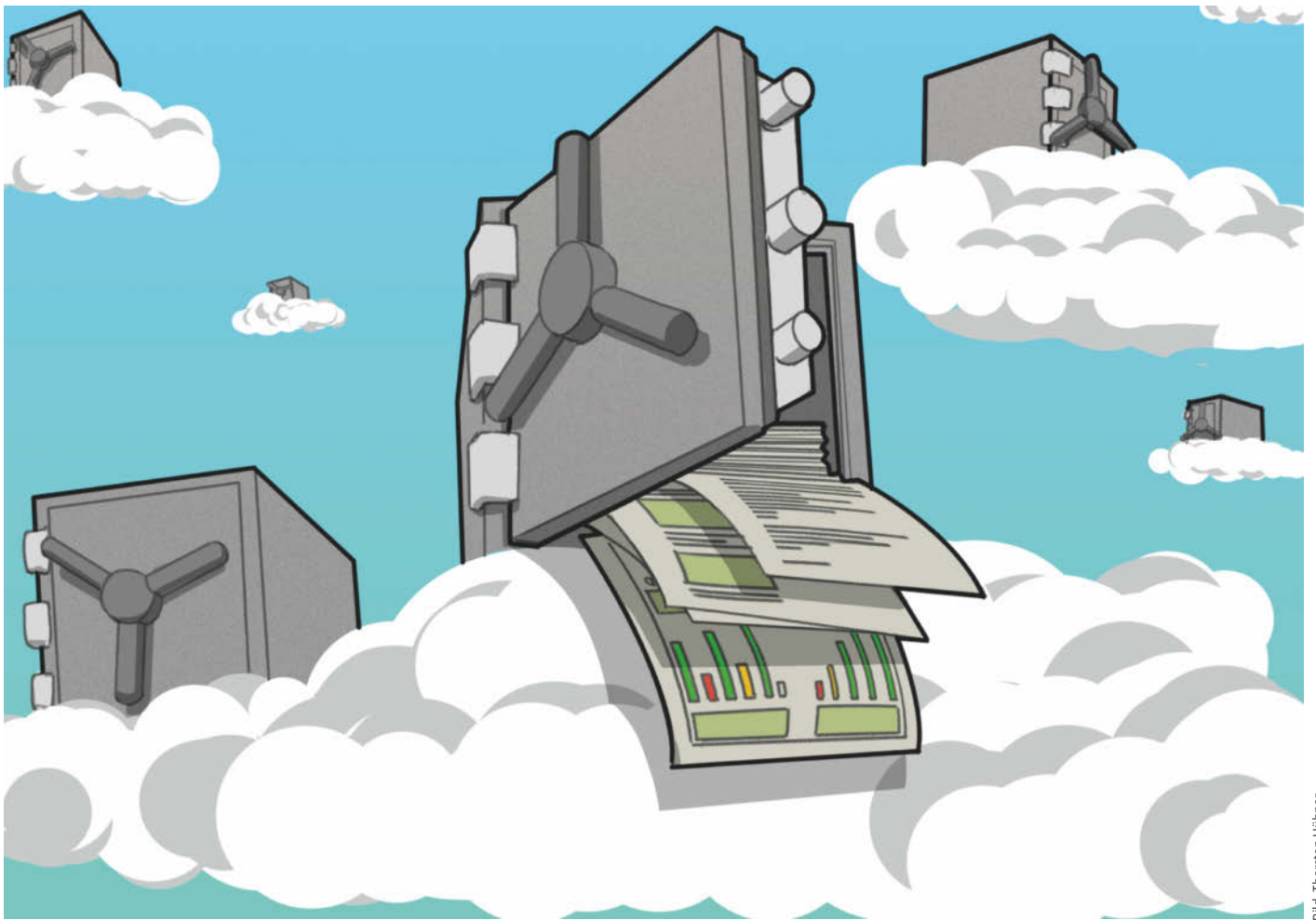


Bild: Thorsten Hübner

# Schloss in den Wolken

## MS-Office-Dateien auf OneDrive mit Cryptomator verschlüsseln

**Mit der Freeware Cryptomator kodieren Sie Office- und andere Dateien bequem automatisch, bevor sie in der Cloud landen. Ein paar Haken gibt es aber.**

Von Stefan Wischner

**V**ertrauen ist gut, verschlüsseln ist besser. Zwar versichert Microsoft regelmäßig, nicht in die auf OneDrive oder OneDrive for Business gespeicherten Daten zu schauen. Dass das aber doch passiert, steht außer Zweifel, wenn nicht durch menschliche Mitarbeiter, dann zumindest durch KI-Algorithmen. Denn

immer wieder kommt es zu Kontosperrungen wegen vermeintlich unangemessener oder illegaler Inhalte der Cloudspeicher. Diese Sperre wieder aufheben zu lassen, ist schwer bis unmöglich [1].

Die beste Vorsorge ist, die Daten bereits auf dem eigenen Rechner verschlüsselt zu speichern, bevor sie mit OneDrive synchronisiert werden (Ende-zu-Ende). Das ergibt nicht nur bei Fotos Sinn, deren Bewertung durch die KI wohl der häufigste Anlass für Kontosperrungen sind, sondern bei allen Inhalten mit sensiblen Informationen – auch und vor allem aus Microsofts Officeprogrammen. Sehr einfach geht das mit dem kostenlosen Cryptomator. Damit legen Sie einen oder mehrere „Tresore“ als virtuelle Laufwerke innerhalb der Ordnerstruktur an, die das jeweilige Synchroni-

sationsprogramm (OneDrive, Dropbox, Google Drive...) mit dem Clouddienst abgleicht. Eine Anleitung, wie das unter Windows geht, finden Sie weiter unten in diesem Artikel.

Der Inhalt eines Cryptomator-Tresors ist mit AES-256 verschlüsselt und das Kennwort zusätzlich durch die script-Schlüsselableitungsfunktion gegen Wörterbuch- und Brute-Force-Angriffe abgesichert. Auch die Datei- und Ordnernamen sind verschlüsselt. Es ist somit nahezu ausgeschlossen, dass Microsoft oder eine neugierige US-Behörde in die Dateien gucken kann – egal, ob es sich dabei um Fotos, Textdokumente oder Excel-Arbeitsmappen handelt.

Das virtuelle Laufwerk nutzen Sie aus jeder Anwendung heraus genauso wie eine



## c't kompakt

- Mit Cryptomator lassen sich Dateien sicher verschlüsseln, bevor sie in einen Clouddienst hochgeladen werden.
- Das funktioniert auch mit MS Office, wenngleich mit ein paar Besonderheiten und Einschränkungen.
- Bestimmte Office-Funktionen senden Inhalte trotzdem unverschlüsselt an Microsoft.

interne oder externe Festplatte. Allerdings sind die Programme aus Microsofts Office-Paket deutlich stärker mit Online-Diensten auf den Servern des US-Unternehmens verzahnt als viele andere Anwendungen. Wenn Sie Word-Dokumente, Excel-Tabellen und PowerPoint-Präsentationen vor dem Upload auf OneDrive verschlüsseln, handeln Sie sich ein paar Einschränkungen ein und müssen auf einige Besonderheiten achten.

### Gefährliche Funktionen

Die in OneDrive gespeicherten und zuvor mit Cryptomator verschlüsselten Office-Dateien sind grundsätzlich sicher. Allerdings gibt es ein paar Funktionen in MS Office, durch deren Nutzung Sie Microsoft trotz Cryptomator doch Inhalte von Office-Dateien verraten können, ohne es zu wissen. Diese Funktionen greifen nicht auf die ruhenden (auf OneDrive gespeicherten) Daten zu, sondern erhalten unverschlüsselte Inhalte aus dem gerade bearbeiteten Text oder Arbeitsblatt, also dem Arbeitsspeicher Ihres Rechners – komplett an der Cryptomator-Verschlüsselung vorbei.

Microsoft fasst die betreffenden Funktionen unter dem Begriff „verbundene Erfahrungen“ zusammen. Sie sind auch Bestandteil einer Analyse des BSI zum Datenabfluss aus MS Office (<https://heise.de/s/ODQd>). Zu den verbundenen Erfahrungen gehören zum Beispiel die Spracheingabe, Recherche in Word, Handschrifterkennung, Übersetzung, die Onlinesuche nach ähnlichen Texten, der PowerPoint-Designer, Pivot-Empfehlungen in Excel und einige mehr. Eine Auflistung der verbundenen Erfahrungen liefert Microsoft unter <https://heise.de/s/4L6N>.

Ein einzelnes Wort für die Online-recherche aus Word im Klartext an die

Microsoft-Server zu schicken, scheint noch recht unkritisch. Lassen Sie hingegen ein komplettes Dokument in eine andere Sprache übersetzen oder nach ähnlichen Texten im Netz suchen, übermitteln Sie den gesamten Inhalt des Dokuments unverschlüsselt an Microsoft. Verhindern können Sie das nur, indem Sie die betroffenen Funktionen nicht nutzen oder – besser – die verbundenen Erfahrungen gleich ganz abschalten. Mehr dazu finden Sie unter [2].

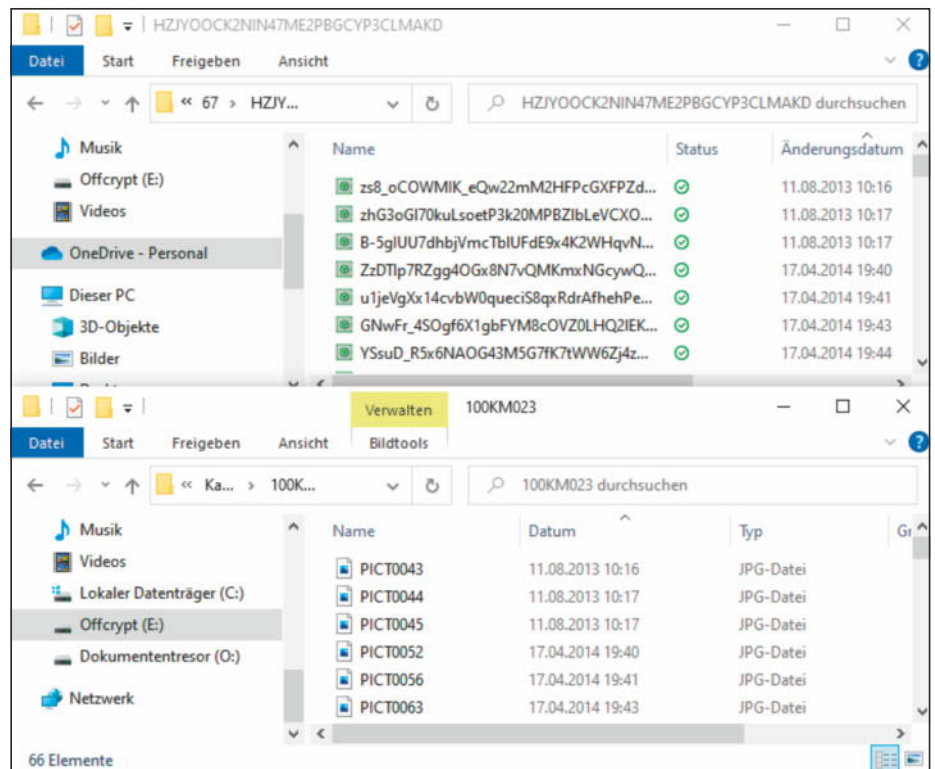
### Kein Online-Office, kein Team(s)work

Die Webversionen von Word, Excel und PowerPoint, die im Browser laufen, können die verschlüsselten Dateien weder öffnen noch bearbeiten. Sie greifen direkt auf den Cloudspeicher zu und nicht auf die (entschlüsselten) Dateien in Ihrem lokalen Cryptomator-Tresor. Sie können nicht einmal die Dateinamen und das Format erkennen. Das betrifft nicht nur Microsofts Web-Office in Chrome, Firefox, Safari oder Edge, sondern auch Microsoft Teams, das ja standardmäßig ebenfalls die Browserversionen nutzt.

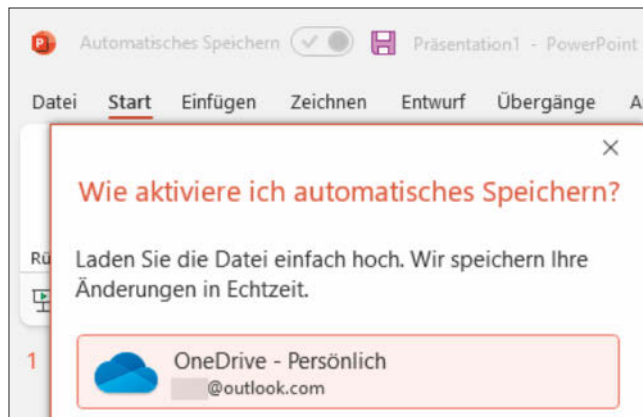
Ein wesentlicher Grund, Officedateien in der Cloud zu speichern, ist die Möglichkeit, mit mehreren Autoren gleichzei-

tig daran zu arbeiten – sei es in einer Browserversion der Officeprogramme oder mit den lokal installierten Anwendungen. Das funktioniert nur, weil die Officeprogramme bei auf OneDrive und OneDrive for Business abgelegten Dateien nicht auf die lokal gespeicherten Versionen zugreifen, sondern über ein spezielles Protokoll (MSFSSHTTP aka Cobalt) mit den Cloud-Servern direkt kommunizieren. Dokumente und Tabellen werden dabei in kleine Teile zerlegt, nur die geänderten Teilobjekte (zum Beispiel Textabsätze, Bilder, Tabellenzellen) werden synchronisiert und auf dem Server wieder zusammengesetzt.

Das kann mit einer Verschlüsselungssoftware wie Cryptomator nicht funktionieren, denn die speichert komplette Dateien im Tresorordner, der wiederum nicht vom jeweiligen Officeprogramm, sondern dem OneDrive-Client als Ganzes synchronisiert wird. Während eine solche Datei beispielsweise in Word oder Excel geöffnet ist, wird sie vom Betriebssystem komplett gegen Fremdbearbeitung gesperrt (File locking). Zwar könnten Sie den kompletten Tresorordner, der ja als Synchronkopie auch auf OneDrive liegt, anderen zur Bearbeitung freigeben. Wenn die



**Zweimal derselbe Ordner: Oben das, was Microsoft sieht (OneDrive-Ordner), unten der entsperrte Cryptomator-Tresor (virtuelles Laufwerk E:). Nur das Dateidatum bleibt unverschlüsselt.**



**Automatisches Speichern in Officeprogrammen verlangt, dass man die betreffende Datei auf OneDrive speichert. Mit Dateien in einem Cryptomator-Tresor funktioniert das nicht, auch wenn der in der Cloud liegt.**

ebenfalls Cryptomator nutzen und das Tresorpasswort kennen, können sie die Datei auch öffnen. Jedoch immer nur exklusiv; andere Nutzer können währenddessen nur lesend zugreifen.

### Auch kein automatisches Speichern

Neuere Versionen von Microsoft Office enthalten eine optionale Autosave-Funktion. Ist die aktiv, werden Dokumente, Arbeitsmappen und Präsentationsdateien automatisch gespeichert, sobald sich der Inhalt ändert. Ob Autosave eingeschaltet ist, erkennen Sie an einem Schiebeschalter links oben in der Schnellstartleiste der Officeprogramme („Automatisch speichern“). Die Funktion ist nicht zu verwechseln mit dem Zeitintervall-gesteuerten Auto-Wiederherstellen (dazu gleich mehr).

Autosave wurde vor allem für Nutzer eingeführt, die gemeinsam an einem Dokument arbeiten und stellt sicher, dass Anwender nicht daran denken müssen, nach jeder Änderung zu speichern. So haben alle Beteiligten immer die aktuelle Fassung. Es befreit aber auch Solobearbeiter davon, regelmäßig manuell zu speichern.

Autosave funktioniert nur für auf OneDrive gespeicherte Office-Dateien, denn wie bei der Teamarbeit wird nicht die lokale Kopie aktualisiert, sondern direkt die Version in der Cloud. Liegen die Dateien hingegen in einem Cryptomator-Tresor, sind sie aus Sicht der Officeprogramme in einem lokalen Ordner gespeichert – egal, ob der als synchronisierte Kopie auch in der Cloud liegt. Demzufolge weigert sich das Officeprogramm in diesem Fall, die Autosave-Funktion zu aktivieren. Versucht man den zugehörigen Schalter umzulegen, meckert Office, man müsse die Datei zuerst auf OneDrive ablegen.

### Unverschlüsselte Sicherungskopien

Deutlich älter als Autosave und nicht Cloud-abhängig ist die Auto-Wiederherstellen-Funktion von Word, Excel und PowerPoint. Sie erzeugt in bestimmten Zeitintervallen (standardmäßig alle zehn Minuten) eine Sicherungskopie der bearbeiteten Datei und bietet deren Wiederherstellung an, falls das Officeprogramm unerwartet geschlossen wurde, etwa durch einen Stromausfall oder einen Absturz. Dummerweise landen diese Kopien in einem lokalen Ordner abseits des Cryptomator-Tresors, sind also nicht verschlüsselt. Das ändert zwar nichts an der Sicherheit der Dateien im Cloudspeicher. Jedoch könnte jeder, der Zugang zu Ihrem Rechner hat, zumindest die Vorversion von Office-Dateien ungehindert einsehen.

Das können Sie auf zwei Arten verhindern: Entweder, Sie verzichten ganz auf diese Zwischenspeicherung oder Sie sorgen dafür, dass auch die Sicherungsdateien in einem Cryptomator-Tresor angelegt und verschlüsselt werden. Beides erreichen Sie in einem der genannten Officeprogramme über Datei/Optionen/Speichern (am Mac: „Einstellungen/Speichern“ im Word-Menü). Unter Windows finden Sie ziemlich weit oben die Option „AutoWiederherstellen-Informationen speichern alle“, gefolgt von einer Angabe des Backup-Intervalls. Entfernen Sie das vorangestellte Häkchen, um Auto-Wiederherstellung ganz abzuschalten oder geben Sie im Feld darunter einen Speicherordner an, der auf einem virtuellen Cryptomator-Laufwerk liegt. Mac-User können den Speicherort nur für Word ändern, und zwar unter „Einstellungen/Persönliche Einstellungen/Dateispeicherorte/Auto-Wiederherstellen-Dateien“. Mehr zu Auto-speicherung und Autowiederherstellung in MS Office finden Sie unter [3].

### Unter Verdacht

Wenige Tage, nachdem wir einige GByte an verschlüsselten Fotos in unseren Cryptomator-Tresor kopiert und auf OneDrive hochgeladen hatten, begrüßte uns der Clouddienst im Webbrowser mit einem großen Warnschild und verwehrte uns den Zugang zu allen Inhalten. Unser Cloudspeicher hätte „Anzeichen von Ransomware“ gezeigt.

Zunächst hatten wir uns über den zweiten Faktor zu identifizieren, dann erschien eine Liste mit einer Auswahl unserer Dateien – freilich nur Zeichensalat, da auch die Dateinamen verschlüsselt sind. Nachdem wir bestätigt hatten, dass das so seine Richtigkeit hat, gewährte OneDrive wieder Zugang zu den Daten.

An sich ein fürsorglicher Service, denn es ist ja nicht ausgeschlossen, dass tatsächlich ein Erpressungstrojaner die Daten verschlüsselt hat. Die von einigen Nutzern im Netz kolportierte Theorie, Microsoft wolle Nutzer mit dieser Gängelei generell davon abhalten, Dateien zu verschlüsseln, um vollen Zugriff auf die Daten zu haben, erscheint uns schon arg quergedacht. Allerdings sind Cryptomator-Verschlüsselungen durchaus identifizierbar; Microsoft täte gut daran, seine Prüfalgorithmen daraufhin zu verbessern und Cryptomator-Nutzer nicht unnötig aufzuhalten.

Zudem ist die Formulierung der Warnmeldung ziemlich unglücklich. Denn an deren Ende heißt es weiter, der Nutzer habe nun maximal 30 Tage Zeit, seine Daten über den Webdienst wiederherstellen zu lassen, sonst seien sie unwiederbringlich verloren. Das hat bei vielen Nutzern den Eindruck entstehen lassen, Microsoft hätte die verschlüsselten Daten in eine Art Quarantäne verbannt und würde sie nach einem Monat löschen.

Tatsächlich handelt es sich nur um einen Hinweis, dass im Falle einer tatsächlichen Attacke die älteren, möglicherweise noch unverschlüsselten Dateiversionen aus dem automatischen OneDrive-Backup noch für 30 Tage verfügbar seien. Unseren verschlüsselten Daten wurde kein Haar gekrümmt.

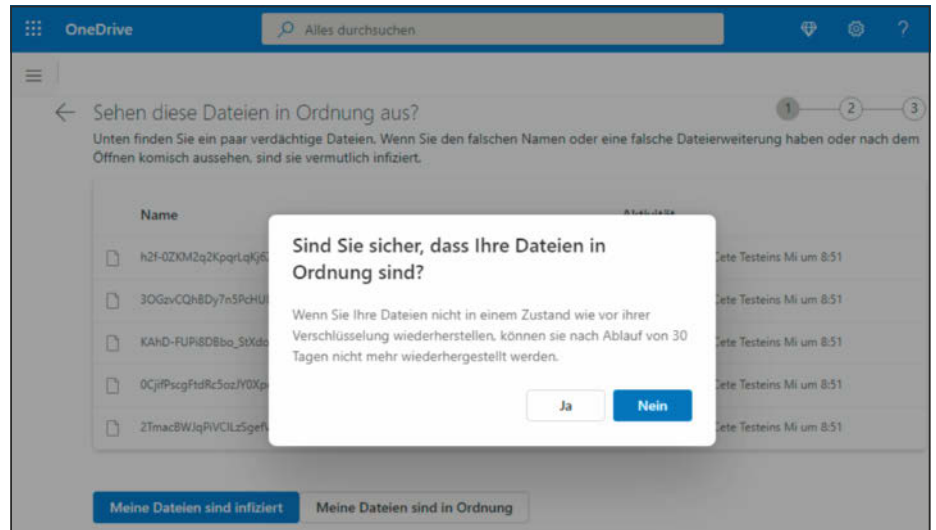
Allerdings wiederholte sich das Spiel, nachdem wir einen weiteren Schwung verschlüsselter Dateien hochgeladen hatten, diesmal schon nach wenigen Stunden und begleitet von einer warnenden E-Mail. Ein drittes Mal konnten wir den übereifrigen Wächter bislang nicht provozieren. Im Netz berichten einige Nutzer, bei ihnen

wäre nach dem zweiten oder dritten Mal endgültig Ruhe gewesen.

### Cryptomator einrichten

Wenn Sie mit den genannten Einschränkungen und Besonderheiten leben können und Ihre Office-Dateien in der Cloud künftig verschlüsseln möchten, richten Sie Cryptomator auf allen Rechnern ein, von denen aus Sie auf die Daten zugreifen möchten. Es gibt Versionen für Windows, macOS, Linux, Android und iOS. Im Folgenden lesen Sie eine Kurzanleitung für Windows; eine vollständige Dokumentation und Installationshilfen sowie die Installer für alle Systeme finden Sie beim Hersteller über [ct.de/y3rj](https://ct.de/y3rj).

Laden Sie den Installer von der Cryptomator-Website herunter und starten Sie ihn. Nachdem Sie die Lizenzvereinbarung abgeknickt, auf „Install“ geklickt und der Windows-Benutzerkontensteuerung grünes Licht gegeben haben, läuft die Einrichtung automatisch. Schließen Sie sie mit „Close“ ab.



**Microsoft vermutet bei verschlüsselten Dateien auf OneDrive eine Ransomware-Attacke und blockiert den Zugriff, bis man grünes Licht gegeben hat.**

Danach ist Cryptomator noch nicht aktiv; starten Sie die gleichnamige App über das Startmenü. Sie werden von einem

noch weitgehend leeren Fenster begrüßt. Wenn Sie möchten, dass Cryptomator künftig automatisch mit Windows gestar-

## Smart gespart



Dieses **heise online-Sonderheft** rund um den smarten Haushalt zeigt Ihnen viele spannende Produkte, die Zeit und Energie sparen, sich als Helfer im Alltag beweisen und obendrein noch Spaß machen:

- ▶ 11 smarte Heizkörperthermostate im Test
- ▶ Smarte Schließsysteme: Was Sie beim Kauf beachten müssen
- ▶ Alexa & Co. ins Smart Home einbinden
- ▶ Displays: Amazon Echo Show vs. Google Nest

**Heft + PDF  
mit  
29 % Rabatt**

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

[shop.heise.de/ho-wohnen22](https://shop.heise.de/ho-wohnen22)



tet wird, aktivieren Sie die zugehörige Einstellung nach einem Klick auf das Zahnradsymbol rechts oben im Register „Allgemein“. Schließen Sie das Einstellungsfenster wieder.

Klicken Sie links unten auf „Tresor hinzufügen“ und im nächsten Fenster auf „Neuen Tresor erstellen“. Im folgenden Dialog geben Sie dem Tresor einen Namen und legen danach einen Speicherort fest. Wenn Sie Dateien darin nicht nur lokal speichern und verschlüsseln, sondern auch in der Cloud halten möchten, muss das Ziel ein Ordner sein, den der jeweilige Cloudclient auch synchronisiert. Cryptomator erkennt, ob solche Clients installiert sind und bietet den zugehörigen Dienst zur Auswahl an, was bei der Einrichtung eines passenden Speicherorts helfen soll.

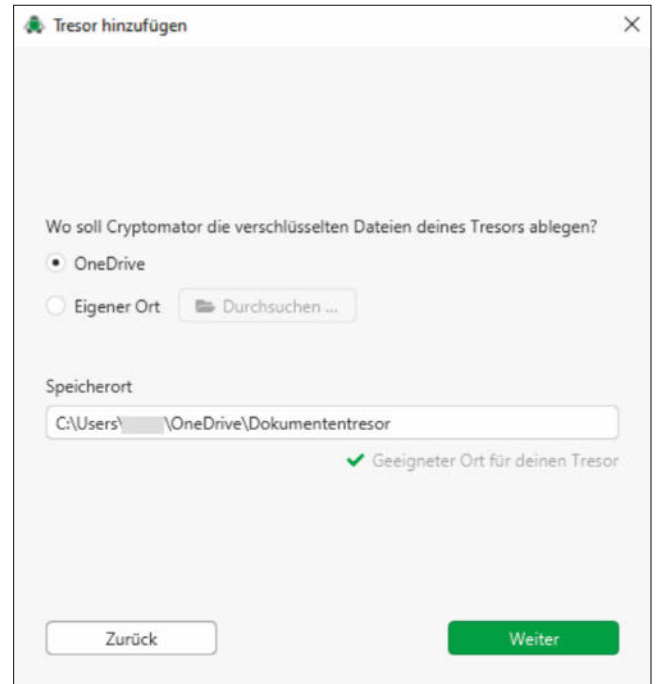
Im nächsten Schritt legen Sie ein sicheres Passwort für den Tresor an und lassen optional einen Wiederherstellungsschlüssel erzeugen. Das ist ein langer Textstring, den Sie ausdrucken oder in einen Passwortmanager kopieren können. Bewahren Sie ihn gut auf; damit können Sie (aber auch jeder andere, der ihn hat) ein vergessenes oder verlorenes Passwort zurücksetzen.

Nach einem Klick auf „Weiter“ wählen Sie „Fertig“, um die Einrichtung des Tresors abzuschließen. Klicken Sie stattdessen auf „Jetzt entsperren“, wird er auch gleich geöffnet, nachdem Sie das eben vergebene Passwort eingetippt haben. Ist der Tresor geöffnet, taucht er als eigenes Laufwerk im System auf. Dessen Buchstabe ist normalerweise der nächste freie; sie können ihn aber in den Tresoreinstellungen ändern. Wenn Sie möchten, können Sie nach demselben Verfahren auch mehrere Tresore anlegen.

## Verschlüsselt speichern

Damit Sie Zugang zu Ihren Tresorlaufwerken haben, müssen die Cryptomator-App gestartet und die jeweiligen Tresore entsperrt sein, ansonsten tauchen die zugehörigen Laufwerksbuchstaben nicht im Explorer auf. Um einen geschlossenen Tresor zu öffnen, klicken Sie ihn in der linken Auswahlliste der Cryptomator-Oberfläche an, wählen im rechten Bereich „Jetzt entsperren“ und geben im folgenden Dialog das zugehörige Passwort an. Möchten Sie sich die Kennworteingabe zukünftig sparen, klicken Sie „Passwort merken“ an. Das sollten Sie jedoch nur dann tun, wenn Unberechtigte keinen Zugang zu

**Wenn Sie einen neuen Tresor einrichten, legen Sie auch dessen lokalen Speicherort an. Cryptomator erkennt vorhandene Cloudclients (hier: OneDrive) und schlägt einen passenden Ordner vor.**



Ihrem Rechner haben. Sie können auch für jeden Tresor getrennt einstellen, diesen beim Systemstart automatisch zu entsperren. Dazu muss er zunächst gesperrt sein (Schaltfläche „Sperren“ nach Auswahl des Tresors). Dann klicken Sie den Tresoreintrag mit der rechten Maustaste an, wählen „Tresoroptionen anzeigen“ und aktivieren „Tresor beim Start von Cryptomator entsperren“.

Um Office-Dateien verschlüsselt in der Microsoft-Cloud zu speichern, legen Sie sie einfach im virtuellen Cryptomator-Laufwerk an beziehungsweise sichern oder kopieren Sie vorhandene Dateien dort hinein. Sie können innerhalb des Laufwerks auch beliebig verschachtelte Ordnerstrukturen erzeugen.

Wichtig: Speichern Sie Dateien nur über das virtuelle Laufwerk, nicht jedoch im für verschlüsselte Dateien angelegten Verzeichnis im OneDrive-Ordner; sie würden dann einfach zusammen mit den dort vorhandenen verschlüsselten Dateien unverschlüsselt synchronisiert werden. Besondere Vorsicht ist geboten, wenn Sie Dateien im Tresor löschen. Diese landen nicht im Windows-Papierkorb und auch Cryptomator bietet keine Option, versehentlich gelöschte Dateien wiederherzustellen.

Sie werden bemerken, dass Dateien zu synchronisieren, zu öffnen und zu speichern – je nach deren Anzahl und Größe – deutlich gemächlicher vor sich geht als gewohnt, weil der Rechner sie ver- und

entschlüsseln muss. Die Geschwindigkeit hängt unter anderem von der CPU-Leistung Ihres Systems ab.

## Fazit

Wenn Sie Ihre Dateien von Cryptomator automatisch verschlüsseln lassen, bevor Sie sie mit OneDrive oder einem anderen Cloudspeicher synchronisieren, können Sie sicher sein, dass niemand den Inhalt oder Ordner- und Dateinamen lesen kann. Dank virtuellem Laufwerk mit eigenem Buchstaben klappt das unter Windows aus praktisch jeder Anwendung heraus.

Wenn Sie Dateien aus Microsoft Office verschlüsselt speichern, müssen Sie jedoch einige Besonderheiten beachten. Manche Funktionen fallen weg, auf andere sollten Sie besser verzichten, um nicht doch versehentlich Inhalte preiszugeben. Es gilt also einmal mehr, Sicherheit und Komfort gegeneinander abzuwägen.

(swi@ct.de) 

## Literatur

- [1] Greta Friedrich, Ein Foto – und alles ist weg, Microsoft sperrt Kunden unberechtigt für immer aus, c't 24/2022, S. 104
- [2] Stefan Wischner, Ausfuhrverbot, Microsoft Office ohne Cloudspeicher und -dienste nutzen, c't 8/2021, S. 154
- [3] Stefan Wischner, Sicherheitsdienste, automatische Speicher- und Backup-Funktionen in MS Office, c't 9/2019, S. 144

**Download und Dokumentation:** [ct.de/y3jr](https://ct.de/y3jr)



# MIT **Mac & i** IMMER DER ZEIT VORRAUS

+ Geschenk  
nach Wahl



z. B. 10 € Amazon.de-Gutschein oder Apple-Watch-Ständer

## 2x Mac & i mit 35% Rabatt testen!

Mac & i – Das Magazin rund um Apple

- Tipps & Praxiswissen
- Hard- und Softwaretests
- Reports und Hintergründe
- inkl. Club-Mitgliedschaft

Für nur 16,80 € statt 25,80 €

(Preis in Deutschland)

Genießen Sie mit  
der Mac & i Club-  
Mitgliedschaft  
exklusive Vorteile!



Jetzt bestellen:

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

✉ [leserservice@heise.de](mailto:leserservice@heise.de) ☎ 0541 80 009 120

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



Bild: Moritz Reichartz

# Die verbotene Frucht

## Asahi Linux auf Macs mit Apple-Chips installieren

**Das Asahi-Linux-Projekt will eine alltagstaugliche Linux-Distribution für Macs mit den flotten und effizienten Apple-Prozessoren entwickeln, die auch bei Linux-Enthusiasten gut ankommen. Wir zeigen, wie Sie die Alpha-Version installieren, ohne komplizierten Jailbreak oder virtuelle Maschinen.**

Von Niklas Dierking

**M**acs sehen schick aus und in ihnen steckt leistungsfähige und effiziente Hardware: Seit 2020 kommen Apples eigene M-SoCs (Systems-on-Chip) zum Einsatz. Je nach Anwendungsbereich laufen Apples ARM-Chips der x86-Konkurrenz

von AMD und Intel durchaus den Rang ab. Pauschale Aussagen darüber, welche Plattform in puncto Rechenleistung die Nase vorn hat, gestalten sich aber schwierig, wie wir in unserem umfangreichen Systemvergleich festgestellt haben [1]. Fest steht: Die Apple-Chips werkeln bei gleicher Leistung effizienter als ihre AMD- und Intel-Kontrahenten. Die Apple-Geräte haben aber einen stolzen Preis; außerdem büßen Nutzer gegenüber einem Selbstbau-PC an Flexibilität ein und verzichten auf die Möglichkeit, Komponenten zu einem späteren Zeitpunkt aufzurüsten.

Die attraktive Ausstattung weckt auch Begehrlichkeiten im Linux-Lager. Das Oberhaupt der Kernel-Entwicklung, Linus Torvalds, schrieb Ende 2020 im Forum der Webseite [realworldtech.com](https://realworldtech.com), er würde „lieber gerne“ ein Notebook mit M1-Prozes-

sor nutzen, aber nur wenn Linux darauf läuft. Auf ein ARM-Notebook mit Linux warte er schon lange. Das Projekt Asahi Linux hat sich dieser Herausforderung gestellt und arbeitet seit dem Release der M1-Macs daran, Linux für Apples ARM-Systeme flottzumachen. Seit März 2022 gibt es ein Alpha-Release. Im Juli veröffentlichte Torvalds Kernel 5.19 und schrieb die obli-

gatorische Ankündigungsmail auf einem MacBook mit Apple Silicon, auf dem Asahi Linux läuft. Auch die Compile-

Farm des gcc-Projekts hat inzwischen einen M1-Mac mit Asahi im Einsatz (siehe [ct.de/y1a4](https://ct.de/y1a4)). Wenn Sie ebenfalls Linux auf dem Mac ausprobieren wollen, erfahren Sie im Folgenden, wie Sie das Spezial-Linux neben macOS installieren und welche Baustellen Asahi noch angehen muss.

Frisch aus  
**ct Nerdistan**



## Danger Zone

Das Vorabrelease richtet sich in erster Linie an Entwickler, Power-User und Unterschrockene. Asahi Linux unterstützt die Hardware der Macs mit M-SoC noch nicht vollständig. Die fehlende Hardwarebeschleunigung mangels Kernel-Treiber für die Apple-GPU dürfte insbesondere Nutzer mit grafiklastigen Aufgaben wie Video-Rendering schmerzen. Für viele Anwender, die auf die Unterstützung der Grafikeinheit warten können, dürfte Asahi Linux aber bereits alltagstauglich sein.

Es läuft prinzipiell auf allen Macs mit den Apple-Chips M1, M1 Pro, M1 Max, M1 Ultra oder M2. Für unseren Testlauf haben wir uns für einen Mac mini mit M1-Chip entschieden, denn der war das erste Entwicklungsziel Asahi-Teams. Er und der Mac Studio sind bis heute die einzigen Geräte, die ein externes Display via HDMI ansteuern können. Die Bildausgabe über USB-C oder Thunderbolt funktioniert dagegen noch nicht. Damit fällt die HDMI-Buchse der MacBooks ebenfalls flach, denn sie ist intern an einer Thunderbolt-Schnittstelle angeschlossen.

Asahi Linux baut auf der ARM64-Variante von Arch Linux auf und nimmt einige Modifikationen vor, um die Distribution an die exotische Plattform anzupassen. Standardmäßig nutzt Asahi den Desktop KDE Plasma als grafische Bedienoberfläche, die im X11-Modus läuft. Sie können aber auch andere Desktopumgebungen wie Gnome oder Xfce nachinstallieren.

## Installation unter macOS vorbereiten

Falls Sie beim Lesen schon in vorauseilendem Gehorsam einen USB-Stick bereitgelegt haben, um ihn gleich mit einem Installationsabbild zu beschreiben, können sie ihn wieder in die Schublade legen. Der Installationsprozess läuft anders ab, als Sie es vermutlich von anderen Linux-Distributionen gewohnt sind, denn die ARM-Macs starten macOS und andere Betriebssysteme nicht aus einer UEFI-Umgebung. Stattdessen nutzen sie das Apple-spezifische iBoot, das keinen USB-Boot kennt. In die Eigenarten der Plattform taucht der Asahi-Projektleiter Hector Martin im Text „Introduction to Apple Silicon“ auf GitHub tief ein, den wir unter [ct.de/y1a4](https://ct.de/y1a4) verlinkt haben.

Beim textbasierten Asahi-Linux-Installer handelt es sich um ein Skript, das die proprietäre macOS-Firmware aus dem

Netz lädt und dem Mac damit vorgaukelt, Asahi sei eine bestimmte Version von macOS. Außerdem übernimmt es die Partitionierung und lädt die Asahi-Linux-Pakete. Es braucht weiterhin macOS, um die Firmware des Geräts zu aktualisieren. Aus diesem Grund können Sie Linux nur als Dual-Boot-Option neben macOS installieren.

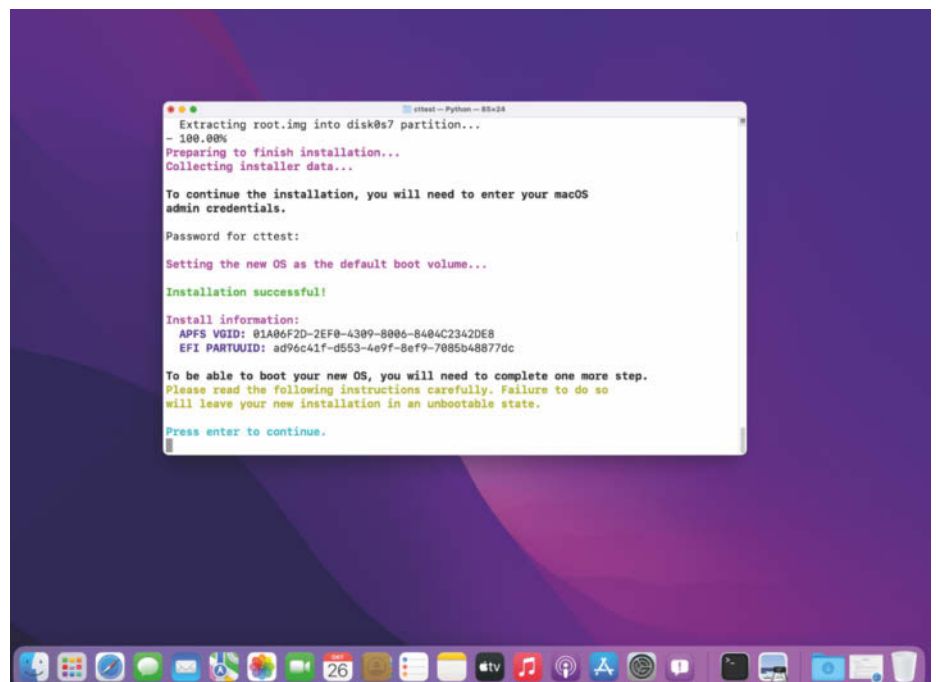
Stellen Sie zunächst sicher, dass auf Ihrem Gerät macOS 12.3 Monterey oder neuer läuft. Außerdem müssen Sie mit einem Administrator-Account angemeldet sein. Wir empfehlen die Installation der Desktop-Variante von Asahi Linux, für die Sie 53 GByte freien Speicherplatz benötigen. Linux selbst braucht davon nur etwa 15 GByte, den Rest reserviert der Installer, um zu gewährleisten, dass für zukünftige Upgrades von macOS noch ausreichend Platz vorhanden ist.

Legen Sie unbedingt ein externes Backup Ihrer Daten an. Der Asahi-Linux-Installer ist zwar nicht besonders kompliziert, versetzt Sie aber durchaus in die Lage, Ihre macOS-Daten unabsichtlich zu löschen. Zudem handelt es sich um experimentelle Software, die sich noch in der Entwicklung befindet, wenngleich wir mit dem Installer gute Erfahrungen gemacht haben. Für den Fall der Fälle bietet Apple ein Tool an, um macOS aus der Recovery-Umgebung wiederherzustellen (siehe [ct.de/y1a4](https://ct.de/y1a4)).

## ct kompakt

- Experimentierfreudige Nutzer können auf Macs mit Apple-Chips Asahi Linux als Boot-Option neben macOS installieren.
- Unsere Anleitung führt durch den Installer und bewahrt Sie vor Fallstricken.
- Die Alpha-Version von Asahi Linux funktioniert auf einem Mac mini mit M1-Chip erstaunlich gut, auch wenn sie noch unfertig ist.

Vorsicht, falls sie Time Machine nutzen: Die Backup-Software nutzt die interne NVMe-SSD für lokale Snapshots, enthält dem Nutzer jedoch vor, wie viel Speicherplatz diese in Anspruch nehmen, weil macOS die Snapshots bei der Berechnung des freien Platzes nicht berücksichtigt. Um die Snapshots loszuwerden, führen Sie zunächst einen letzten Time-Machine-Durchlauf aus und deaktivieren dann automatische Backups in den Time-Machine-Einstellungen. Die lokalen Snapshots listen Sie auf, indem Sie im Terminal folgenden Befehl ausführen:



**Die Installation von Asahi Linux ist nicht so einfach wie ein macOS-Upgrade. Wir führen Sie Schritt für Schritt durch den Prozess.**



### Asahi Linux baut auf einer leicht modifizierten ARM64-Variante von Arch Linux auf.

```
tmutil listlocalsnapshots /
```

Löschen Sie dann die Snapshots. Ersetzen Sie dabei die folgende Beispielkennung durch die Kennung Ihrer Snapshots:

```
sudo tmutil deletelocalsnapshots 2022-11-03-143916
```

Nach der erfolgreichen Installation von Asahi Linux können Sie Time Machine wieder anwerfen.

### Installation starten

Wenn Sie alles vorbereitet haben, rufen Sie im macOS-Terminal das Installations-Skript auf:

```
curl https://alx.sh | sh
```

Falls Sie vor der Installation einen Blick auf den Installer werfen wollen: `alx.sh` verweist auf den Server `cdn.asahilinux.org/installer`, der die Installationsdateien bereithält.

Der Installer zeigt zunächst das aktuelle Partitionslayout an, das die macOS-Partition und eine Recovery-Partition umfasst. Im ersten Schritt müssen Sie die macOS-Partition (standardmäßig „Macintosh HD“) verkleinern, um Platz für Asahi Linux zu schaffen. Sie können die gewünschte Größe für die macOS-Partition in Prozent (beispielsweise 50 %) oder GByte (beispielsweise 100 GByte) angeben oder den Installer durch die Eingabe von `min` anweisen, macOS so klein wie möglich zu schrumpfen. Der Installer greift für diese Operationen hinter den Kulissen auf macOS-Bordmittel wie `diskutil` zurück.

Der Installer fragt Sie dann, ob Sie ein Betriebssystem in den freien Platz instal-

lieren möchten. Bestätigen Sie mit der Option `f`. Dann stellt Sie das Skript vor die Wahl, ob Sie Asahi Linux samt KDE Desktop, eine minimale Arch-Linux-Variante ohne grafische Oberfläche oder lediglich die UEFI-Umgebung installieren möchten. Letzteres dient dazu, die Installation anderer Betriebssysteme wie OpenBSD vorzubereiten. Auch die Installation der ARM64-Ausgaben von Linux-Distributionen wie Ubuntu, Fedora und Debian und Co. ist prinzipiell möglich – eine Reihe von Anleitungen aus der Community haben wir unter `ct.de/y1a4` verlinkt. Wählen Sie Option 1 und installieren Asahi Linux samt KDE Desktop.

Legen Sie im letzten Schritt nach dem beschriebenen Muster fest, wie viel Speicherplatz Asahi Linux einnehmen darf; wenn Sie mögen passen Sie den Namen des neuen Betriebssystems an. Anschließend lädt der Installer die notwendigen Dateien für Asahi und die macOS-Firmware herunter, was gemeinsam etwa 4 GByte umfasst.

### Recovery System booten

Nachdem die Installation unter macOS abgeschlossen ist, zeigt Ihnen das Skript die nötigen Schritte an, um in die Recovery-Umgebung zu booten, nachdem Sie das System heruntergefahren haben. Warten Sie mindestens 15 Sekunden, bis das System vollständig heruntergefahren ist. Die weiße LED an der Frontseite des Mac mini sollte erloschen sein. Drücken und halten Sie dann den Power-Knopf, bis der Text „Entering Startup Options“ erscheint oder das bunte macOS-Rad (Spinning Wheel) angezeigt wird. In unserem Test ließ die Anzeige externer Displays so lange auf sich warten, dass wir diesen Text nie zu Gesicht bekommen haben. Im Bootpicker-Menü wählen Sie Asahi Linux aus der Liste der verfügbaren Volumes. Dann öffnet sich die Recovery-Umgebung und darin ein Terminalfenster, in dem das Installationsskript läuft.

Geben Sie im ersten Schritt Nutzernamen und Passwort Ihres macOS-Administrator-Accounts ein. Das Skript zeigt Ihnen die geplanten Änderungen an und warnt, dass diese die Gerätesicherheit beeinträchtigen: Asahi Linux wird als „Custom Boot Object“ gesetzt und in den Gerätesicherheitsrichtlinien der laxere „Permissive Mode“ aktiviert, damit ein macOS-fremder Kernel geladen werden kann. Die Anpassungen beziehen sich nur auf Asahi Linux und lassen die Sicherheitsrichtlinien für Ihre macOS-Installation unberührt. Nach-

dem Sie die Änderungen mit `y` bestätigt und sich ein weiteres Mal als macOS-Administrator authentifiziert haben, startet das Skript den Mac neu. Asahi Linux ist ab jetzt das Standard-Betriebssystem.

### Asahi Linux einrichten

Wenn Sie Asahi Linux das erste Mal starten, begrüßt Sie ein grafischer Assistent, mit dem Sie Systemsprache, Ort, Tastaturlayout und Nutzer-Konto konfigurieren und ein Passwort festlegen. Wer bereits mit der Desktopumgebung KDE Plasma und Arch Linux vertraut ist, dürfte sich ab jetzt bereits zu Hause fühlen. Sie sollten das System zunächst mit dem Befehl `sudo pacman -Syu` auf den neuesten Stand bringen. Die Desktop-Variante von Asahi Linux kommt standardmäßig ohne root-Passwort. Bei der Minimalinstallation von Arch Linux ist das root-Passwort „root“. Daneben gibt es noch den Benutzer „alarm“ mit Passwort „alarm“.

Wenn Sie sich anschließend daran machen, Ihre Lieblingsanwendungen zu installieren, bedenken Sie, dass die auch für die ARM64-Architektur (AArch64) kompiliert sein müssen. Der Asahi-Linux-Kernel arbeitet außerdem mit 16 KByte-Speicherseiten, was zu Kompatibilitätsproblemen mit einer Reihe von Linux-Anwendungen führt, insbesondere mit Emulatoren wie FEX oder `qemu-user`. Auch die Windows-Kompatibilitätsschicht Wine funktioniert nicht. Im GitHub-Wiki des Asahi-Projekts führen die Entwickler eine Liste betroffener Pakete (siehe `ct.de/y1a4`).

### Flott, aber unfertig

Die Performance von Linux auf dem Mac mini mit M1-Chip hat uns beeindruckt. Der KDE Plasma Desktop fliegt förmlich, obwohl bislang nur der Software-Renderer LLVMpipe zum Einsatz kommt und die Grafikausgabe über den Framebuffer erfolgt. Die CPU bringt genug Performance mit, um HD-Videos flüssig und ohne Framedrops abzuspielen, sowohl im Browser, als auch in VLC. Entwickler dürfte es freuen, dass sie Docker jetzt „bare metal“ auf Apples ARM-Chips betreiben können, denn Docker Desktop unter macOS verpackt die Container-Runtime in einer virtuellen Maschine.

Bis der DRM-Treiber (Direct Rendering Manager) für die AGX-GPU der M1-Chips fertig ist, dürfte allerdings noch einige Zeit ins Land gehen. Der Treiber ist der erste GPU-Kernel-Treiber, der in Rust entwickelt wird. Das umfangreiche Re-

verse-Engineering der M1-GPU bereitet der Entwicklerin, die unter dem Pseudonym Asahi Lina öffentlich in Erscheinung tritt, zusätzliche Arbeit. Die Userspace-Komponenten des GPU-Treibers machen Fortschritte und die Entwicklerin Alyssa Rosenzweig rechnet mit einem Mesa-OpenGL-Treiber gegen Ende des Jahres, der immerhin die GPU-Beschleunigung des Desktops und des Browsers übernehmen soll. Das würde zudem bessere Batterielaufzeiten unter Asahi Linux für MacBooks bedeuten. Nachholbedarf gibt es auch beim Energiemanagement, denn bislang kann der Asahi-Kernel die CPU-Kerne nicht in tiefere Energiesparmodi schalten oder das System in den Bereitschaftsmodus (s2idle) versetzen.

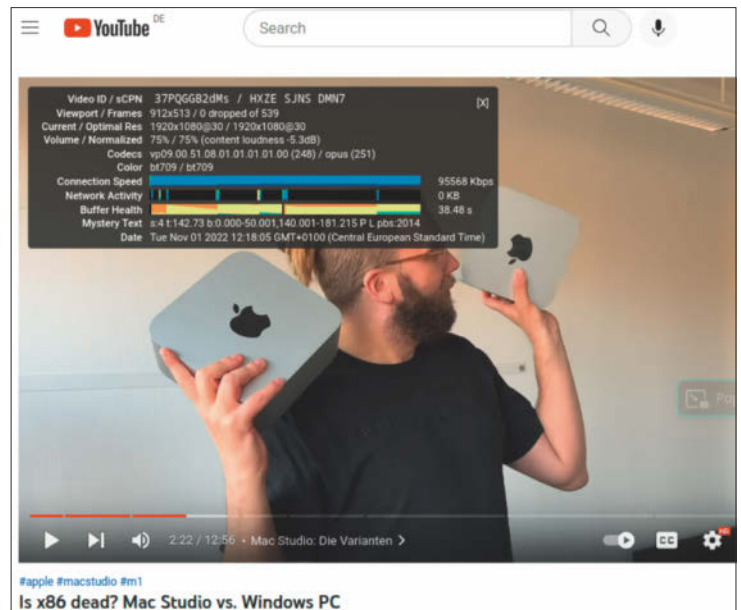
Zusätzlich zum Teil der GPU, der für das Rendering zuständig ist, hat das Asahi Projekt auch am Display Controller zu knabbern. Dem hat Apple einen Co-Processor namens DCP samt eigener Firmware spendiert, der ebenfalls noch auf einen Kernel-Treiber wartet. Bis dahin bleiben Nutzer auf die Full-HD-Auflösung beschränkt und müssen auf Features wie VSync zur Vermeidung von Tearing in Videos und auf dem Desktop verzichten. Die Bildschirmhelligkeit in Linux auf MacBooks einzustellen, ist ebenfalls noch nicht möglich. Als Workaround können Nutzer die gewünschte Bildschirmhelligkeit in macOS einstellen und dann mit einem Neustart zu Asahi Linux wechseln.

In puncto Konnektivität machte der M1 Mac mini im Test eine vergleichsweise gute Figur. Mit WLAN, Bluetooth und Ethernet hatten wir keine Probleme. Laut den Entwicklern soll Soundausgabe über die Klinkenbuchse auf der Rückseite möglich sein, das funktionierte aber nur unzuverlässig. Als Ersatz haben sich Bluetooth-Kopfhörer und -Lautsprecher bewährt. Es gibt zwar einen Treiber für interne Lautsprecher, die sind aber vorerst deaktiviert, um Schäden an der Hardware auszuschließen. Eine ausführliche Übersicht, welche Features auf den jeweiligen Geräten funktionieren, haben die Entwickler in einer Tabelle (siehe [ct.de/y1a4](https://ct.de/y1a4)) festgehalten.

## Kommando zurück

Um macOS statt Asahi zu laden, müssen Sie beim Start erneut den Power-Knopf halten, bis das Bootpicker-Menü erscheint. Einen Trick, um das Menü bei jedem Start automatisch anzuzeigen, haben wir nicht gefunden. Asahi Linux oder der Installer bringen leider keine Möglichkeit mit, die

**Die kräftige CPU im Mac mini gibt HD-Videos auf YouTube flüssig mit 60 Bildern pro Sekunde wieder, ganz ohne Videobeschleunigung.**



Linux-Distribution zu deinstallieren, also müssen Sie die Asahi-Partitionen von Hand löschen. Die Entwickler raten entschieden davon ab, das macOS-Festplattendienstprogramm dafür zu nutzen. Dadurch sei es bereits zu Datenverlusten gekommen. Greifen Sie stattdessen zum Kommandozeilentool `diskutil`. In macOS zeigt der Befehl `diskutil list` das aktuelle Partitionslayout an. Wenn Sie unsere Anleitung befolgt haben, dann sollten ein 2,5 GByte großer APFS-Container, eine FAT-32-formatierte EFI-Systempartition („EFI - ASAHI“) und die Asahi-Root-Partition mit dem Typ „Linux Filesystem“ angezeigt werden. Bei Unsicherheiten hilft das „Partition Cheat Sheet“ im GitHub-Repository des Projekts (siehe [ct.de/y1a4](https://ct.de/y1a4)).

Den Asahi-Linux-APFS-Container löschen Sie mit folgendem Befehl:

```
diskutil apfs deleteContainer disk0sX
```

Ersetzen Sie den Platzhalter `disk0sX` unbedingt durch die Kennung der Partition auf Ihrem System. Die EFI- und Linux-Partition löschen Sie jeweils mit:

```
diskutil eraseVolume free free disk0sX
```

Tragen Sie erneut die korrekten Kennungen ein, das doppelte „free“ ist kein Tippfehler. Wenn Sie den verfügbaren Speicherplatz wieder macOS zuweisen wollen, dann erledigen Sie das mit folgendem Befehl:

```
diskutil apfs ↵
↵resizeContainer disk0sX 0
```

Ersetzen Sie den Platzhalter `disk0sX` durch die Kennung des verbliebenen APFS-Containers (Apple\_APFS). Setzen Sie zum Schluss das Startvolumen „Macintosh HD“ in den macOS-Einstellungen wieder als Standard. Asahi Linux ist jetzt vollständig vom System gelöscht.

## Fazit

Asahi Linux funktionierte in unserem Testlauf trotz Alpha-Status überraschend gut, und der Entwicklungsfortschritt imponiert, doch das Projekt hat noch viel Arbeit vor sich. Wer abenteuerlustig ist, auf die GPU-Beschleunigung verzichten kann und eine performante Linux-Workstation mit ARM64-Architektur will, beispielsweise, um für diese Plattform Software zu entwickeln, ist mit Asahi Linux auf Macs mit Apples M-SoCs schon heute gut beraten. Sobald die AGX-GPU der M-SoCs inklusive DCP zufriedenstellend unterstützt wird, dürfte die Plattform für viele Nutzer interessant werden. Wer informiert bleiben möchte, verfolgt die detaillierten Blogbeiträge auf der Asahi-Linux-Webseite oder schaut dem Entwicklerteam bei Livestreams über die Schulter, die wir unter [ct.de/y1a4](https://ct.de/y1a4) verlinkt haben. (ndi@ct.de) **ct**

## Literatur

- [1] Christof Windeck, Magische Apfelkerne, Systemvergleich: Apple-Macs mit M1 gegen Windows-Rechner, c't 12/2022, S. 14

**Asahi Linux Dokumentation, Blogbeiträge und Livestreams: [ct.de/y1a4](https://ct.de/y1a4)**



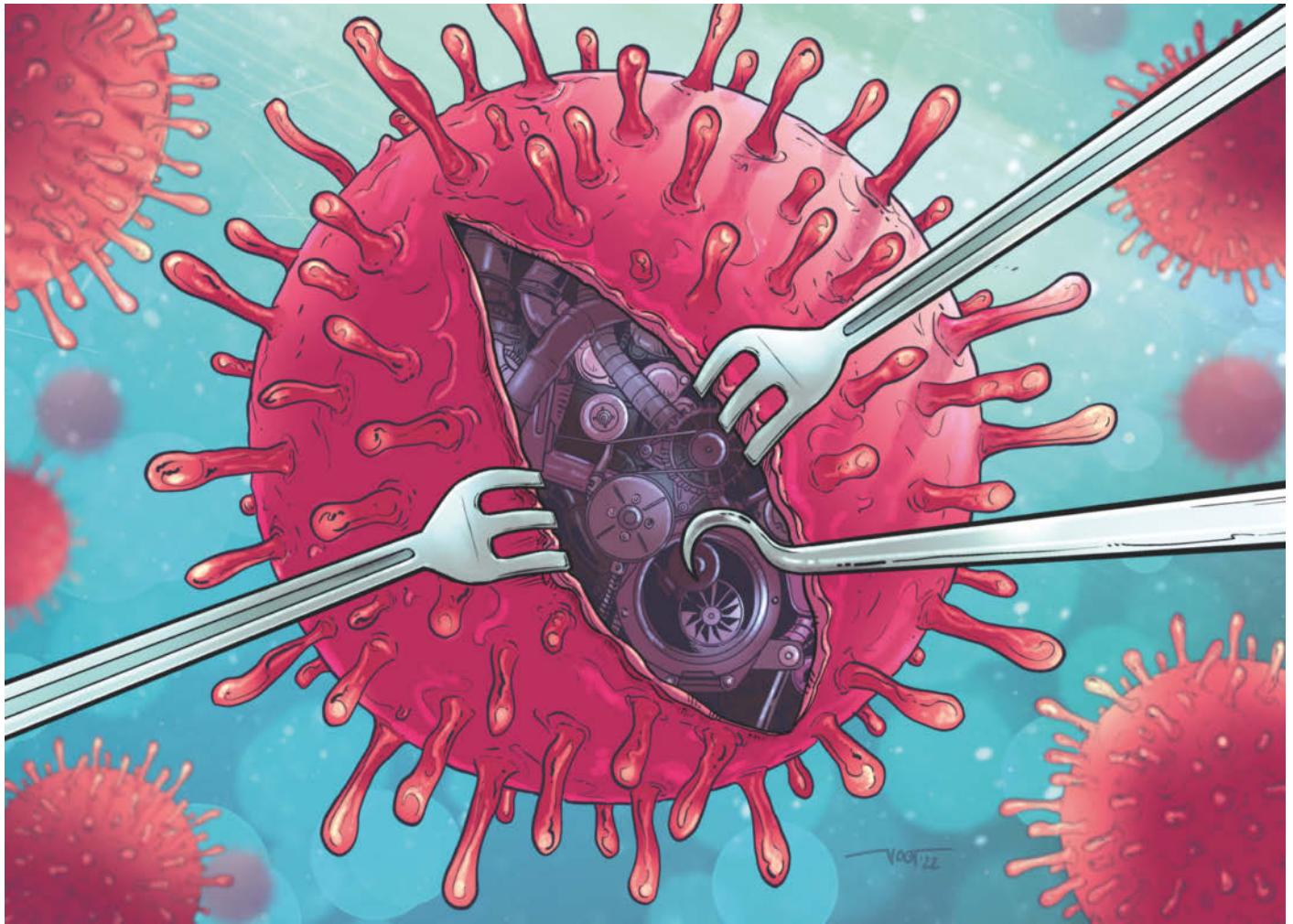


Bild: Michael Vogt

# Sezierwerkzeug

## Windows-Schädlinge gefahrlos analysieren mit der Linux-VM REMnux

**Mit REMnux auf Basis von Ubuntu fühlen Sie auf Windows-Rechnern Schädlingen in den unterschiedlichsten Dateiformaten auf den Zahn. Mit unserer Anleitung geht das schnell und unkompliziert, auch wenn Sie noch keine Erfahrung mit der Untersuchung von Malware haben.**

Von Olivia von Westernhagen

**D**er überwiegende Teil aller Malware hat es auf Windows-Systeme abgesehen. Um solche Schädlinge möglichst risikoarm zu untersuchen, ist es also naheliegend, das auf einem Linux-Betriebssystem zu tun – auch für Einsteiger hat das den komfortablen Effekt, sich keine großen Gedanken machen zu müssen, den Schadcode versehentlich zu starten und das eigene Produktivsystem zu infizieren.



Das All-in-One-Paket REMnux hilft besonders schnell und unkompliziert bei der Malware-Analyse. Die Linux-Distribution, entwickelt vom IT-Security-Experten Lenny Zeltser, fußt auf Ubuntu und enthält eine große Auswahl empfehlenswerter Analysewerkzeuge sowohl für Anfänger als auch für Fortgeschrittene. Viele liefern wertvolle Informationen über verdächtige Dateien direkt auf der Kommandozeile zurück und sind selbst für Linux-Muffel leicht bedienbar. Das Toolkit kann nicht nur mit Windows-Executables etwas anfangen – es bietet statische und teils

auch dynamische Analysewerkzeuge für verschiedenste Dateiformate und Plattformen. Statische Analysen be-

ruhen allein auf der Auswertung der Datei, bei einer dynamischen Analyse wird die Datei auch ausgeführt.

Mit den vorgefertigten REMnux VM-Abbildern und Docker-Images können Sie

## ct kompakt

- REMnux ist ein reich ausgestattetes Linux für die Malware-Analyse.
- Dank unter Windows direkt einsatzbereiter VM-Abbilder legen Sie im Handumdrehen los.
- Auch als Anfänger kommen Sie mit REMnux gut zurecht.

sofort loslegen und auch bestehende Analyseumgebungen erweitern. Für diesen Artikel haben wir das VirtualBox-Image der aktuellen REMnux-Version 7.0 ausprobiert, die auf Ubuntu 20.04 LTS (Focal Fossa) aufsetzt. Wir geben Tipps zum Einrichten der VM und schaffen einen ersten Überblick über Funktionsumfang und Verwendung des Toolkits. Außerdem zeigen wir anhand eines Beispielschädlings ein paar der vielen einsteigerfreundlichen Kommandozeilen-Tools, die eine besondere Stärke von REMnux ausmachen.

### Fertige VM-Images für den Schnellstart

Der einfachste und schnellste Weg, REMnux auszuprobieren, ist die Verwendung eines vorgefertigten Abbilds einer virtuellen Maschine (VM). Entsprechende Download-Links im Abschnitt „Get the Virtual Appliance“ der REMnux-Dokumentation (siehe [ct.de/yytp](https://ct.de/yytp)) führen zu sogenannten Open Virtual Appliances (OVA), die man nur noch in eine Virtualisierungssoftware wie VirtualBox oder VMware Workstation importieren muss.

Das VirtualBox-OVA legte auf unserem Testsystem die Größe der virtuellen Festplatte auf 60 GByte fest und beanspruchte außerdem vier GByte Arbeitsspeicher. Dies entspricht den Ressourcen, die man REMnux laut Dokumentation zugestehen sollte, damit es auf den meisten Systemen flüssig läuft.

An dieser Stelle noch zwei Tipps: Vor dem Hintergrund, dass Sie REMnux zum Analysieren von Schadsoftware verwenden, sollten Sie darauf achten, dass Ihre Virtualisierungssoftware auf dem aktuellen Stand ist. So können Sie die Ausbruchsfahrer minimieren. Zudem empfehlen wir, nach dem OVA-Download dessen SHA-256-Hash mit jenem im „Get the Virtual Appliance“-Abschnitt abzugleichen, um unbefugte Manipulationen des Images

auszuschließen. Falls beim Einbinden und anschließenden Starten Probleme auftreten, hilft selbiger Abschnitt auch beim Troubleshooting. Der Default-Benutzername für die Distribution lautet `remnux`, das Passwort `malware`. Diese müssen Sie aber nur eingeben, wenn etwa Kommandozeilenwerkzeuge erweiterte Rechte verlangen.

### Upgraden und anpassen

REMnux startet in VirtualBox direkt mit geöffnetem Terminal – eine gute Gelegenheit, um direkt das in der Dokumentation empfohlene Upgrade vorzunehmen. Dazu geben Sie den Befehl

```
remnux upgrade
```

ein. Dieser bringt das Toolkit auf den neusten Stand, lädt also unter Umständen auch neu hinzugekommene Tools herunter. Falls Sie zu einem späteren Zeitpunkt einfach nur den vorhandenen Werkzeugbestand aktualisieren wollen, verwenden Sie

```
remnux update
```

Details zum Upgrade- und Update-Vorgang fasst der Abschnitt „Keep the Distro Up to Date“ der REMnux-Dokumentation zusammen, siehe [ct.de/yytp](https://ct.de/yytp).

Nun ändern Sie noch das Tastaturlayout, denn REMnux geht zunächst von

einer englischen Tastatur aus. Dazu öffnen Sie über „Activities“ und das App-Menü (Rasterknopf mit neun Punkten in der linken Icon-Leiste) die App „Settings“ und dort das Menü „Region & Language“. Klicken Sie unter „Input Sources“ auf das Pluszeichen, dann auf die drei Punkte, und am Ende der Liste auf „Other“. Suchen Sie nach „German“ und wählen Sie den obersten Eintrag aus. Das englische Tastaturlayout können Sie danach löschen.

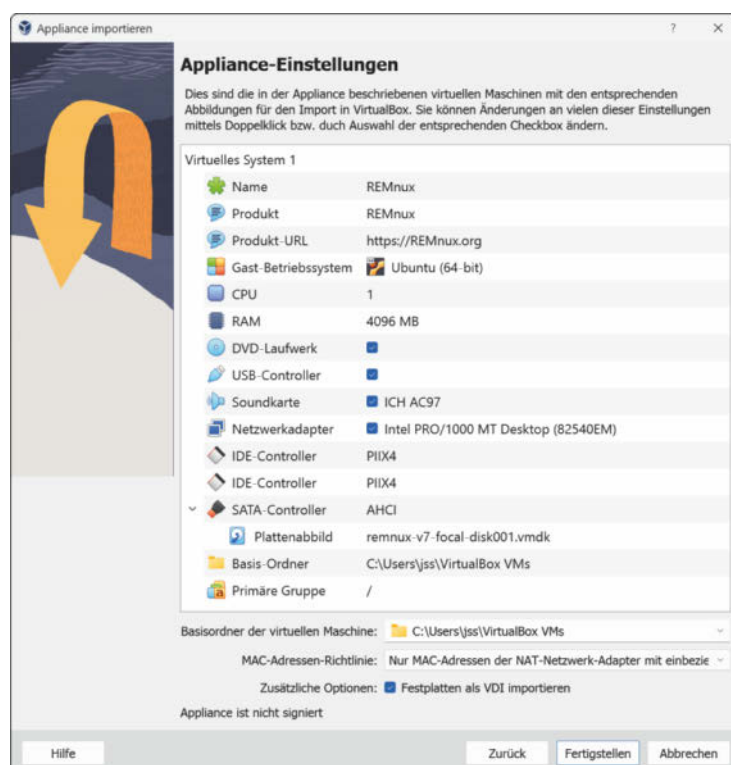
### Überblick verschaffen

Die erste Herausforderung vor dem eigentlichen Arbeiten mit REMnux besteht darin, sich einen Überblick über die verfügbaren Tools sowie die grundsätzliche Bedienung des Toolkits zu verschaffen. Einen schönen Überblick zum Einstieg liefert dabei ein von Lenny Zeltser zusammengestelltes Cheat Sheet, das auch als PDF verfügbar ist (siehe [ct.de/yytp](https://ct.de/yytp)).

Es listet im Abschnitt „Operate your REMnux System“ wichtige Kommandozeilenbefehle auf, ordnet verfügbare Tools nach ihren Einsatzbereichen und verlinkt die Toolnamen mit den jeweils korrespondierenden Repositories bei GitHub. Häufig finden sich in den Repositories weiterführende Infos zu Fähigkeiten und Bedienung der Werkzeuge.

Ein Blogbeitrag von Lenny Zeltser hilft mit zusätzlichen Tipps, in die Distribution hineinzufinden. Wer es ausführ-

**Eine vorgefertigte REMnux-VM zu importieren dauert mit VirtualBox nur ein paar Minuten – manuelle Anpassungen der Appliance-Einstellungen sind nicht nötig.**





licher mag, schaut sich die thematisch sortierte Übersicht über sämtliche Tools in der REMnux-Dokumentation an. Sie sortiert die Werkzeuge in folgenden Kategorien:

- Untersuchung statischer Dateieigenschaften: z. B. Tools zur Analyse von Header-Informationen, zur Erkennung von Verschleiерungsmaßnahmen (Obfuscation) und Packern sowie zur Anwendung von Yara-Regeln (siehe S. 156) und AV-Signaturen, um Malware als solche zu identifizieren
- Statische Code-Analyse: Tools zur statischen Analyse verschiedener Programmcodes, von automatisierten Scans über Decompiler bis hin zu Werkzeugen zum Entschlüsseln und Formatieren schädlicher Webskripte
- Dynamische Code-Analyse: z. B. Monitoring laufender (Linux-)Prozesse, Ausführung und Analyse von Shellcode, Emulation von Windows-Anwendungen
- Speicherforensik: Analyse von Arbeitsspeicherabbildern sowohl von Windows als auch von Linux-Systemen
- Netzwerkaktivitäten: Traffic-Monitoring und -Analyse sowohl auf dem Gastsystem als auch auf externen Systemen (z. B. Windows-Analyse-VM im selben Netzwerk); Tools zum Erzeugen von „Fake-Traffic“ zum Nachvollziehen von Schadcode-Funktionen
- Analyse von (Text-)Dokumenten: zum Beispiel Office-Dokumente, PDF-Dateien oder E-Mails

## Andere Varianten der REMnux-Nutzung

Eine Alternative für einen schnellen REMnux-Einstieg ist es, die Distribution in einem Docker-Container laufen zu lassen. Weiterführende Informationen hierzu finden Sie in [1] und im Doku-Abschnitt „Run REMnux as a Container“ (siehe [ct.de/yytp](https://ct.de/yytp)).

Außerdem gibt es einen Installer für REMnux, den Sie auf zweierlei Art verwenden können. Zum einen erweitert das Tool mit einem speziellen Add-on-Modus eine bestehende Ubuntu-20.04-Installation um die REMnux-Werkzeuge. Das Look-and-Feel der vorhandenen Installa-

tion wird dabei nicht verändert. Zum anderen eignet sich der Installer zur sauberen Neuinstallation eines vollständigen REMnux. Beide Varianten erläutern die REMnux-Doku ausführlich (siehe [ct.de/yytp](https://ct.de/yytp)).

In beiden Fällen gilt es vorab zu entscheiden, ob die Installation nativ auf dem Rechner oder als virtuelles Gastsystem erfolgen soll. Sofern Sie auch dynamische Analysen etwa von ELF-Dateien (Executable and Linkable Format) oder Skripten durchführen wollen, raten wir dringend zur Verwendung einer VM.

- Weitere Tools: z. B. zur Analyse unterschiedlicher Systemaktivitäten, zur Datenerhebung und -Auswertung sowie für verschiedene Textoperationen
- Hilfs-Tools etwa zum Entpacken von Archiven

## Navigieren auf dem Gnome Desktop

Die meisten der in REMnux enthaltenen Werkzeuge können Sie einfach via Terminal auf die zu analysierende Datei anwenden, im Regelfall nach dem Schema (Toolname) (Parameter) (Dateiname. Endung). Programme mit grafischer Oberfläche finden Sie im App-Menü, das Sie per Klick oben links auf „Activities“ (oder mit

der Windows-Taste) und aufs Raster-Icon links öffnen. Häufiger benötigte Tools heften Sie mit einem Rechtsklick aufs Icon und „Add to Favorites“ am linken Rand an.

## Malware zum Ausprobieren finden

Nachdem die Basics der Bedienung geklärt sind, dürfte sich mancher Einsteiger fragen: Wo bekomme ich Malware her, um mit den Tools zu experimentieren? Und, wenn REMnux wie in diesem Beispiel in einer Virtualisierungssoftware läuft: Wie bekomme ich den Schadcode in die Analyse-VM, um die Tools darauf anzuwenden?

Für alle, die ihre Systeme nicht durch die bloße Suche nach Experimentierviren in Gefahr bringen wollen, gibt es mehrere seriöse Malware-Quellen. Dazu zählen etwa die Online-Analyse-Plattformen any.run und hybrid-analysis.com sowie die Plattform MalwareBazaar ([bazaar.abuse.ch](https://bazaar.abuse.ch)). Nach kostenloser Registrierung kann man Samples herunterladen und sich zudem anhand automatisch generierter Reports einen ersten Überblick über die Eigenschaften des gewählten Schadcodes verschaffen. Ein Tipp: Grundlagen zum sicheren Umgang mit Malware-Samples lesen Sie in unserem Artikel-Zweiteiler zum Thema Malware-Analyse für Anfänger [2,3]. Speziell der zweite Teil „Mit Tools und Schadcode sicher umgehen“ liefert Hinweise, wie Sie Infektionen des Hostsystems beim Hantieren mit dem Schadcode vermeiden.

Wir haben zum Ausprobieren einiger Tools in REMnux ein Malware-Sample von der Plattform MalwareBazaar herunter-



Ein Klick auf den Rasterknopf im Dashboard am linken Bildschirmrand öffnet die Anwendungsübersicht. Per Rechtsklick auf ein Programm-Icon und „Add to Favorites“ fügen Sie Programme der linken Schnellzugriffsleiste hinzu.



geladen. Falls Sie möchten, können Sie die einzelnen Schritte – natürlich auf eigene Gefahr – auch selbst nachvollziehen (Download via [ct.de/yytp](http://ct.de/yytp)). Der zugehörige MalwareBazaar-Report fasst vorab ein paar Informationen über die Datei zusammen, die Sie später gut mit den Erkenntnissen aus der REMnux-Analyse vergleichen können. Unter anderem verrät er, dass es sich um eine EXE-Datei handelt – gut geeignet, um ihr mit statischen Analysetools zu Leibe zu rücken. Die Datei befindet sich in einem passwortgeschützten Zip-Archiv, das Sie sicherheitshalber erst auf dem REMnux- und nicht auf Ihrem Host-System entpacken sollten – mehr dazu später.

## Schadcode nach REMnux befördern

Grundsätzlich könnte man den Schadcode direkt in der Analyseumgebung aus dem Internet herunterladen. Bleibt die Verbindung allerdings auch während einer anschließenden Codeausführung (also bei einer dynamischen Analyse) bestehen, kann dies unter Umständen ein Sicherheitsrisiko darstellen [4]. Deshalb ist es sinnvoll, REMnux mit Ausnahmen für regelmäßige Updates dauerhaft vom Netz zu trennen und alternative, flexibel einsetzbare Transportwege für Malware-Samples zu erwägen.

Sofern REMnux wie hier vorgeschlagen als VirtualBox-VM läuft, können Sie dafür Drag & Drop und Copy & Paste verwenden oder einen gemeinsamen Ordner einrichten. Dabei handelt es sich um einen Ordner auf dem Hostsystem, auf den Sie auch aus der VM heraus zugreifen

können. Die REMnux-OVA-Abbilder bringen die dafür nötigen Guest Additions für VirtualBox beziehungsweise die Open VM Tools für VMware Workstation gleich mit.

Achtung: Richten Sie einen solchen gemeinsamen Ordner ein, achten Sie penibel darauf, dass das Gastsystem nur lesend, nicht aber schreibend darauf zugreifen darf, um Manipulationen durch Schadcode oder dessen Ausbruch vorzubeugen. In VirtualBox unterbinden Sie dies mit einem Häkchen vor „Nur lesbar“ beim Einrichten eines solchen Shares.

Haben Sie bereits Vorkenntnisse in der Schadcodeanalyse? Dann wissen Sie möglicherweise, dass manche Sicherheitsforscher dazu raten, beim Einrichten einer Analyse-VM bewusst auf die Gasterweiterungen zu verzichten. Denn: Es gibt durchaus Malware mit Mechanismen, die gezielt nach Gasterweiterungen suchen und daran erkennen, dass sie in einer VM laufen – woraufhin sie sich totstellt, um Analyseversuchen zu entgehen.

Lenny Zeltser zählt allerdings zu jener Forscherfraktion, die solche Gasterweiterungen als akzeptables Risiko betrachten. Falls Sie das anders sehen und lieber darauf verzichten wollen, finden Sie im Abschnitt „Transferring Files In and Out of REMnux“ der Dokumentation alternative Methoden für den Dateitransfer (siehe [ct.de/yytp](http://ct.de/yytp)). Allerdings kommen die vorgefertigten VM-Abbilder nicht als Grundlage dafür infrage, denn die Gasterweiterungen stecken bereits drin – die Methode der Wahl ist dann die Installation per REMnux-Installer.

## Erste Analyseschritte

Im Folgenden finden Sie Beispiele für Tools in REMnux, mit denen Sie über die Kommandozeile erste Informationen über einen Schädling sammeln. Sie lassen sich nicht nur leicht bedienen, sondern liefern ihre Ergebnisse meist auch in leicht verständlicher Form zurück.

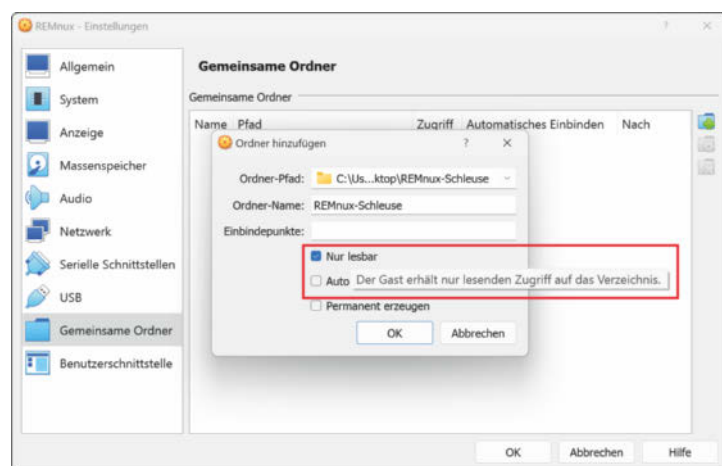
Zunächst bringen Sie das heruntergeladene Malware-Archiv in die VM. Das funktioniert am einfachsten per Drag & Drop in den geöffneten Dateimanager (den öffnen Sie über das Aktenschrank-Icon in der Aktivitäten-Übersicht). Wir haben für die Analysen einen neuen Ordner namens „Malware“ in REMnux' Home-Verzeichnis angelegt.

Tipp: Die Dateinamen des Archivs und seines Inhalts haben als Dateinamen lange Hashes. Benennen Sie Archiv und Inhalt daher in etwas Kurzes wie „malware.zip“ und „malware.exe“ um, damit es auf der Kommandozeile später nicht allzu mühsam wird. Und noch ein Tipp: Wenn Sie im Dateimanager in den leeren Bereich eines offenen Ordners und dann auf „Open in Terminal“ klicken, öffnet sich ein neues Terminalfenster direkt im passenden Verzeichnis.

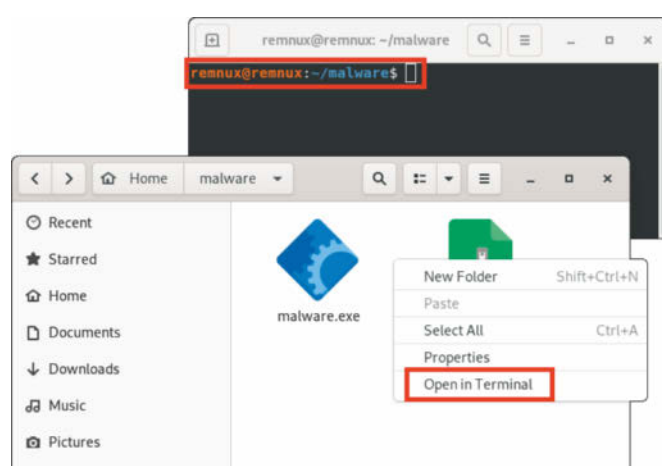
Zum Entpacken passwortgeschützter Archive bringt REMnux p7zip mit. Über die Kommandozeile entpacken Sie den Download mit

```
7z x malware.zip
```

und anschließender Eingabe des Passworts infected. Hierbei handelt es sich um ein häufig wiederkehrendes Standardpasswort für Malware-Archive. p7zip ex-



Schreibender Zugriff auf das Hostsystem muss für Gast-VMs, mit denen Schadcode analysiert wird, immer tabu sein – wie hier bei geteilten Ordnern.



Per Rechtsklick im Dateibrowser und „Open in Terminal“ starten Sie das Terminal direkt im richtigen Verzeichnis.

```

remnux@remnux: ~/Malware
remnux@remnux:~/Malware$ trid Malware.exe

TrID/32 - File Identifier v2.24 - (C) 2003-16 By M.Pontello
Definitions found: 14909
Analyzing...

Collecting data from file: Malware.exe
48.8% (.EXE) Win32 Executable MS Visual C++ (generic) (31206/45/13)
16.4% (.EXE) Win64 Executable (generic) (10523/12/4)
10.2% (.DLL) Win32 Dynamic Link Library (generic) (6578/25/2)
7.8% (.EXE) Win16 NE executable (generic) (5038/12/1)
7.0% (.EXE) Win32 Executable (generic) (4505/5/1)
remnux@remnux:~/Malware$ clamscan Malware.exe
/home/remnux/Malware/Malware.exe: Win.Packed.Dropperx-9973281-0 FOUND

----- SCAN SUMMARY -----
Known viruses: 8641817
Engine version: 0.103.6
Scanned directories: 0
Scanned files: 1
Infected files: 1
Data scanned: 0.22 MB
Data read: 0.21 MB (ratio 1.04:1)
Time: 13.754 sec (0 m 13 s)
Start Date: 2022:11:02 16:38:32
End Date: 2022:11:02 16:38:46
remnux@remnux:~/Malware$

```

trahiert den Schadcode in jenen Ordner, in dem auch schon das Archiv liegt, sodass Sie ihm im nächsten Schritt mit ein paar statischen Analysetools zu Leibe rücken können.

## Anhaltspunkte gewinnen

Dass es sich bei der Beispiel-Malware um eine Windows-Executable (EXE) handelt, haben wir schon verraten. Hätten Sie diese Information nicht und sähen sich einer Datei ohne Endung gegenüber, hilft Ihnen das Kommandozeilen-Tool TrID. Es verwendet eine interne Datenbank, um Dateitypen anhand wiederkehrender Strukturen zu identifizieren. Ausprobieren können Sie das per

```
trid malware.exe
```

Im Falle unseres Beispiels bestätigt TrID den Dateityp und informiert zusätzlich darüber, dass der Schädling mit hoher Wahrscheinlichkeit in C++ programmiert und mit Microsofts Compiler Visual C++ kompiliert wurde.

Nun können Sie versuchen herauszufinden, ob sich in der fraglichen Datei Schadcode verbirgt. Eine naheliegende Idee ist es, einen signaturbasierten Virenschanner zu befragen. REMnux hält hierfür das Open-Source-Programm ClamAV bereit. Mit diesen zwei Befehlen aktualisieren Sie dessen Signaturen und lassen den Scanner dann auf den Schädling los:

```

remnux@remnux: ~/Malware
remnux@remnux:~/Malware$ peframe Malware.exe
XLMacroDeobfuscator: pywin32 is not installed (only is required if you want to use MS Excel)

-----
File Information (time: 0:00:00.883832)
-----
filename      Malware.exe
filetype      PE32 executable (GUI) Intel 80386, for MS Windows
filesize      221696
hash_sha256   517072da74d8adbca6028938348cae30d6c8f8210cb29fb7bc184042bdc39640
virustotal    /
imagebase     0x400000
entrypoint    0x9df6
imphash       2466deca3b013302337885751cf37be4
datetime      2022-01-14 07:29:23
dll           False
directories    import, debug, tls, resources, relocations
sections      .rsrc, .text *, .data *
features      mutex, antidebug, packer, crypto

-----
Yara Plugins
-----
TEAN
IsPE32
IsWindowsGUI
HasDebugData
HasRichSignature

-----
Behavior
-----

```

**Kommandozeilen-Tools wie TrID und ClamAV liefern häppchenweise spezifische, nützliche Informationen zurück.**

```
freshclam
clamscan malware.exe
```

Das Scan-Ergebnis für unser Beispiel – „Win.Packed.Dropperx-9973281-0“ – klingt nach einer generischen Erkennung. Der Begriff „Dropper“ könnte darauf hinweisen, dass die Datei zur Laufzeit spezifischen Schadcode aus sich selbst extrahiert oder aus dem Internet nachlädt. Oftmals liefern Malware-Bezeichnungen aber auch Anhaltspunkte für eine Familienzugehörigkeit (z. B. Gandcrab, Wannacry), auf deren Basis Sie weiter recherchieren können.

Grundsätzlich liefert ein Signaturscan à la ClamAV lediglich einen Anhaltspunkt für Schadcode. Findet ClamAV nichts, könnte es sich aber immer noch um sehr aktuelle oder geschickt verschleierte Malware handeln.

## Weitere Werkzeuge

Ein weiteres Tool für den schnellen Erkenntnisgewinn ist Yara. Es arbeitet mit Signaturen in Textform, sogenannten Yara-Regeln, die bestimmte Eigenheiten von Schadsoftware wie enthaltene Strings oder minimale Dateigrößen als Bedingungen für eine Erkennung definieren (mehr dazu in [4]). Für den schnellen Abgleich der Beispiel-Malware mit frei verfügbaren Yara-Regeln geben Sie

```
yara-rules malware.exe
```

im Terminal ein. Tatsächlich liefert unser Beispiel einige Treffer zurück. So erfahren Sie zum Beispiel, dass der Code vermutlich mit Visual C++ in Version 8 kompiliert wurde („Microsoft\_Visual\_Cpp\_8“), möglicherweise aufschlussreiche Debuginformationen enthält und Funktionen der Windows-API für Dateioperationen nutzt („win\_files\_operation“). Außerdem weisen die Regeln „anti\_db“, „SEH\_Save“ und „SEH\_Init“ darauf hin, dass Anti-Debugging-Techniken dynamische Analysen erschweren sollen. Die Regel „TEAN“ deutet auf eine Verwendung der Blockchiffre Tiny Encryption Algorithm im Code hin.

Zugegeben: Die Interpretation einiger der Treffer erfordert bereits ein wenig Vorwissen aus den Bereichen Malware-Analyse und Reverse Engineering. Ein Blick ins Repository mit den verwendeten Yara-Regeln kann aber trotzdem dabei helfen, die jeweilige Erkennungsgrundlage zu verstehen und weiter zu recherchieren.

**Peframe sortiert Wissenswerte über den Schädling in Kategorien und spuckt sie als Liste aus – sehr gut sortiert, für diesen Screenshot aber viel zu lang.**

## Tiefer in den Code eintauchen

Um über die Kommandozeile noch ein wenig tiefer nach Informationen zu graben, eignet sich das ebenfalls in REMnux vorinstallierte Open-Source-Tool peframe. Es ist sehr einsteigerfreundlich, weil es sich auf besonders nützliche Informationen beschränkt, die es automatisch auswählt und kategorisiert. Nach Eingabe von

```
peframe malware.exe
```

zeigt Ihnen das Tool zunächst allgemeine Dateiinformationen wie Hashes, Dateityp und -größe, Kompilierdatum und Einsprungspunkt im Terminal an. Auf diese Übersicht folgen unter anderem

- Verhaltenseinschätzungen (Behavior): In unserem Beispiel erkennt peframe Anti-Debugging-Mechanismen, die Verwendung von (ver- oder entschlüsselnden) XOR-Operationen sowie die bereits genannten Dateioperationen mit der Win-API.
- Crypto: peframe bestätigt die TEA-Verwendung im Code.
- Anti Debug: peframe nennt hier ganz konkrete, durch den Code importierte Anti-Debugging-Funktionen, was für die spätere dynamische Analyse durchaus nützlich ist.
- Mögliche Breakpoints: Das Tool listet interessante Funktionsaufrufe auf. Auf sie könnte man während der späteren dyna-

mischen Analyse Haltepunkte im Debugger setzen, um den Ablauf temporär zu stoppen und genauer hinzuschauen.

Einen nicht nach schädlichen Features vorsortierten, dafür aber vollständigeren Überblick über den Code verschafft Ihnen das Tool pedump, das Sie – wer hätte es gedacht – einfach per

```
pedump malware.exe
```

starten. In unserem konkreten Beispiel fällt sofort der Abschnitt mit den extrahierten Strings auf: Hier findet sich reichlich unverständlicher Kauderwelsch, der auf Verschleierungstaktiken und möglicherweise eine Entschlüsselung verschlüsselten Texts zur Laufzeit hindeutet. Dies könnte für spätere dynamische Analysen oder auch für Entschlüsselungsversuche etwa mit der Webanwendung

Einige der Yara-Treffer wie der Hinweis auf Microsoft Visual C++ 8 sind selbst-erklärend, andere erfordern Recherche.

„CyberChef“ interessant sein (siehe [ct.de/yytp](https://ct.de/yytp)).

## Fazit und Tipps zum Weitermachen

Unser kurzer Testlauf mit einigen wenigen Werkzeugen aus dem deutlich umfangreicheren REMnux-Repertoire zeigt, wie selbst Einsteiger mit ein paar einfachen Befehlen viele Erkenntnisse über eine Malware gewinnen. Diese Informationen können als Basis für weitere und teils kompliziertere Analyseschritte in REMnux oder auch auf einem Windows-Analysesystem dienen.

Mit den Kommandozeilen-Tools in REMnux lassen sich längst nicht nur EXE-Dateien einer schnellen und einfachen Analyse unterziehen: Das bereits erwähnte Cheat Sheet sortiert Werkzeuge nach spezifischen Anwendungsszenarien und Dateitypen. Im Zweifel lohnt es sich, diese einfach mal an verschiedenen Dateiformaten durchzuprobieren.

Ein von Lenny Zeltser bei YouTube veröffentlichtes Tutorial (siehe [ct.de/yytp](https://ct.de/yytp)) befasst sich im Detail mit der Analyse von EXE-Dateien mit REMnux, das außer den bereits im Artikel genannten noch weitere Tools vorstellt. Weitere hilfreiche Links finden Sie in den „REMnux Tool Tips“ der Dokumentation. ([jss@ct.de](mailto:jss@ct.de))

Dieser Artikel erschien ursprünglich auf [heise+](https://heise.de).

## Literatur

- [1] Jan Mahn, Zu neuen Ufern, Nach dem Hype: Docker verstehen und loslegen, c't 24/2021, S. 146
- [2] Olivia von Westernhagen, Malware-Analyse für Anfänger: Mit VirtualBox schnell & kostenlos starten, via [heise.de/-7242424](https://heise.de/-7242424)
- [3] Olivia von Westernhagen, Malware-Analyse für Anfänger: Mit Tools und Schadcode sicher umgehen, via [heise.de/-7250304](https://heise.de/-7250304)
- [4] Olivia von Westernhagen, Gut aufgestellt gegen Schadcode, Malware-Signaturen mit Yara einfach selbst schreiben, c't 20/2018, S. 154

Downloads und Doku: [ct.de/yytp](https://ct.de/yytp)

FILE	OFFSET	CP	LANG	SIZE	TYPE	NAME
0x342a8	0	0	2	AFX_DIALOG_LAYOUT	#457	
0x342b0	0	0	2	AFX_DIALOG_LAYOUT	#497	
0x342b8	0	0	304	CURSOR	#4	
0x34400	0	0	304	CURSOR	#5	
0x34530	0	0	240	CURSOR	#6	

Mezucagufu vulojacago codibirek? – fragt man sich beim Anblick der Ausgabe von pedump. Hier können tiefergehende Analysen weiterhelfen.





# Retrogaming to go

## Videospielkonsolen auf dem Steam Deck emulieren

**Das Steam Deck packt nicht nur aktuelle PC-Titel, aufgrund der starken Performance emuliert das tragbare Gaming-System auch Retro-Videospielkonsolen. Das klappt sogar mit 3D-Spielen der PlayStation 3. Dank dem EmuDeck-Projekt ist die Einrichtung gar nicht schwer.**

Von Dennis Schirmmacher

Um Spielkonsolen zu emulieren, ist vergleichsweise viel Rechenleistung nötig, da die Hardware der Konsolen komplett in Software nachgebildet werden muss. Um Spielen ein SNES (Super Nintendo Entertainment System) vorzugaukeln, reicht zwar bereits der Kleinstcomputer Raspberry Pi 3, doch für Wii-, Gamecube-, PS2- und PS3-Spiele mit 3D-Grafik benötigt man einen leistungsfähigen PC. Valve packt die nötige Leistung mit dem Steam Deck in eine tragbare Spielekonsole. Damit klappt Retro-Gaming auch unterwegs.

Frisch aus  
**c't Nerdistan**

Das Steam Deck ist ein ausgewachsener Mini-PC und trumps dank performanter Zen-2-CPU (4 Kerne, 8 Threads, maximal 3,5 GHz) und RDNA-2-GPU (8 Compute Units und 512 Shader-Kerne, maximal 1,6 GHz) von AMD für mobile Hardware mit überraschend viel Rechenleistung auf. Die Performance ist etwa mit der einer PlayStation 4 vergleichbar. Dass Spiele so gut darauf laufen, liegt auch an der vergleichsweise niedrigen Auflösung des Bildschirms (1280 × 800 Pixel). So muss die GPU „nur“ rund 1 Million Bildpunkte pro Se-

mal 1,6 GHz) von AMD für mobile Hardware mit überraschend viel Rechenleistung auf. Die Performance ist etwa mit der einer PlayStation 4 vergleichbar.

Dass Spiele so gut darauf laufen, liegt auch an der vergleichsweise niedrigen Auflösung des Bildschirms (1280 × 800 Pixel). So muss die GPU „nur“ rund 1 Million Bildpunkte pro Se-

kunden rendern, statt 2 Millionen Pixel bei Full HD. Im Test hat uns die Konsole mit PC-Spielen schon sehr gut gefallen [1]. Doch wie schlägt sie sich als Emulations-PC und wie geht die Einrichtung von-statten?

## Mehrere Wege zum Retro-Spaß

Um rechtlich auf der sicheren Seite zu sein, muss man die Retro-Spiele besitzen, die man emulieren will. Wer sich nur die ROM-Dateien herunterlädt, macht sich strafbar. Das gilt auch für BIOS- und Key-Dateien, die zum Starten von bestimmten Konsolen und Spielen nötig sind.

Sie benötigen um loszulegen eigentlich nichts weiter als die ROMs und eine Internetverbindung. Wir empfehlen eine Micro-SDHC-Karte, um die Retro-Spiele darauf zu speichern. Das hat den Vorteil, dass Ihre PC-Spiele im internen Speicher des Steam Decks liegen und die Retro-Titel auf der SD-Karte. Im Test hat sich eine Class-10-Karte bewährt und Spiele starteten stets problemlos.

Es gibt mehrere Wege, die Emulatoren aufs Steam Deck zu bekommen. Wer abschließend beispielsweise Gamecube-Titel spielen will, installiert den Dolphin-Emulator direkt über den in der mobilen Konsole integrierten App-Store Discover. Das ist unkompliziert und geht am schnellsten. Dort gibt es aber nicht alle Emulatoren. Alternativ kann man Batocera (batocera.org) nutzen. Dabei handelt es sich um eine schlanke Linux-Distribution, die jede Menge Emulatoren an Bord hat. Das System bannt ein Tool wie BalenaEtcher auf eine SD-Karte; es startet dann via Dual Boot statt Steam OS. Noch befindet sich das Projekt im Beta-Stadium, lief bei uns aber schon ziemlich gut.

## Erste Wahl: EmuDeck

Weil Installation und Nutzung sehr einfach sind, haben wir uns für EmuDeck entschieden. Hinter dem Projekt stecken Retrofans, die sich auf GitHub organisieren. Bei EmuDeck handelt es sich um keinen Emulator, sondern um eine Sammlung von Skripten, die automatisch Emulatoren für verschiedene Retrosysteme unter SteamOS installieren und sinnvoll vorkonfigurieren. Im Anschluss befinden sich auf dem Steam Deck ein ganzes Bündel an Emulatoren für Konsolenveteranen von Nintendos NES bis Sonys PlayStation 3. EmuDeck legt zudem eine Ordnerstruktur an, in die Sie ROMs und BIOS-Dateien kopieren.

### ct kompakt

- Die leistungsfähige Hardware des Steam Deck kann Konsolen bis zur PlayStation 3 emulieren.
- Das Projekt EmuDeck konfiguriert Emulatoren automatisch.
- Mit ein paar Handgriffen kitzeln Sie noch mehr Leistung aus dem Deck.

EmuDeck macht sich das Frontend EmulationStation und die Emulationssoftware RetroArch zunutze, die eine Reihe von Emulatoren als sogenannte Cores unter einen Hut bringen. Beide laden Emulatoren herunter, speichern Konfigurationen und bringen ein grafisches Interface mit, um Spiele zu starten und Feintuning an der Performance zu betreiben. Wenn sich das gewünschte System nicht durch einen Core in RetroArch abbilden lässt, hilft EmulationStation aus und lädt Stand-alone-Emulatoren wie Yuzu für Nintendos Switch oder RPCS3 für die PS3 herunter. Weil EmulationStation ein benutzerfreundlicheres Interface als RetroArch aufweist, nutzt EmuDeck es als Bedienoberfläche auf dem Steam Deck.

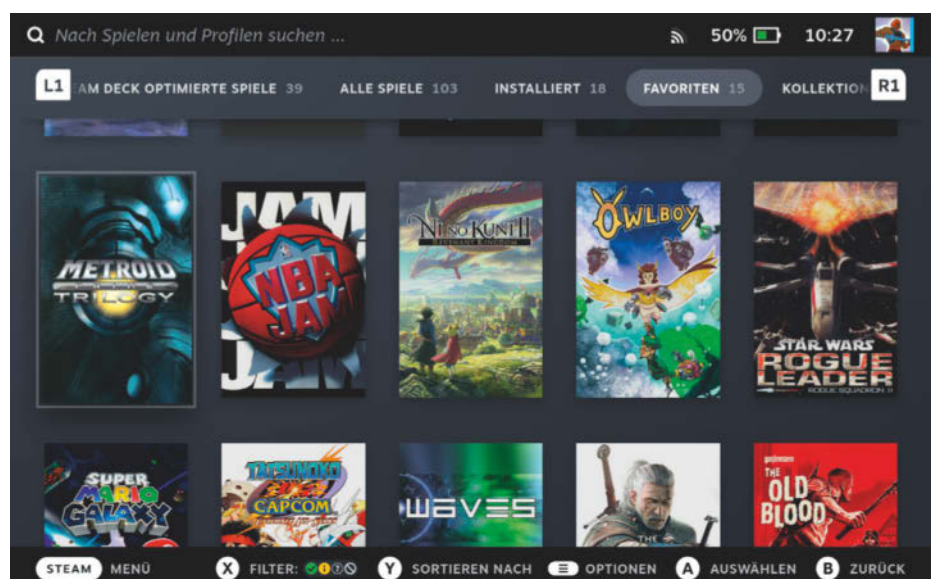
EmuDeck passt in den Emulatoren automatisch die Knopfbelegungen für das Gamepad-Layout des Steam Decks an. Wer das ändern möchte, muss den jeweiligen Emulator in der Bibliothek auf dem

Steam Deck unter „Steam-Fremd“ aufrufen und in den Einstellungen die Controller-Belegungen anpassen. Außerdem erhöht EmuDeck automatisch die Renderauflösung, sodass Retrotitel mindestens mit der zweifachen Originalauflösung laufen, damit die Grafik auf dem internen Bildschirm knackig scharf und nicht verwaschen erscheint.

## EmuDeck installieren

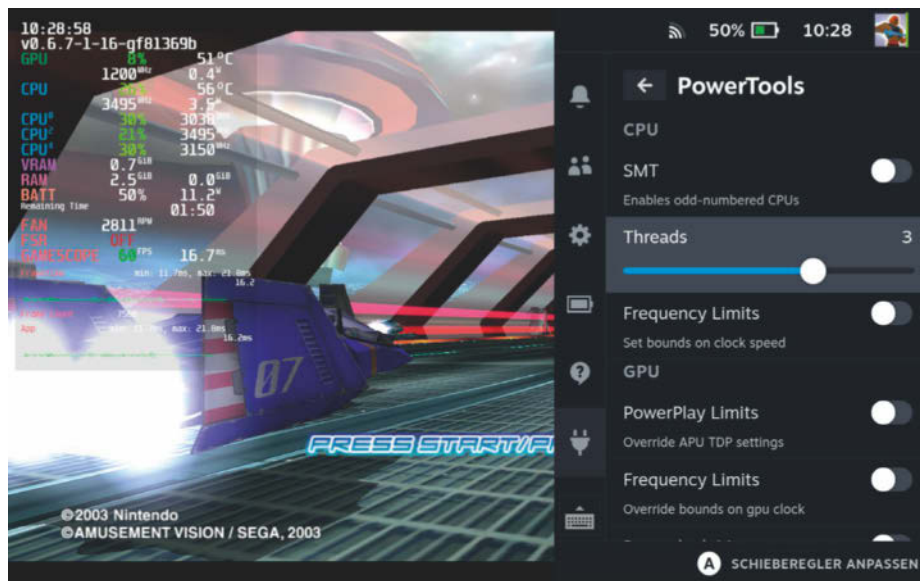
Wenn Sie die Emulatoren und Ihre Retro-Spiele auf einer SD-Karte speichern wollen, stecken Sie diese ins Steam Deck und formatieren Sie in den Einstellungen unter „System“. Nun können Sie mit der Installation von EmuDeck loslegen. Wechseln Sie in den Desktopmodus. Dafür halten Sie die Power-Taste gedrückt und wählen die Option „Zum Desktop wechseln“. Den Mauszeiger steuern Sie in diesem Modus über das Trackpad, die virtuelle Tastatur rufen Sie mit der Tastenkombination „Steam“ und „X“ auf. Bequemer gehen Eingaben mit via Bluetooth oder USB-Adapter angeschlossener Maus und Tastatur von der Hand.

Laden Sie von der EmuDeck-Website den Installer (siehe ct.de/yfjd). Verschieben Sie die Installer-Datei aus dem Download-Ordner auf den Desktop und führen Sie sie aus. Bei uns kam es zu Fehlern, wenn wir den Installer aus dem Download-Ordner gestartet haben. Im Grunde reicht es am Anfang der Installation, den „Easy Mode“ auszuwählen. Nach einem Klick auf „Continue“ müssen



Wer möchte, kann seine Retrospele neben PC-Titeln in der Bibliothek auf dem Steam Deck erscheinen lassen.





Erst wenn man über PowerTools die SMT-Option deaktiviert und die Threads auf drei reduziert, kann der Dolphin-Emulator die vollen 3,5 GHz der CPU nutzen. Dann ist auch in vielen anspruchsvolleren 3D-Titeln eine Framerate von 60 fps möglich.

Sie nichts weiter tun und EmuDeck installiert alle Emulatoren und optimiert die Einstellungen auf das Steam Deck. Entscheiden Sie sich für den „Custom Mode“, können Sie beispielsweise das Bildseitenverhältnis für bestimmte Konsolen anpassen. Diese Einstellungen stehen aber auch später über den EmuDeck-Installer unter „Tools & Stuff“, „Quick Settings“ zur Verfügung. Die Installer-Datei verbleibt nach Abschluss der Installation auf dem Desktop.

In den Quick-Settings wählen Sie etwa bei Segas Mega Drive zwischen dem originalen 4:3-Seitenverhältnis oder 3:2. Letzteres sorgt dafür, dass Mega-Drive-Spiele auf dem 16:10-Bildschirm des Steam Decks links und rechts kleinere schwarze Balken haben. Für manche Konsolen kann man noch Widescreen-Hacks aktivieren. Nintendos GameCube beispielsweise gibt Spiele im Seitenverhältnis 4:3 aus. Mit dem Hack werden Spiele ohne schwarze Balken dargestellt. Das funktioniert aber nicht bei allen Titeln fehlerfrei.

Die Ordner zum Ablegen der BIOS- und ROM-Dateien finden sich auf der SD-Karte im Ordner „Emulation“. Im ROM-Ordner gibt es für jede Konsole, für die ein Emulator vorhanden ist, einen Ordner, in den Sie Spiele ablegen. Weil das Steam Deck die SD-Karte mit dem Linux-Dateisystem ext4 formatiert, erkennt Windows sie nicht. Die Dateien bekommen Sie den-

noch aufs Steam Deck, indem Sie beispielsweise einen mit dem FAT-Dateisystem formatierten USB-Stick, der die ROMs enthält, via USB-C-Adapter am Steam Deck anschließen und die Dateien im Desktopmodus auf die SD-Karte kopieren. Alternativ erledigen Sie das über Netzwerkfreigaben.

Um die Emulatoren, Frontends und EmuDeck auf dem aktuellen Stand zu halten, führen Sie alle paar Monate „EmuDeck“ auf dem Linux-Desktop aus. Die grafische Benutzeroberfläche zeigt an, ob Updates verfügbar sind. Da einige Emulatoren als Flatpak installiert werden, aktualisieren Sie diese zusätzlich via Discover.

## Oberfläche anpassen

Spiele starten Sie auf einem von zwei Wegen: Sie öffnen in der Steam-Deck-Bibliothek EmulationStation und greifen dort nach Konsolen sortiert auf Ihre Retrotitel zu. Oder Sie betten Spiele mit dem kostenlosen Tool Steam ROM Manager inklusive Cover-Art direkt in Ihre Steam-Bibliothek ein, sodass dort Retrotitel neben PC-Spielen auftauchen.

Starten Sie auf dem SteamOS-Desktop EmuDeck, um Steam Rom Manager zu nutzen; sie finden es unter „Tools & Stuff“, zusammen mit anderen hilfreichen Werkzeugen: Mit Power Tools können Sie beispielsweise die Performance für GameCube- und Wii-Spiele optimieren; dazu

später mehr. Mit GyroDSU sprechen Sie die Bewegungssensoren des Steam Decks an und steuern beispielsweise Wii-U-Titel über Kippbewegungen des Handhelds. Außerdem können Sie hier EmuDeck deinstallieren.

Starten Sie Steam ROM Manager. Damit das Tool Retrospele in ihre Steam-Bibliothek auf dem Steam Deck einbetten kann, beendet es automatisch Steam im Hintergrund. Nicht wundern: Wenn Steam beendet ist und Sie das Trackpad zur Bedienung benutzen, liegt der Mausklick vom Pad auf der Taste „R2“.

Sollen Emulatoren und Spiele in der Bibliothek erscheinen, wählen Sie im Hauptmenü links die Einträge der jeweiligen Konsolen einfach an. Nach der Auswahl klicken Sie unter „Preview“ auf „Generate app list“. Hier können Sie durch Klicken auf die kleinen Pfeile in den Cornern der Spiele verschiedene Grafiken auswählen. Passt alles, speichern Sie das Layout über „Save app list“. Bei großen Retrobibliotheken kann dieser Vorgang mehrere Minuten dauern. Im Steam ROM Manager prüfen Sie unter „Event log“ den Fortschritt. Schließen Sie den ROM-Manager erst, wenn der Vorgang abgeschlossen ist!

Im Anschluss aktivieren Sie auf dem Desktop den „Gaming Mode“ und spielen Ihre alten Lieblingstitel unterwegs auf dem Steam Deck. Wer einen passenden USB-C-Hub hat, kann das Steam Deck auch via HDMI an einem Fernseher anschließen. Controller verbindet man in diesem Szenario mittels Bluetooth oder USB. Praktisch: Über vorkonfigurierte Tastenkombinationen kann man beispielsweise durch Drücken von „Select“ und „R1“ zu jeder Zeit einen Speicherstand anlegen (Quick Save). Im Wiki von EmuDeck finden Sie weitere Shortcuts ([ct.de/yfjd](https://ct.de/yfjd)).

## Aus alt mach neu

Um eins gleich vorwegzunehmen: Die Leistung des Steam Decks als Emulator-PC zum Mitnehmen hat uns insgesamt schlicht aus den Socken gehauen. Dass Plattformen wie Game Boy Advance, Megadrive, NES, Neo Geo und Co. flüssig laufen, ist eine Selbstverständlichkeit. Dass aber auch viele Titel für Sonys PS1 und PS2 oder Segas Dreamcast und Saturn butterweich mit 60 Bildern pro Sekunden (fps) in der Auflösung des Steam Decks (1280×800 Pixel) dargestellt werden, hat uns überrascht. Wir hätten auch nicht ge-



dacht, dass die Performance sogar ausreicht, um einige PS3-Titel wie „Demon's Souls“ mit 30fps abzuspielen. „Virtua Fighter 5“ läuft sogar mit 60 fps. Diese Konsole zu emulieren, ist äußerst anspruchsvoll und erfordert viel Rechenleistung. Es ist also nicht alles perfekt: Vor allem in komplexen 3D-Spielen kommt es immer mal wieder zu Einbrüchen der Framerate. Manche Titel wie „God of War III“ sind mit weniger als 10 fps sogar unspielbar.

Auch bei Nintendo-Konsolen vom GameCube über die Wii U bis zur aktuellen Switch schlägt sich die Emulation wacker. Titel wie „The Legend of Zelda: Breath of the Wild“ zwingen die Hardware aber in die Knie und der Titel läuft lediglich mit 40 fps – jammern auf hohem Niveau, denn selbst auf der originalen Switch sind es nur 30 fps. In einigen Titeln wie dem Rennspiel „Sega GT“ auf der Dreamcast konnten wir die Auflösung in den Einstellungen des Emulators ohne Einbrüche der Framerate auf Full-HD (1920 × 1080 Bildpunkte) erhöhen. „Super Mario Galaxy“ haben wir sogar mit von der Community erstellten HD-Texturen [2] aufgewertet und es lief trotzdem noch super.

Es lohnt sich, die Emulatoren wie anfangs beschrieben immer mal wieder zu aktualisieren, da die Entwickler regelmäßig den Code optimieren, damit Spiele flüssiger laufen. Wer es sich zutraut und weiß was er tut, kann die Emulatoren in die Bibliothek unter „Steam-Fremd“ aufrufen und individuell konfigurieren, damit



**Hübsches Konsolen-Auswahlmenü: EmulationStation erstrahlt auf Wunsch in verschiedenen grafischen Themes.**

Spiele besser laufen. Oft reicht es, die Auflösung zu reduzieren, um die Bildrate zu erhöhen.

Darüber hinaus konnten wir mit dem Steam-Deck-Plug-in „PowerTools“ die Performance des Dolphin-Emulator für GameCube- und Wii-Spiele verbessern. Indem wir die SMT-Option deaktiviert haben und die verbleibenden vier CPU-Threads auf drei reduziert, lief der Titel „Super Mario Galaxy“ mit 60 fps statt mit rund 40. Erklärung: Erst mit weniger Threads kann der Dolphin-Emulator den

vollen CPU-Takt des Steam Decks nutzen. Noch besser läuft der Emulator, wenn Sie das Overlay-Menü des Steam Decks über die Taste mit den drei Punkten aufrufen und unter „Leistung“ bei „Manuelle GPU-Taktsteuerung“ den Wert auf 1200 stellen. Leider ist es nicht möglich, PowerTools-Konfigurationen für einzelne Emulatoren zu speichern und automatisch zu laden. Die Werte gelten immer global und wenn Sie einen anspruchsvollen PC-Titel spielen wollen, müssen Sie wieder die Standardwerte aktivieren.

## Fazit

Das Steam Deck macht nicht nur als tragbarer Mini-Computer mit PC-Spielen eine richtig gute Figur, es taugt auch als mobile Emulatorsammlung und wird Retrofans begeistern. EmuDeck als All-in-One-Paket erleichtert Linux-Neulingen die Einrichtung. Profis freuen sich über die Optionsvielfalt und schrauben an den Emulator-Einstellungen, damit ihre Lieblingsspiele noch besser laufen.

(des@ct.de) **ct**



**Noch mehr Details: Dank der starken Rechenkraft des Steam Decks haben wir „Super Mario Galaxy“ flüssig mit knackscharfen HD-Texturen gespielt.**

## Literatur

- [1] Liane M. Dubowy, Taschenspielerei, Mobile Steam-Bibliothek: Spielkonsole Valve Steam Deck im Test, c't 9/22, S. 112
- [2] Dennis Schirrmacher, Mein altes neues Lieblingsspiel, Spiele für Nintendos GameCube und Wii grafisch aufpolieren, c't 24/2016, S. 156

**EmuDeck-Installer und -Wiki: [ct.de/yfjd](https://ct.de/yfjd)**

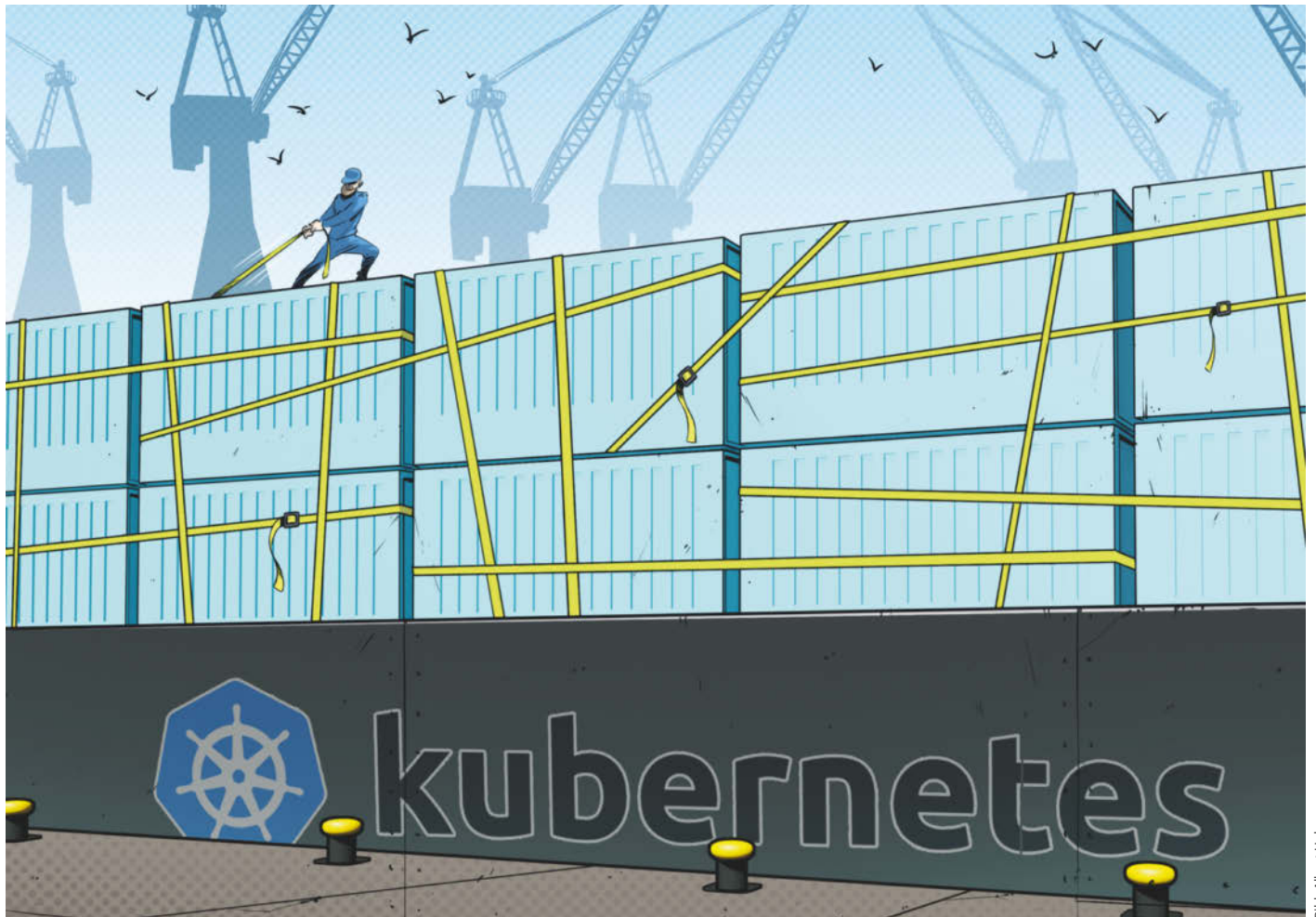


Bild: Albert Huim

# Containervernetzer

## Auf dem Lernpfad zum Kubernetes-Kenner, Teil 3

**Container kommen selten allein vor und brauchen meist Kontakt zu anderen sowie zur Außenwelt. Im dritten Teil der Kubernetes-Reihe vernetzen Sie Container per Kubernetes-Service und installieren den Reverse-Proxy Traefik bequem mit dem Paketmanager Helm. Dann ist Ihr Cluster bereit für Anfragen von außen.**

Von Jan Mahn

**P**ro Container darf nur ein Prozess laufen – diese Grundregel lernen Container-Einsteiger als erste Lektion. Will man wirklich von Containerisierung profitieren, muss man beim Planen von Images der Versuchung widerstehen, alle Komponenten in einen Container zu stecken. Datenbank und Anwendung zum Beispiel gehören in separate Container, sollen separat vervielfältigt und aktualisiert werden. Damit sie zusammenarbeiten können, muss man sie so vernetzen, dass sie sich gegenseitig finden und Informationen austauschen können.

Was in einfachen Containerumgebungen wie Docker und Podman fast von al-

lein passiert, kann und muss man in der Kubernetes-Welt konfigurieren. Im zweiten Teil dieser Reihe [1] haben Sie das Konzept des Service kennengelernt, der Anfragen entgegennimmt und an Pods weiterleitet, die mit einem bestimmten Label versehen sind. Ganz automatisch arbeitet ein Service als Load-Balancer und kümmert sich ebenfalls darum, nur solche Pods mit Anfragen zu belasten, die von einer LivenessProbe für empfangsbereit erklärt wurden.

Genutzt haben Sie Services in den ersten Teilen dieser Reihe, um Anfragen von außen an Pods durchzuleiten – aber genauso braucht man sie, damit sich Pods unter-



einander zuverlässig finden. Das Paradebeispiel: Ein Pod, der ein API bereitstellt, soll den Pod mit seiner Datenbank erreichen. Grundsätzlich würde das in Kubernetes auch ohne Service funktionieren, weil jeder Pod im Cluster eine IP-Adresse und einen DNS-Eintrag bekommt. Wie bei Docker gilt: Arbeiten Sie niemals mit internen IP-Adressen, die wechseln immer wieder und sind nicht berechenbar. Machen Sie stattdessen von der Kubernetes-Namensauflösung Gebrauch und arbeiten immer mit DNS-Namen.

Den Namen eines Pods direkt in der Konfiguration eines anderen Pods zu hinterlegen ist durchaus möglich, aber keine gute Idee: Sobald Sie skalieren wollen und mehrere identische Pods haben, brauchen Sie dazwischen einen Service als Vermittler. Wenn Sie, wie bereits gezeigt, ein Deployment einsetzen, das Pods aus einer Schablone erzeugt, bekommen diese je einen Namen mit einer Zufallskomponente – auf die Pod-Namen können Sie dann ebenso wenig vertrauen wie auf interne IP-Adressen. Es lohnt sich also, von Anfang an mit Services zu arbeiten, wenn sich Container untereinander ansprechen sollen.

## Mit Namespace

Kubernetes stellt intern einen DNS-Server bereit, den alle Pods standardmäßig nutzen. Um die DNS-Namensauflösung innerhalb eines Clusters zu verstehen, müssen Sie sich zunächst mit einem anderen Konzept vertraut machen: dem Namespace. Im Cluster liegen die meisten Objekte in einem Namespace – wenn man beim Anlegen keinen explizit angibt, ist das immer der Namespace `default`. Mit Namespaces schafft man Ordnung im Cluster und trennt Bereiche organisatorisch. In Mehr-Admin-Umgebungen dienen sie auch der Berechtigungsverwaltung: Weil das Kubernetes-API ein umfangreiches Berechtigungssystem mitbringt, kann man Frontend-Entwicklern zum Beispiel explizit Schreibrechte auf ihren Namespace `frontend` zuweisen, im Namespace `backend` brauchen sie nur Lese- oder gar keine Rechte. Wenn Sie sich im Detail für Berechtigungsverwaltung interessieren, finden Sie Informationen in der Dokumentation über [ct.de/yp9w](https://ct.de/yp9w).

Einen neuen Namespace haben Sie schnell angelegt, es handelt sich um ein gewöhnliches Objekt (wie Pods oder Services) mit den üblichen Spielregeln. Es reicht also, eine YAML-Datei mit wenigen

Zeilen anzulegen und per Kubectl in den Cluster zu bringen:

```
apiVersion: v1
kind: Namespace
metadata:
  name: backend
```

Nun hat Ihr Cluster den Namespace `backend`. Um zu sehen, welche Pods darin existieren, müssen Sie einen gewohnten Befehl erweitern:

```
kubectl get pods -n backend
```

Haben Sie mal vergessen, in welchem Namespace ein Objekt liegt, können Sie auch Objekte in allen Namespaces anzeigen:

```
kubectl get pods --all-namespaces
```

Diese Parameter funktionieren auch mit anderen Objekten, zum Beispiel mit `kubectl get services`, auch Services liegen in einem Namespace. Und wenn Sie sich länger in einem bestimmten Namespace umsehen wollen, können Sie den Kubectl-Kontext anpassen und den Parameter `-n` fortan weglassen:

```
kubectl config set-context --current \
  --namespace=backend
```

Der Namespace ist Teil des vollständigen Hostnames eines Service. Ein Service namens `my-service`, der im Namespace `default` liegt, heißt mit vollem Namen `my-service.default.svc.cluster.local`. Wer im Cluster den Kubernetes-internen DNS-Server nach der zugehörigen IP-Adresse befragt, bekommt eine Antwort. Ganz so lang muss die Anfrage aber nicht sein. Die Endung `.svc.cluster.local` wird als Standard-Domain angenommen und kann weggelassen werden. Sucht ein Pod einen Service im selben Namespace, kann er auch diesen weglassen. Namespace-intern würde auch eine Anfrage für `my-service` zum Erfolg führen.

## Am Beispiel

In einem typischen Szenario mit einer echten Anwendung wird das Konzept schnell deutlich: Die Blog-Software WordPress bietet sich als Beispiel an. Sie besteht aus einem Container mit der Anwendung und einem Container mit der Datenbank MariaDB. Dafür brauchen Sie mehrere Kubernetes-Objekte. Deren Definition finden Sie in den Kästen auf Seite 164,

## ct kompakt

- In einem Kubernetes-Cluster sprechen sich Dienste untereinander über Services an, die ganz nebenbei Lastenverteilung machen.
- Mit wenigen Kubernetes-Objekten läuft die Blog-Software WordPress mit einer Datenbank im Cluster.
- Um komplexe Software im Cluster zu installieren, steht der Paketmanager Helm bereit.

Frontend und Backend getrennt. Die YAML-Definition haben wir Ihnen über [ct.de/yp9w](https://ct.de/yp9w) zum Download bereitgestellt. Laden Sie diese Datei herunter und bringen die Definition per Kubectl in Ihren Cluster.

Nach wenigen Sekunden läuft eine fertige WordPress-Instanz, die Sie über die externen IP-Adressen Ihres Clusters auf Port 30001 erreichen. Der Installationsassistent wird Sie bitten, einen Namen und ein Kennwort zu vergeben, danach können Sie losbloggen.

Die einzelnen YAML-Abschnitte sind erklärungsbedürftig. Los geht es mit dem Namespace `backend`. Die WordPress-Installation in zwei Namespaces für Frontend und Backend zu teilen wäre in einem richtigen Cluster übertrieben – das soll in unserem Beispiel nur demonstrieren, wie Services zwischen Namespaces vermitteln. In der Backend-Definition folgt ein Deployment für die Datenbank mit nur einer Kopie. Im Fall von MariaDB können Sie die Zeile nicht einfach zu `replicas: 3` ändern und sich an einer redundanten Datenbank erfreuen. Kubernetes würde drei Pods starten, aber MariaDB ist von Haus aus nicht darauf vorbereitet, im Team zu arbeiten.

Die Deployment-Strategie `Recreate` ist eine andere als das `RollingUpdate`, das Sie bereits kennengelernt haben. Mit der Einstellung `Recreate` stoppt Kubernetes bei einem Update den alten Container und erzeugt dann erst einen neuen. Das ist später entscheidend, wenn Sie der Datenbank persistenten Speicher zuweisen. Zwei gleichzeitig laufende MariaDB-Instanzen, die auf einen Ordner zugreifen, verursachen Datensalat! Sie merken es schon: MariaDB (wie auch MySQL) ist nicht gerade Cloud-native. Für redundanten Be-



trieb im Cluster brauchen Sie eine dafür geeignete Datenbank wie die Open-Source-Software CockroachDB, die wir schon ausführlich vorgestellt haben [2].

Das Deployment enthält einen Abschnitt, der Docker-Kennern sofort bekannt vorkommt: Der Abschnitt `env`: entspricht dem, was in einer Docker-Compose-Datei `environment`: heißt. Der Con-

tainer bekommt Umgebungsvariablen. Um Missverständnissen vorzubeugen: Das Root-Kennwort der Datenbank im Klartext in die YAML-Datei zu schreiben ist nicht der letzte Schrei in der Kubernetes-Welt, für dieses Beispiel aber ausreichend.

Der nächste Abschnitt im Backend ist ein Service namens `wp-database`, der auf den Pod mit dem Label `app: wp-database`

verweist. Für den Service ist kein Typ angegeben, Kubernetes weist ihm dann den Standard-Typ `ClusterIP` zu. Die Folge: Der Service ist Cluster-intern erreichbar, wird aber nicht auf einen externen Port weitergereicht – so soll es bei einer Datenbank auch sein.

Die Definition des Frontends ist weitestgehend unspektakulär. Es gibt einen

## WordPress-Backend

```
---
apiVersion: v1
kind: Namespace
metadata:
  name: backend
---
apiVersion: apps/v1
kind: Deployment
metadata:
  name: wp-database-deployment
  namespace: backend
  labels:
    app: wp-database
spec:
  replicas: 1
  strategy:
    type: Recreate
  selector:
    matchLabels:
      app: wp-database
  template:
    metadata:
      name: wp-database
      namespace: backend
      labels:
        app: wp-database
    spec:
      containers:
        - name: mariadb
          image: mariadb:latest
          ports:
            - containerPort: 3306
          env:
            - name: MARIADB_ROOT_PASSWORD
              value: "verySecret"
            - name: MARIADB_DATABASE
              value: "wp"
            - name: MARIADB_USER
              value: "wp"
            - name: MARIADB_PASSWORD
              value: "secretWp"
---
apiVersion: v1
kind: Service
metadata:
  name: wp-database
  namespace: backend
spec:
  selector:
    app: wp-database
  ports:
    - protocol: TCP
      port: 3306
      targetPort: 3306
```

## WordPress-Frontend

```
---
apiVersion: v1
kind: Namespace
metadata:
  name: frontend
---
apiVersion: apps/v1
kind: Deployment
metadata:
  name: wp-web-deployment
  namespace: frontend
  labels:
    app: wp-web
spec:
  replicas: 3
  strategy:
    type: RollingUpdate
    rollingUpdate:
      maxUnavailable: 50%
      maxSurge: 1
  selector:
    matchLabels:
      app: wp-web
  template:
    metadata:
      labels:
        app: wp-web
    spec:
      containers:
        - name: web
          image: wordpress:latest
          ports:
            - containerPort: 80
          env:
            - name: WORDPRESS_DB_HOST
              value: "wp-database.backend"
            - name: WORDPRESS_DB_NAME
              value: "wp"
            - name: WORDPRESS_DB_USER
              value: "wp"
            - name: WORDPRESS_DB_PASSWORD
              value: "secretWp"
---
apiVersion: v1
kind: Service
metadata:
  name: wp-external
  namespace: frontend
spec:
  type: NodePort
  selector:
    app: wp-web
  ports:
    - protocol: TCP
      nodePort: 30001
      port: 80
      targetPort: 80
```

# AGILE LEADERSHIP CONFERENCE

So werden agile Teams besser

Online-Konferenz – 29. November 2022

Kaum ein Unternehmen kommt heute noch ohne **agile Arbeitsweisen** aus. Scrum, Kanban und andere Ansätze stellen Führung und Management vor neue Herausforderungen:

- ✓ Wie führt man selbstorganisierte Teams im Gegensatz zu Einzelpersonen?
- ✓ Wie kann man Mitarbeitende beurteilen, wenn die Teamleistung im Fokus steht?
- ✓ Braucht es überhaupt noch disziplinarische Führungskräfte? Wenn ja, in welcher Menge und mit welchen Aufgaben?

Die **Agile Leadership Conference** bietet einen fundierten, praxisorientierten Überblick, was agiles Arbeiten für die Führung in Unternehmen bedeutet.

Die Konferenz richtet sich an **Gruppen-/Team-/Abteilungsleiterinnen und -leiter** sowie erfahrene **Scrum Master/Agile Coaches**. Wer teilnimmt, sollte ein agiles Grundverständnis mitbringen.

+++ Außerdem Online-Workshops am 28.11., 30.11./1.12. und 6.12.2022 +++

**alc.inside-agile.de**

in Kooperation mit



Agile Academy

Jetzt  
Tickets  
sichern!

Konferenzen von

Veranstalter

heise Developer

dpunkt.verlag

## 5. PRODUCT OWNER DAY

So geht agiles Produktmanagement besser

Online-Konferenz – 7. Dezember 2022

So geht agiles Produktmanagement besser

Der fünfte Product Owner Day rückt Themen wie OKRs, Floating Teams und Platform Management in den Mittelpunkt.

- ✓ Erfolgreich mit OKRs – aber wie?
- ✓ Floating Teams
- ✓ Platform Management und Product Ownership
- ✓ Wege zu frugaler Innovation
- ✓ Was nützt die Zertifizierung als Product Owner:in?

Die Konferenz richtet sich an **Product Owner** und **Produktmanagerinnen**, die die agilen Grundlagen kennen und bereits Erfahrung in der Rolle mitbringen.

+++ Außerdem Online-Workshop am 5.12.2022 +++

**pod.inside-agile.de**

in Kooperation mit



Die Produktwerker

Agile Academy

Jetzt  
Tickets  
sichern!



Namespace, ein Deployment für WordPress selbst (mit `RollingUpdate` und drei Kopien) sowie einen Service vom Typ `NodePort`, damit die Website auf Port 30001 der externen Netzwerkkarte veröffentlicht wird. Der Querverweis zwischen Frontend und Backend findet bei der Definition der Umgebungsvariable `WORDPRESS_DB_HOST` statt. Sie erhält den Wert `wp-database-backend`. Den Rest können Sie guten Gewissens dem Kubernetes-DNS-Server überlassen. Das WordPress-Frontend bekommt die IP-Adresse des Service aus dem anderen Namespace und kann mit seiner Datenbank kommunizieren.

Mit diesem Wissen nähern Sie sich in großen Schritten einem Kubernetes-Cluster, der mehr als nur Testseiten anzeigen kann und eine richtige Aufgabe erfüllt, indem er eine dynamisch erzeugte Website darstellt. Ein wesentlicher Makel besteht aber noch: Auf Port 30001 wird kein

Besucher nach einer Website suchen. Und wünschenswert wäre später zusätzlich eine sichere TLS-Verbindung. Um diese Wünsche zu erfüllen, sollten Sie einen Reverse-Proxy einsetzen, der Anfragen von außen annimmt (später auch mit TLS) und an den passenden Container zustellt. Mit einem solchen Reverse-Proxy ist es auch möglich, verschiedene Dienste hinter einer öffentlichen IP-Adresse anzubieten. Die Software wertet den Anfrage-Header aus und kann zum Beispiel Anfragen an `www.example.org` an einen anderen Dienst im Cluster leiten als Anfragen an `www.example2.org`.

Ein solcher Reverse-Proxy, der sich im Cloud-Native-Umfeld einiger Beliebtheit erfreut und unter Open-Source-Lizenz veröffentlicht ist, heißt Traefik [3]. Um ihn im Cluster zu platzieren, könnten Sie eine sehr lange YAML-Datei aus der Traefik-Dokumentation herunterladen und per

Apply-Befehl anwenden. Doch es gibt einen besseren Weg im Kubernetes-Universum.

## Schöner mit Helm

Das kleine Kommandozeilenwerkzeug Helm ist angetreten, um die Installation von Software im Kubernetes-Cluster zu vereinfachen, selbst bezeichnet sich Helm als Paketmanager für Kubernetes. Die Grundidee: Die YAML-Definitionen für eine Anwendung werden mit Platzhaltern versehen (Helm arbeitet mit einer Template-Engine), zu einem Paket verschnürt (das in der Helm-Welt als Chart bezeichnet wird) und in einem Repository (technisch ist das nur ein Webserver) veröffentlicht. Der Nutzer installiert Helm auf seiner Maschine und installiert dann per Kommandozeile Anwendungen aus dem Repository in seinem Cluster. So viel der Theorie – Zeit, Traefik per Helm zu installieren

Los geht die Helm-Karriere mit der Installation auf der lokalen Entwicklermaschine. Auf dem Mac mit `brew install helm`, unter Ubuntu mit `snap install helm --classic` und auf einer Windows-Maschine, sofern installiert, per Chocolatey: `choco install kubernetes-helm`. Dass das Ubuntu-Snap-Paket aktuell ein Jahr hinter der neuesten Helm-Version herhinkt, ist verschmerzbar. Wer keinen dieser Paketmanager nutzt, lädt die Binärdatei für alle Betriebssysteme von der Seite `helm.sh` herunter und legt sie per Hand in den Pfad für Programme – auch bei der Installation per Snap unter Ubuntu war das bei unserem Test nötig. Auf der Kommandozeile starten Sie Helm nach der Installation mit dem Befehl `helm`.

Mit Zugangsdaten für Ihren Cluster muss Helm nicht ausgestattet werden. Die Entwickler haben es sich und Ihnen einfach gemacht und nutzen einfach die Konfigurationsdatei und auch die Kontexte von `Kubectl`. Wenn Sie mehrere Cluster betreuen, wechseln Sie also per `Kubectl` zwischen diesen und arbeiten dann mit Helm.

Der erste Helm-Befehl, den man kennen muss, kommt Linux-Nutzern bekannt vor. Er zeigt, welche Anwendungen schon per Helm in einem Cluster installiert wurden:

```
helm ls
```

Wenn der Befehl eine leere Liste und keinen Fehler ausgibt, klappt die Verbindung zum Cluster und Sie können Traefik ins-

**Willkommen**

Willkommen bei der berühmten 5-Minuten-Installation von WordPress! Gib unten einfach die benötigten Informationen ein und schon kannst du starten mit der am besten erweiterbaren und leistungsstarken persönlichen Veröffentlichungsplattform der Welt.

**Benötigte Informationen**

Bitte trage die folgenden Informationen ein. Keine Sorge, du kannst all diese Einstellungen später auch wieder ändern.

**Titel der Website**

**Benutzername**

Benutzernamen dürfen nur alphanumerische Zeichen, Leerzeichen, Unterstriche, Bindestriche, Punkte und das @-Zeichen enthalten.

**Passwort**  Starkes Passwort Verstecken

**Wichtig:** Du wirst dieses Passwort zum Anmelden brauchen. Bitte bewahre es an einem sicheren Ort auf.

**Deine E-Mail-Adresse**

Bitte überprüfe nochmal deine E-Mail-Adresse auf Richtigkeit, bevor du weitermachst.

**Sichtbarkeit für Suchmaschinen** ☐ Suchmaschinen davon abhalten, diese Website zu indexieren

Es ist Sache der Suchmaschinen, dieser Bitte nachzukommen.

[WordPress installieren](#)

**WordPress ist das ideale Beispiel für eine Anwendung, die aus mehreren Komponenten besteht: dem Webserver und einer Datenbank. Wenn die Einrichtungseite erscheint, hat WordPress Zugriff auf seine Datenbank .**



```
> helm upgrade traefik traefik/traefik
Release "traefik" has been upgraded. Happy Helming!
NAME: traefik
LAST DEPLOYED: Thu Nov  3 19:09:29 2022
NAMESPACE: default
STATUS: deployed
REVISION: 2
TEST SUITE: None
NOTES:
Traefik Proxy 2.9.4 has been deployed successfully
on default namespace !
```


**Helm bezeichnet sich selbst als Paketmanager. Mit dem Kommandozeilenprogramm installieren und aktualisieren Sie recht bequem Kubernetes-Pakete. Eine Software wie Traefik ist damit schnell installiert.**

Sie kontrollieren, eingerichtet haben, die auf die externen IP-Adressen Ihres Clusters zeigen, können Sie auch nach angefragter Domain filtern:

```
- match: Host(`www.example.org`) ||&
  & Host(`example.org`)
```

Doch Traefik kann noch mehr – und Anfragen zum Beispiel autorisieren. Mehr dazu finden Sie in der Dokumentation der Software (siehe [ct.de/yp9w](https://ct.de/yp9w)) sowie in [3].

## Resümee

Ihr Cluster nimmt langsam Form an und liefert eine dynamische Website auf Port 80 aus. Mit Helm kennen Sie außerdem den Schlüssel, um Software anderer Entwickler im Cluster einzusetzen und aktuell zu halten – ein weiterer Baustein auf dem Weg zu einer brauchbaren Produktivumgebung. Ein paar Bausteine sind aber noch offen: Zunächst ist Ihre WordPress-Instanz noch nicht sonderlich langlebig. Immer, wenn der Datenbank-Container ersetzt wird, sind auch alle Daten weg. Es fehlt an persistentem Speicher. Im vierten Teil dieser Reihe, der in einer der nächsten Ausgaben erscheint, soll dieses Problem beseitigt werden – denn wie bei fast allen Aufgaben hat das Kubernetes-Ökosystem dafür ein paar sehr umfangreiche Lösungen zu bieten. (jam@ct.de) 

## Literatur

- [1] Jan Mahn, Dickschiffkapitän, Auf dem Lernpfad zum Kubernetes-Kenner, Teil 2, c't 23/2022, S. 158
- [2] Jan Mahn, Verteile und herrsche, Verteilte Datenbanken mit CockroachDB, c't 26/2019, S. 140
- [3] Jan Mahn, HTTP-Einweiser, Eingehenden HTTP-Verkehr mit Traefik routen, c't 17/2019, S. 158

**YAML-Dateien und Dokumentation:**  
[ct.de/yp9w](https://ct.de/yp9w)

tallieren. Die Traefik-Entwickler betreiben einen eigenen Server für Ihre Helm-Pakete, den man Helm als Repository bekannt machen muss:

```
helm repo add traefik &
  https://helm.traefik.io/traefik
```

Es ist empfehlenswert, die Liste verfügbarer Charts vorab zu aktualisieren:

```
helm repo update
```

Dann kann Traefik den Weg in den Cluster finden:

```
helm install traefik traefik/traefik
```

Der Unterbefehl `helm install` erwartet zwei Informationen – zunächst einen Namen, den man frei vergeben kann (in diesem Fall schlicht `traefik`). Die Angabe `traefik/traefik` weist Helm an, das Paket `traefik` aus dem gleichnamigen Repository zu installieren. Ist der Befehl abgesetzt, zeigt `helm ls` einen Eintrag an und verrät, welche Version installiert wurde. Um Software per Helm zu aktualisieren, gibt es den Befehl `helm upgrade`, der wie `helm install` funktioniert:

```
helm upgrade traefik traefik/traefik
```

Den Erfolg der Helm-Installation können Sie mit vertrauten `kubectl`-Mitteln sichtbar machen. Der Befehl `kubectl get pods` zeigt zum Beispiel, dass das Traefik-Paket einen Pod angelegt hat. Außerdem gibt es einen Service, der schon mal die Ports 80 und 443 abhört. Dass Traefik schon arbeitet, sehen Sie, wenn Sie eine IP-Adresse Ihres Clusters im Browser öffnen. Die Fehlermeldung „404 page not found“ kommt bereits von Traefik, weil noch keine Routen eingerichtet sind.

## Wege hinein

Im letzten Schritt in diesem Teil der Reihe veröffentlichen Sie die WordPress-Instal-

lation hinter Traefik. Dafür sind zunächst ein paar Änderungen am Service `wp-external` im Namespace `frontend` nötig. Streichen Sie in der YAML-Definition die Zeile `type: NodePort` und machen ihn damit zu einem internen Service vom Typ `ClusterIP`. Auch die Zeile `nodePort: 30001` muss verschwinden. Traefik allein muss künftig auf interne Services zugreifen. Speichern Sie die Änderungen an der Datei und wenden Sie mit `kubectl` an.

Damit Traefik weiß, was es mit einer eingehenden Anfrage anstellen soll, brauchen Sie ein neues Kubernetes-Objekt, das Sie wie gewohnt an eine bestehende Datei anhängen oder in einer neuen Datei definieren können. Das Objekt bekommt den Typ `IngressRoute` – das ist kein Objekt, das zum Repertoire von Kubernetes gehört. Traefik greift hier zu einem ausgesprochen mächtigen Kubernetes-Konzept: der Custom Resource Definition (CRD). Die CRD wurde angelegt, als Sie Traefik via Helm installiert haben. Anwendungen können das Kubernetes-API per CRDs erweitern, um eigene Konfigurationen darin abzufragen. Die `IngressRoute` für den WordPress-Service finden Sie unten sowie über [ct.de/yp9w](https://ct.de/yp9w) zum Download. Sie enthält lediglich eine sehr einfache Regel: Sämtliche Anfragen sollen beim Service `wp-external` ankommen. Sofern Sie öffentliche DNS-Einträge für eine Domain, die

```
---
apiVersion: traefik.containo.us/v1alpha1
kind: IngressRoute
metadata:
  name: wordpress-ingress
  namespace: frontend
spec:
  entryPoints:
    - web
  routes:
    - match: PathPrefix(`/`)
      kind: Rule
      services:
        - name: wp-external
          port: 80
```

**Traefik nutzt eine CRD vom Typ `IngressRoute`, um Routen für eingehenden Verkehr zu speichern. Darüber steuern Sie, welche Anfragen an welchen Service weitergeleitet werden.**



# Eintrittskarussell

## Gnome-Anmeldebildschirm für Multimonitorbetrieb konfigurieren

Bei vielen Linux-Distributionen wie Ubuntu oder Fedora stellt der Gnome Display Manager (GDM) den Anmeldebildschirm bereit. Bei mehreren Monitoren entscheidet GDM automatisch, auf welchem Display die Login-Maske erscheint. Mit etwas Handarbeit kann man die Automatik beeinflussen und so für Homeoffice oder Büro Vorgaben festlegen.

Von Keywan Tonekaboni

Wie beim Gnome-Desktop üblich, verfolgt auch der Gnome Display Manager (GDM) die Philosophie, Anwender möglichst nicht mit Konfigurationen zu behelligen. In den grafischen Systemeinstellungen findet man abgesehen von der automatischen Anmeldung praktisch keine Optionen, um den GDM anzupassen. Meist besteht dafür auch kein Bedarf. Selbst komplexere Display-Konfigurationen mit mehreren und wechselnden Monitoren erkennt GDM in der Regel und passt die Ausgabe an das vorgefundene Setup an, wobei es die Monitore automatisch anordnet.

Doch hier offenbart GDM auch eine Macke: Es zeigt die Login-Maske nur auf

dem primären Bildschirm an. Je nachdem, welches angeschlossene Gerät GDM dazu auserkoren hat, kann die Anmeldung zum Suchspiel mutieren. Wenn etwa die Wahl auf das eingebaute Display des Laptops fällt, dieser aber zugeklappt in der Dockingstation schlummert. Auch um 90° gedrehte Bildschirme bindet GDM verkehrt ein, da der Bildinhalt nicht rotiert wird. In den grafischen Systemeinstellungen gibt es keine Möglichkeit, auf die Anordnung Einfluss zu nehmen. Wir zeigen Ihnen in dieser Praxisanleitung, wie es mit einem versteckten Trick trotzdem klappt. Mit ein paar Kommandozeilenbefehlen und etwas XML-Grundwissen schieben Sie die Login-Maske von GDM auf dem gewünschten Ausgabegerät – und das auch für verschiedene Szenarien, etwa für Büro, Homeoffice und den Beamer im Wohnzimmer.

### Vorbereitung

Warum GDM nicht einfach die Systemeinstellungen übernimmt, hängt damit zusammen, wie Gnome die Monitorkonfiguration verwaltet. Wenn Sie in Gnome die Anzeigeeinstellungen ändern, beispielsweise die Auflösung oder Anordnung der Monitore, dann erzeugt die Gnome-Shell innerhalb Ihres Homeverzeichnisses im Ordner `.config` die Konfigurationsdatei `monitors.xml` (`~/.config/monitors.xml`). Falls Sie die Datei nicht finden können, haben Sie vermutlich Ihre Anzeigeeinstellungen noch nicht geändert. Fehlt die Datei, versucht die Gnome-Shell automatisch, die erkannten Monitore sinnvoll anzuordnen. Da sie im Homeverzeichnis liegt, wird für jeden User eine individuelle Konfiguration gespeichert. Das verhindert aber, dass auch GDM die Datei nutzen kann, da es die `monitors.xml` mangels Leserechten nicht öffnen kann. Zudem stellt sich bei mehreren Benutzern die Frage, wessen Konfiguration für die Anmeldung gelten soll.

Die Lösung besteht darin, eine `monitors.xml` mit der gewünschten Konfiguration für GDM an passender Stelle bereitzulegen. Statt sich zu intensiv mit verschachteltem XML-Code herumzuplagen, können Sie die Datei mit den Systemeinstellungen von Gnome erzeugen.

Bevor es losgeht, sichern Sie vorher eine gegebenenfalls vorhandene Konfiguration, indem Sie die Datei an einen anderen Ort verschieben, beispielsweise in die oberste Ebene des Homeverzeichnisses. Im Terminal verwenden Sie dazu folgenden Befehl:

```
mv ~/.config/monitors.xml ↵
↵~/.monitors.original.xml
```

Indem Sie die `monitors.xml` verschieben und nicht kopieren, befreien Sie zugleich die Konfiguration von eventuellen Altlasten. Denn Gnome überschreibt die Datei nicht plump mit neuen Werten, sondern ergänzt sie mit zusätzlichen, alternativen Einträgen. Das passiert immer dann, wenn sich die Anzahl der angeschlossenen Anzeigegeräte ändert. Durch die mehrfachen Einträge in der XML-Datei erkennt Gnome von Ihnen konfigurierte Setups wieder. Das erspart Ihnen, ständig die Anordnung der Displays neu festzulegen, wenn Sie zwischen Büro und Homeoffice wechseln oder gelegentlich den Fernseher im Wohnzimmer anstöpseln. Doch dieses praktische „Gedächtnis“ neigt dazu, die Konfigurationsdatei aufzublähen. Gibt man diese an GDM weiter, ignoriert es manchmal die Vorgaben oder sucht sich aus der Datei einen anderen Abschnitt aus als den von Ihnen bevorzugten. Wenn Sie die Datei verschieben, beugen Sie dem vor, da Gnome eine neue Datei mit sauberer Konfiguration erzeugt.

Öffnen Sie dazu die Systemeinstellungen, indem Sie auf den Desktophintergrund rechtsklicken und im Kontextmenü „Anzeigeeinstellungen“ wählen. Unter „Bildschirme“ (Ubuntu: „Anzeigegeräte“) ordnen Sie die Monitore so an, wie Sie es für den Anmeldebildschirm später wünschen, und bestätigen Sie mit „Anwenden“. Falls die Anordnung schon passt, ändern Sie irgendwas, bestätigen mit „Anwenden“, ändern es wieder zurück und drücken nochmals „Anwenden“. So erzwingen Sie, dass Gnome die Datei generiert.

## Konfiguration platzieren

Nun gilt es, die frisch gebackene XML-Datei für GDM bereitzulegen. Auch GDM schaut unter `.config/monitors.xml` nach, aber im Homeverzeichnis des Systembenutzers `gdm`. Je nach Linux-Distribution befindet sich dieses in `/var/lib/gdm` oder `/var/lib/gdm3`. Wo es auf Ihrem System ist, braucht Sie aber nicht zu kümmern, denn `~gdm` verweist an die richtige Stelle. Öffnen Sie ein Terminalfenster, kopieren Sie diese Datei in das GDM-Benutzerverzeichnis und passen Sie anschließend die Dateirechte an. Weil Sie dazu Admin-Rechte benötigen, stellen Sie dem Befehl ein `sudo` voran:

```
sudo cp .config/monitors.xml ↵
↵~gdm/.config/monitors.xml
sudo chown gdm:gdm ↵
↵~gdm/.config/monitors.xml
```

Damit GDM die Konfiguration anwendet, müssen Sie den Dienst neu starten. Dazu wechseln Sie auf eine Textkonsole (zum Beispiel mit `Strg+Alt+F4` oder `Strg+Alt+F5`), melden sich dort mit Benutzername und Passwort an und geben den Befehl `sudo systemctl restart gdm` ein. Meist flackert der Monitor kurz und das System wechselt dann zur von GDM genutzten Konsole, die Sie sonst in der Regel über die Tastenkombination `Strg+Alt+F1` erreichen (manchmal auch `Strg+Alt+F7`). Nun sollte GDM die Monitore so wie von Ihnen konfiguriert einbinden.

Falls in Ihrer anfangs gesicherten `monitors.xml`-Datei viele liebgezwonnene Monitoranordnungen hinterlegt sind, kopieren Sie diese am Ende wieder zurück nach `~/.config`, damit Gnome wieder darauf zurückgreifen kann.

## Fehlersuche

Wenn es nicht klappt, liegt es häufig an einer von zwei Ursachen. Die erste ist eine überladene oder fehlerhafte Konfiguration. Öffnen Sie die von GDM genutzte XML-Datei in einem Texteditor und stellen Sie sicher, dass es nur einen Abschnitt mit `<configuration>` gibt und dieser zu ihren angeschlossenen Anzeigegeräten passt. Die XML-Struktur erklärt die Infografik auf Seite 170.

Damit GDM in der XML-Datei eine Konfiguration wiedererkennt und verwendet, muss innerhalb von `<configuration>` für jedes angeschlossene Gerät ein eigener `<monitorspec>`-Eintrag vorhanden sein,

## c't kompakt

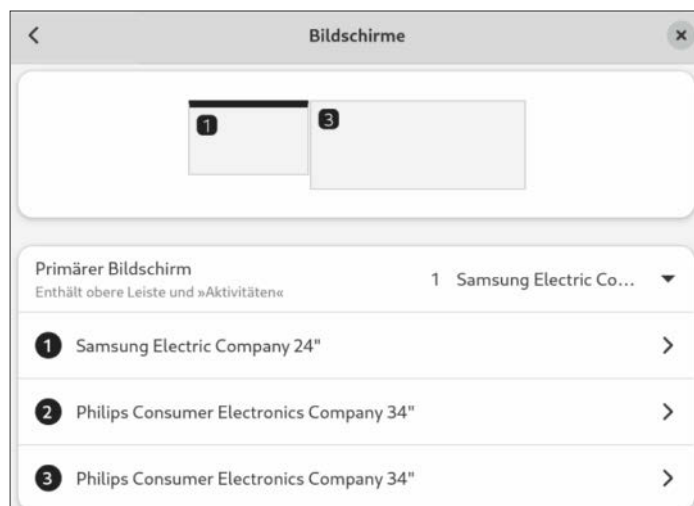
- Beim Linux-Desktop Gnome regelt GDM den Anmeldebildschirm.
- Bei mehreren Monitoren passt GDM die Anzeige automatisch an, aber nicht immer optimal.
- Über eine XML-Datei kann man bestimmen, wie GDM Monitore anordnet und verwendet.

entweder unter `<monitor>` oder `<disabled>`. Gleichzeitig darf es keine Einträge für weitere, nicht angeschlossene Geräte geben. Findet GDM in der Datei keine passende Konfiguration, fällt es auf die Automatik zurück.

Ein anderer typischer Stolperstein besteht darin, dass GDM die Bezeichnungen der Monitoranschlüsse nicht erkennt. Das passiert, wenn die Gnome-Session im X-Server läuft, aber GDM wie auf den meisten aktuellen Linux-Systemen den modernen Wayland-Modus verwendet – oder umgekehrt. Dann steht etwa in der von Gnome erzeugten Konfiguration, der Monitor sei über „HDMI-1-2“ angeschlossen (`<connector>HDMI-1-2</connector>`), aber GDM sieht denselben Anschluss als „HDMI-2“ und findet in der `monitors.xml` keine passende Voreinstellung.

Am einfachsten ist es zu prüfen, welchen Modus Gnome verwendet und zumindest temporär mit der Gnome-Sitzung den anderen zu verwenden, um eine Konfigurationsdatei mit den passenden Werten zu erzeugen. Einmal eingerichtet, können Sie Ihre Desktopsitzung in dem

**Mit den Gnome-Anzeigeeinstellungen erzeugen Sie bequem eine Konfigurationsdatei mit Vorgabewerten für GDM.**





## Der Aufbau der monitors.xml-Datei

Die Datei monitors.xml liefert der Gnome-Shell und GDM Informationen darüber, wie sie erkannte Monitore einbinden sollen. Das Wurzelement `<monitors>` (Plural) hat eines oder mehrere Elemente vom Typ `<configuration>`. Diese enthalten für eine Gruppe von angeschlossenen Ausgabegeräten die Voreinstellungen. Dabei steht `<monitor>` (Singular) für das konkrete Gerät und enthält Angaben zu Modell, Hersteller und Anschlüssen (`<monitorspec>`) sowie Auflösung (`<mode>`). Der `<logicalmonitor>` beschreibt einen Anzeigebereich (Größe, Position, Skalierung und Drehung), dem mindestens ein Monitor zugeordnet ist. Der primäre Anzeigebereich wird mit `<primary>yes</primary>` festgelegt. Erkannte, aber nicht verwendete Geräte sind unter `<disabled>` mit `<monitorspec>` hinterlegt, aber ohne von `<monitor>` umschlossen zu sein.

```
<monitors version="2">
  <configuration>
    <logicalmonitor>
      <x>0</x>
      <y>0</y>
      <monitor>
        <monitorspec>
          <connector>DP-1</connector>
          <vendor>SAM</vendor>
          <product>LCD27A</product>
          <serial>123456</serial>
        </monitorspec>
        <mode>
          <width>3840</width>
          <height>2160</height>
        </mode>
      </monitor>
    </logicalmonitor>
    <logicalmonitor>
      <x>3072</x>
      <y>0</y>
      <transform>
        <rotation>left</rotation>
        <flipped>no</flipped>
      </transform>
      <primary>yes</primary>
      <monitor>
        <monitorspec>
          <connector>HDMI-3</connector>
          <vendor>PHL</vendor>
          ...
        </monitorspec>
        <mode>
          ...
        </mode>
      </monitor>
    </logicalmonitor>
    <disabled>
      <monitorspec>
        <connector>HDMI-2</connector>
        ...
      </monitorspec>
    </disabled>
  </configuration>
  <configuration>
    ...
  </configuration>
</monitors>
```

Diagramm zur Struktur der monitors.xml-Datei:

- Wurzelement:** `<monitors version="2">`
- erste Konfiguration:** `<configuration>` (umfasst die ersten drei Blöcke)
- erste Anzeigebereich (logisch):** `<logicalmonitor>` (umfasst den ersten `<monitor>`)
- erster Monitor (Hardware):** `<monitor>` (umfasst `<monitorspec>` und `<mode>`)
- zweiter Anzeigebereich:** `<logicalmonitor>` (umfasst den zweiten `<monitor>`)
- zweiter Monitor:** `<monitor>` (umfasst `<monitorspec>` und `<mode>`)
- deaktivierte Geräte:** `<disabled>` (umfasst `<monitorspec>` ohne `<monitor>`)
- zweite Konfiguration:** `<configuration>` (umfasst den letzten Block)

von Ihnen bevorzugten Modus verwenden, da GDM und Gnome unabhängig voneinander agieren.

Melden Sie sich wie gewohnt in Gnome an und kontrollieren Sie zunächst, welchen Grafikmodus Ihre Desktopumgebung verwendet. Am einfachsten geht das im Terminal durch Eingabe von:

```
echo $XDG_SESSION_TYPE
```

Als Antwort erhalten Sie entweder „wayland“ oder „x11“. Melden Sie sich wieder ab und wählen Sie in der GDM-Anmelde- maske Ihren Benutzernamen aus, ohne aber das Passwort einzugeben. Klicken Sie unten rechts auf das Zahnrad und wählen Sie den benötigten Modus aus. Lautete der Rückgabewert „wayland“, müssen Sie also „Gnome unter Xorg“ oder „Ubuntu auf Xorg“ auswählen. Meldet die Kommando- zeile „x11“ als Rückgabewert, gehen Sie entsprechend umgekehrt vor und wählen „Gnome“ oder „Ubuntu“ ohne weitere Zusätze. Verwirrend: Gibt es keine Einträge mit „... Xorg“, aber stattdessen „Ubuntu mit Wayland“, dann starten „Gnome“ oder „Ubuntu“ die Xorg-Sitzung. Geben Sie anschließend Ihr Passwort ein und melden Sie sich an. Prüfen Sie nochmal im Terminal den Session-Typ.

Erzeugen Sie dann wie oben beschrieben eine neue monitors.xml-Datei und kopieren Sie diese ins Verzeichnis `~gdm/.config/`. Starten Sie nun GDM erneut, damit der Dienst die neue Konfiguration lädt. Achten Sie darauf, bei Gnome oder Ubuntu wieder den ursprünglichen Modus (Xorg oder Wayland) auszuwählen, wenn alles eingerichtet ist. GDM merkt sich für jeden Benutzer, welcher Modus als letztes genutzt wurde und verwendet diesen als Vorgabewert.

### Hilfsmittel

Bei der Fehlersuche hilft es, die unterschiedlichen XML-Dateien zu vergleichen. Dafür eignet sich das grafische Diff-Werkzeug „Meld“, das Unterschiede zwischen zwei oder drei Dateien farblich hervorhebt. Sie können Meld über die Softwareverwaltung Ihrer Distribution oder aus Flathub nachinstallieren. Gnome sichert bei jeder Änderung der Anzeigeeinstellungen die vorherige Konfiguration in der versteckten Datei `~/.config/monitors.xml~` – die angehängte Tilde gilt auf Linux-Systeme als Konvention für Backup-Dateien. Sichern Sie die von Ihnen selbst erzeugten Konfigurationen, indem

Sie diese kopieren und mit selbsterklärenden Namen wie `monitors.gespiegelt.xml` oder `monitors.4K-links-FHD-rechts.xml` abspeichern. Öffnen Sie diese Dateien dann mit Meld, um die Unterschiede zu vergleichen.

Da Sie Root-Rechte benötigen, um Dateien im Homeverzeichnis von GDM zu lesen, verwenden Sie in diesem Fall den Kommandozeilenbefehl `diff` im Terminal:

```
sudo diff --color -u ↵
↳ ~/.config/monitors.xml ↵
↳ ~gdm/.config/monitors.xml
```

Haben Sie eine funktionierende Konfiguration für ein erstes Setup (zum Beispiel das Homeoffice), können Sie die Schritte ab der Stelle, wo Sie die Konfiguration mithilfe der Gnome-Einstellungen generieren, wiederholen. Oder Sie bauen von Hand weitere `<configuration>`-Abschnitte in die XML-Datei ein und nähern sich so schrittweise der Wunschkonfiguration an. Öffnen Sie dazu mit einem Texteditor die mit Gnome erzeugten `monitors.xml`-Dateien und kopieren Sie den gewünschten Abschnitt mit `<configuration>` heraus. Fügen Sie dann diesen Block in Ihre für GDM bestimmte `monitors.xml` ein, und zwar unterhalb von `<monitors>`.

Achten Sie darauf, dass es für jede Kombination von Ausgabegeräten nur einen einzigen `<configuration>`-Block gibt. Entscheidend sind dafür die Einträge mit `<monitorspec>`.

### Schlussstrich

Dieser ganze Aufwand wäre nicht nötig, würden die GDM-Entwickler wie bei anderen Displaymanagern den Anmeldebildschirm einfach auf allen Monitoren spiegeln. Zumindest bietet das XML-Gebastel eine Möglichkeit, doch auf die Anzeige des Anmeldebildschirms Einfluss zu nehmen.

Vorsicht: In manchen Onlineforen gibt es den Tipp, per Skript oder Systemd-Aufruf die `monitors.xml` automatisch aus dem eigenen Home-Verzeichnis ins GDM-Verzeichnis zu kopieren. Das klingt zunächst bequem, birgt aber auch die Gefahr, versehentlich eine funktionierende Konfiguration zu zerschießen. Das Frustpotenzial ist deutlich höher als der Nutzen. (ktn@ct.de) **ct**

**GDM-Bugreport und Beispiel-konfiguration zum Download:** [ct.de/yuu7](https://ct.de/yuu7)

# Wir schreiben Zukunft.

35% Rabatt

2 Ausgaben MIT Technology Review  
als Heft oder digital  
inklusive Prämie nach Wahl

[mit-tr.de/testen](https://mit-tr.de/testen)



[mit-tr.de/testen](https://mit-tr.de/testen)



[leserservice@heise.de](mailto:leserservice@heise.de)



+49 541/80 009 120

# Tückische Helferchen

## Fahrassistenzsysteme übernehmen keine Verantwortung

**Fahrzeughersteller bieten Käufern eine Fülle digitaler Fahrhilfen an – von Tempomat über Stauassistent und Notbremsautomatik bis hin zum Autopiloten. Wer sich allzu sehr auf die elektronischen Beifahrer verlässt, kann dabei jedoch mit Recht und Gesetz in Konflikt kommen.**

Von Harald Büring

**E**in Abstandspilot soll dazu beitragen, zu dichtes Auffahren gerade bei höherem Tempo zu vermeiden. Ein solches System gehörte zum Fahrassistenzpaket eines Pkw, dessen Fahrer vor einigen Jahren vor Gericht landete: Er war in eine Abstandsmessung geraten. Das dort verwendete Verkehrskontrollsystem VKS 3.0 hatte ermittelt, dass er bei einer Geschwindigkeit von 132 km/h lediglich einen Abstand von 14 Meter – statt wie vorgeschrieben mindestens 66 Meter – zu seinem Vordermann eingehalten hatte. Das Amtsgericht (AG) Ingolstadt verurteilte den Mann zu einer Geldbuße von 240 Euro wegen fahrlässiger Nichteinhaltung des erforderlichen Mindestabstands gemäß § 4 Abs. 1 Satz 1 der Straßenverkehrsordnung (StVO) [1]. Darüber hinaus verhängte das Gericht ein Fahrverbot von einem Monat. Der Fahrer wehrte sich gegen diese Entscheidung und berief sich darauf, dass er sich auf seinen Abstandspiloten verlassen hatte.

Das Oberlandesgericht (OLG) Bamberg verwarf seine Rechtsbeschwerde jedoch als unbegründet [2]: Der Mann habe gegen seine Pflichten als Kraftfahrzeugführer verstoßen. Mit denen sei es „nicht

im Ansatz“ zu vereinbaren, dass er angeblich seinem Abstandspiloten vertraut hatte. Weil der Autofahrer die Verkehrssituation mit eigenen Augen wahrnehmen konnte, war er dem Urteil zufolge nicht auf den elektronischen Assistenten angewiesen. Er konnte und musste vielmehr eigenständig darauf achten, den erforderlichen Sicherheitsabstand einzuhalten.

### Geblickt trotz Assistent

In einem anderen Fall ging es um einen Wagen mit einer Geschwindigkeitsregulierung samt automatischer Verkehrszeichenerkennung. Nachdem der Fahrer gleichwohl außerhalb einer geschlossenen Ortschaft um 22 km/h zu schnell gefahren war, verurteilte ihn das AG Aachen zu einer Geldbuße von 100 Euro wegen fahrlässigen Überschreitens der zulässigen Höchstgeschwindigkeit [3].

Auch er wehrte sich erfolglos. Das OLG Köln verwarf bereits den Zulassungsantrag zur Rechtsbeschwerde [4]. Bei einer Geldbuße von 100 Euro ist eine solche Beschwerde nur zulässig, wenn sie zur Rechtsfortbildung beiträgt. Das verneinte das Gericht für diesen Fall: Die Rechtspre-

chung habe bereits geklärt, dass Autofahrer ihr Tempo selbst kontrollieren müssen, auch wenn sie ihre Geschwindigkeit automatisch regulieren lassen.

Wer sich blindlings auf Fahrassistenzsysteme verlässt, dem winken nicht nur Bußgelder für Ordnungswidrigkeiten. Bei einem Unfall muss er auch mit zivilrechtlichen Konsequenzen rechnen. Dann stehen Schadenersatzforderungen an Fahrer oder Halter im Raum. Darüber hinaus riskiert ein allzu sorgloser Assistentennutzer, dass seine eigenen Ansprüche gegenüber dem Unfallgegner gekürzt werden. Das ist etwa wegen Mitverschuldens im Rahmen der deliktischen Haftung (§ 254 des Bürgerlichen Gesetzbuchs, BGB) oder der Halterhaftung (§ 9 des Straßenverkehrsgesetzes, StVG) möglich. Wenn an einem solchen Unfall zwei Kraftfahrzeuge beteiligt sind, richtet sich diese Kürzung nach den Haftungsanteilen beider Seiten (§ 17 StVG) und damit nach dem Grad, in dem beide den Unfall mitverursacht haben.

Was das bedeutet, zeigt ein Fall aus dem Jahr 2017, in den ein Mercedes mit dem Notfallbremsassistenten „Collision Prevention Assist“ (CPA) verwickelt war. Bei einer Fahrt auf der Autobahn bremste das System den Wagen aufgrund einer Fehlfunktion ohne Anlass abrupt bis zum Stillstand ab. Ein nachfolgender Lkw fuhr auf. Die Pkw-Fahrerin und -Halterin verlangte daraufhin Schadenersatz sowohl vom Fahrer als auch vom Halter des Lkw.

Das Landgericht (LG) Frankfurt am Main sprach ihr zunächst nur ein Drittel des geltend gemachten Schadenersatzes zu [5]. Das ergebe sich aus einer Abwägung der Verursachungsbeiträge nach § 17 StVG, so das Gericht: Derjenige der Mercedes-Fahrerin sei in diesem Fall höher, denn von dem fehlerhaften Notfallbremsassistenten sei eine erhebliche Gefahr für



Bild: Volkswagen

**2018 warb Volkswagen für seinen Stauassistenten mit diesem amüsanten, aber absurden Motiv. Wenn jemand sich tatsächlich von seinem Assistenzsystem verführen ließe, mit so geringem Abstand zu fahren, wäre ein Bußgeld fällig.**



die anderen Verkehrsteilnehmer ausgegangen. Diese Betriebsgefahr müsse sie sich zurechnen lassen, obwohl sie kein eigenes Verschulden treffe.

Das wollte die Pkw-Fahrerin nicht akzeptieren. Sie legte Berufung ein und hatte damit teilweise Erfolg: Das OLG Frankfurt am Main änderte das Urteil der Vorinstanz ab und sprach ihr immerhin den Ersatz von zwei Dritteln des entstandenen Schadens zu [6]. Die Richter verwiesen darauf, dass der Lkw-Fahrer schuldhaft und ohne Grund den vorgeschriebenen Sicherheitsabstand um 30 Prozent unterschritten habe. Das wiege schwerer als das Versagen des Notfallbremsassistenten.

## Im Mängel-Labyrinth

Gerade die letzte Entscheidung zeigt, dass Nutzer von Fahrerassistenzsystemen ein beachtliches Haftungsrisiko tragen. Solche Systeme können ausfallen und fehlerreagieren. Ein Fahrer darf sich aber im Fall eines Schadens nicht mit dem Hinweis auf ein defektes Assistenzsystem aus der Affäre ziehen. Sehr wohl steht es ihm aber offen, seinerseits Ansprüche gegen diejenigen geltend zu machen, die das System verkauft oder hergestellt haben. Wenn ein Fahrerassistenzsystem bereits beim Kauf mit einem Sachmangel im Sinne von § 434 BGB behaftet war, können sich wie bei anderen Waren auch zunächst Gewährleistungsansprüche gegen den Verkäufer richten. Sie durchzusetzen ist jedoch bisweilen enorm schwierig.

Das zeigt etwa der Fall eines Mannes, der 2016 von einer Mercedes-Niederlassung einen E-Klasse-Pkw für knapp 59.000 Euro erworben hatte. Er war mit dem eingebauten „Drive Pilot“ unzufrieden, einem automatischen Abstands- und Geschwindigkeitsregelungssystem mit Verkehrszeichenassistent. Der Käufer monierte, das System sei unzuverlässig: Das Auto habe bereits 50 Meter vor dem Ortschild auf die innerorts vorgeschriebene Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h abgebremst. Nach Verlassen der Ortschaft habe es nicht sofort wieder beschleunigt. Außerdem sei der Wagen mit nur 30 km/h durch eine Autobahnbaustelle gefahren, obwohl dort 80 km/h zulässig gewesen seien. Der Käufer verlangte daher, den Kaufpreis des Wagens nachträglich um 3500 Euro zu mindern.

Das AG Dortmund wies seine Klage allerdings ab. Nach Auffassung des Gerichtes handelte es sich um keinen Mangel im Sinne des Gesetzes [7], es fehle an der

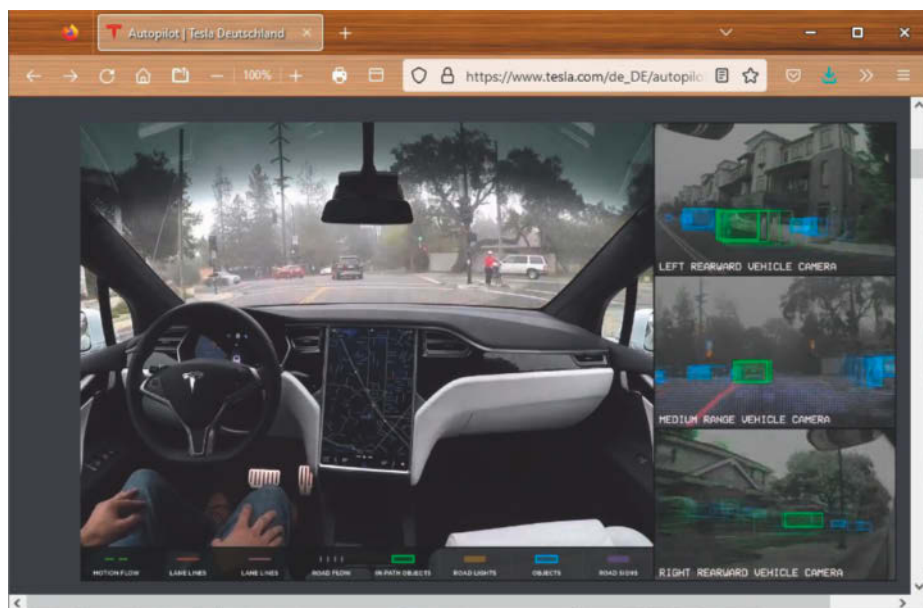


Bild: Tesla Deutschland

**In einem Zeitraffervideo auf der Unternehmenswebsite demonstriert Tesla den Autopiloten in seinem Model X bei einer Fahrt und suggeriert damit, der Mensch hinterm Lenkrad könne in jeder Situation entspannt die Hände ruhen lassen. Das ist ein Irrtum. Die Verantwortung für das, was geschieht, bleibt beim Fahrer.**

dazu nötigen Erheblichkeit. Der Fahrer habe ja durch das Verhalten des Assistenzsystems gegen keine Verkehrsvorschriften verstoßen. Vereinzelt Beeinträchtigungen des Fahrkomforts durch zu langsames Fahren reichten für einen Gewährleistungsanspruch nicht aus. Anders wäre es gewesen, wenn der Wagen die zulässige Höchstgeschwindigkeit überschritten hätte. Bei der Fahrt in der Baustelle habe eine besondere Situation vorgelegen, so das Gericht: Der Verkehr sei über das Gelände einer ehemaligen Raststätte geleitet worden. Der Hersteller habe den Assistenten so programmiert, dass dieser an Raststätten grundsätzlich mit 30 km/h fahre. Dass das System mit derart speziellen Situationen klarkomme, sei nach dem heutigen Stand der Technik nicht zu erwarten.

Mehr Erfolg hatte ein Tesla-Model-X-Käufer, der 2019 Gewährleistungsansprüche unter anderem wegen erheblicher Probleme mit seinem Autopiloten geltend machte. Das LG München I verurteilte den Händler, das Fahrzeug zurückzunehmen und den Kaufpreis von über 100.000 Euro zu erstatten [8]. Die Autopilotfunktion habe unter anderem mehrfach Verkehrsschilder nicht erkannt und Hindernisse übersehen. Der Wagen habe außerdem einige Male unvermittelt scharf abgebremst, ohne dass ein Hindernis auf der Fahrbahn gewesen sei. Das habe ein vom Gericht beauftragter Sachverständiger festgestellt, der eine Probefahrt unternom-

men hatte. Das Gericht sah einen Sachmangel gemäß § 434 BGB. Allerdings hat der Händler gegen dieses Urteil Berufung beim OLG München eingelegt, die derzeit noch anhängig ist (Az. 18 U 4051/22).

## Heikel bis wolkig

Insgesamt gesehen bleiben noch viele rechtliche Fragen offen, was den Einsatz von Fahrerassistenzsystemen betrifft. So gibt es bislang noch keine Gerichtsentscheidungen zu Regressansprüchen schadenersatzpflichtiger Fahrer gegen Verkäufer oder Hersteller. Die Chancen, fremde Schadenersatzansprüche abzuwälzen, liegen also für Fälle dieser Art noch ziemlich im Nebel.

(psz@ct.de) **ct**

**Entscheidungen:** [ct.de/yn31](https://www.ct.de/yn31)

## Literatur

- [1] AG Ingolstadt, Urteil vom 26.07.2018, Az. 4 OWi 26 Js 2152/18
- [2] OLG Bamberg, Beschluss vom 6.11.2018, Az. 3 Ss OWi 1480/18: [heise.de/s/DA6x](https://www.heise.de/s/DA6x)
- [3] AG Aachen, Urteil vom 7.3.2019, Az. 420 OWi 206/18
- [4] OLG Köln, Beschluss vom 7.6.2019, Az. III-1 RBs 213/19: [heise.de/s/QA60](https://www.heise.de/s/QA60)
- [5] LG Frankfurt am Main, Urteil vom 2.6.2020, Az. 2-12 O 49/19
- [6] OLG Frankfurt am Main, Urteil vom 9.3.2021, Az. 23 U 120/20: [heise.de/s/8687](https://www.heise.de/s/8687)
- [7] AG Dortmund, Urteil vom 7.8.2018, Az. 425 C 9453/17: [heise.de/s/PA5Z](https://www.heise.de/s/PA5Z)
- [8] LG München I, Urteil vom 17.6.2022 (Verhandlung am 2.6.2022), Az. 4 O 3834/19: [heise.de/s/LA3P](https://www.heise.de/s/LA3P)



# Sie fragen – wir antworten!

## Was kann Thunderbolt 4 besser als Thunderbolt 3?

Mein Notebook hat Thunderbolt-4-Buchsen, an die ich ein Dock anschließen möchte, um mit einem einzigen Kabel sowohl USB-Geräte als auch ein externes Display sowie das Netzteil zu verbinden. Doch Thunderbolt-4-Docks sind teurer als welche mit Thunderbolt 3 (TB3). Daher die Fragen: Kann ich auch ein TB3-Dock anschließen und was kann TB4 eigentlich besser?

An der TB4-Buchse Ihres Notebooks sollte auch ein TB3-Dock oder eines mit USB-C funktionieren. Nach unseren Erfahrungen gibt es seltener Probleme, wenn Sie dabei ein Dock vom Hersteller des Notebooks kaufen. Außerdem scheint es mit Thunderbolt-Docks weniger Kompatibilitätsprobleme zu geben als mit billigen USB-C-Docks, doch das hängt vor allem von den konkret verwendeten Geräten ab. Daher empfehlen wir, direkt nach dem Kauf alle Buchsen des jeweiligen Docks auszuprobieren: Zumindest beim Onlinekauf können Sie das Gerät einfach zurückschicken, falls Schwierigkeiten auftreten.

Thunderbolt – egal ob TB4 oder TB3 – ist besser als USB-C, sofern Sie am Dock sowohl einen hochauflösenden Monitor – beispielsweise ein 4K-Display mit 60 Hz Bildfrequenz – als auch schnelle USB-Geräte mit 10 Gbit/s Datentransferrate anschließen wollen, etwa eine USB-SSD mit USB 3.2 Gen 2. Denn Thunderbolt kann die insgesamt nutzbare Datentransferrate besser auf die Geräte verteilen.

TB4 hat im Vergleich zu TB3 eher in Spezialfällen Vorteile. Denn TB4 bringt keine höhere Datentransferrate. Leider ist auch bei TB4 keine Kompatibilität zu USB 3.2 Gen 2x2 mit 20 Gbit/s vorgeschrieben; daher ist auch bei vielen TB4-Docks bei 10 Gbit/s per USB Schluss. Allerdings können USB4-Geräte, die im Grunde per TB3 kommunizieren, schneller sein – das aber ebenso an TB3-Docks.

Immerhin ist für TB4 vorgeschrieben, dass sich mindestens zwei 4K-Displays mit 60 Hz gleichzeitig anschließen lassen (bei TB3 nur eines) oder ein 8K-Display (bei TB3 nur 5K). Zudem sind bei TB4 längere Kabel zulässig (zwei statt ein Meter bei voller Datenrate) sowie eine höhere Ladeleistung von bis zu 100 Watt (kann bei TB3 auch funktionieren). Der bei TB4 vorgeschriebene Schutz vor Angriffen mit Spezialhardware via Direct Memory Access (DMA) ist zwar gut, aber solche Attacken benötigen physischen Zugriff auf das Dock und sind extrem selten. TB4 bringt auch schnellere PCI-Express-Transfers, doch es gibt kaum Peripheriegeräte dafür. (ciw@ct.de)

## Aktuelles Hintergrundbild in Windows 11 speichern

Ich möchte mein persönliches Windows-11-Hintergrundbild abspeichern, da ich keinen Zugriff mehr auf das Originalbild habe. Aber ich kann die Datei in Windows nicht finden. Auch eine generelle Suche nach Bildtypen wie JPG, PNG oder BMP führte mich nur zu einem unübersichtlichen Haufen einzelner Dateien.

Fragen richten Sie bitte an

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

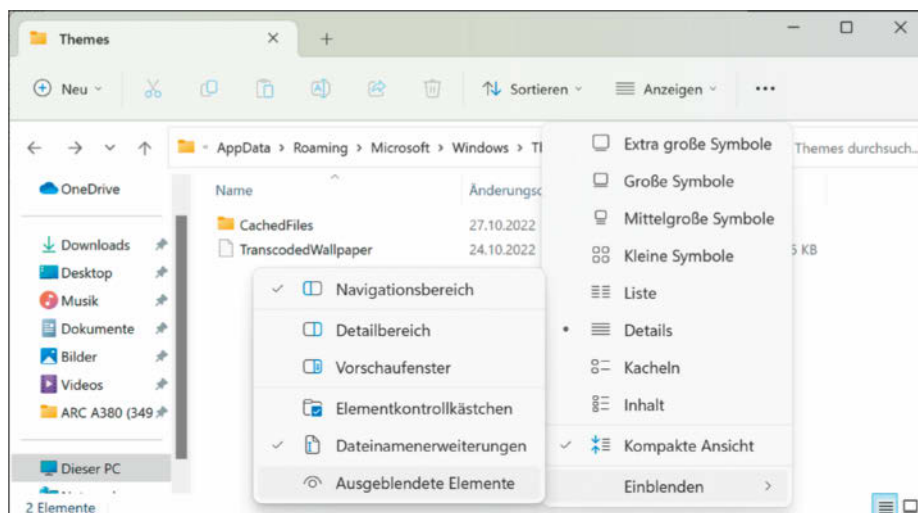
c't Magazin

@ctmagazin

Alle bisher in unserer Hotline veröffentlichten Tipps und Tricks finden Sie unter [www.ct.de/hotline](http://www.ct.de/hotline).

Microsoft scheint sich wirklich Mühe zu geben, benutzerdefinierte Hintergrundbilder gut zu verstecken. Wenngleich Windows die Standard-Wallpaper unter `c:\windows\web` speichert und der Originalablageplatz in der Windows-Registrierung unter `Computer\HKEY_CURRENT_USER\Control Panel\Desktop` im Schlüssel `Wallpaper` zu finden ist, hilft das nicht weiter, wenn die Datei zum Beispiel vom mitgebrachten USB-Stick eines Freundes stammt.

Der Pfad zum aktuellen Hintergrundbild lautet unter Windows 11 `C:\Users\[BENUTZERNAME]\AppData\Roaming\Microsoft\Windows\Themes`. Dort finden Sie die Datei als `dateityploses „TranscodedWallpaper“`,



**Windows 11 macht es dem Nutzer schwer, das aktuelle Hintergrundbild zu finden und abzuspeichern.**

sprich ohne Bilddateiendung. Sie können sie per Rechtsklick und „Öffnen mit“ über Ihre Bildbearbeitung oder die Windows-eigene Fotos-App öffnen. Um sich in den genannten Ordner durchklicken zu können, müssen Sie eventuell im Explorer noch „ausgeblendete Elemente“ unter „Anzeigen“ aktivieren. Alternativ tippen Sie einfach „%appdata%\Microsoft\Windows\Themes“ ohne Anführungsstriche in die Eingabezeile des Explorers ein; er unterstützt sie dabei mit Vorschlägen.

Windows 11 speichert das Hintergrundbild als neu komprimierte Version, die Originalqualität bleibt also leider nicht erhalten. Im Unterordner „CachedFiles“ finden Sie an alle genutzten Auflösungen angepasste Größen. (csp@ct.de)

## Export von Thunderbird-Verteilerlisten

Ich habe über das Adressbuch in Thunderbird eine Verteilerliste erstellt. Diesen Verteiler möchte ich zu anderen PCs übertragen und an mehrere Personen weitergeben, ohne dabei mein gesamtes Adressbuch exportieren zu müssen.

Wenn man unter Thunderbird eine Verteilerliste beispielsweise vom eigenen PC aufs Notebook übertragen möchte, lauern unerwartete Fallstricke. Sie können die Liste zwar exportieren, doch wird dabei ein neues Adressbuch erzeugt, statt eine importierbare Verteilerliste. Damit können Sie natürlich auch wieder eine Verteilerliste bauen. Zumindest solange alle Daten auf den eigenen Rechnern bleiben, geht es einfacher: Sie exportieren einfach das komplette Adressbuch. Nach dem Import auf dem Zielrechner liegt dort ebendieses Adressbuch inklusive Verteilerliste vor.

Möchten Sie aber nur den Eingetragenen den Verteiler zukommen lassen, wird es etwas komplizierter. Klar: Sie können eine Sammelmail mit den offengelegten Adressen an die gesamte Gruppe schicken, damit sich jeder Empfänger den Verteiler selbst baut. Wollen Sie diese Arbeit den Empfängern aber abnehmen, zum Beispiel weil die nicht gut mit Mailprogrammen umgehen können, legen Sie lieber ein eigenes Adressbuch mit genau nur den Mitgliedern der Liste nebst Verteiler an.

Dazu exportieren Sie zunächst die Verteilerliste beispielsweise im LDIF-For-

mat. Beim Export entsteht wie erwähnt keine Verteilerliste, sondern ein neues Adressbuch. Dieses importieren Sie nun wieder als eigenes Adressbuch und legen darunter die Verteilerliste neu an. Benutzen Sie dazu aber nicht den Menüpunkt Adressbuch/Neue Verteilerliste aus der Menüleiste, sondern markieren Sie stattdessen alle Einträge im neuen Adressbuch. Sobald mehr als ein Eintrag markiert ist, taucht rechts eine Liste dieser Einträge auf und in der Kopfzeile steht ebenfalls „Neue Verteilerliste“. Klicken Sie darauf und vergeben Sie einen Namen – fertig ist das neue Adressbuch. Dieses exportieren und verschicken Sie. Die Empfänger importieren die Datei als Adressbuch und erhalten damit automatisch die darunter angelegte Verteilerliste.

(Detlef Grell/hob@ct.de)

## WhatsApp-Anruflink

Private Videokonferenzen, zum Beispiel für einen Verein, führen wir mittlerweile gern per WhatsApp durch, weil man da am ehesten davon ausgehen kann, dass alle einen Account haben. Was nervt, ist die Tipperei auf dem Telefon, um eine Konferenz anzulegen. Entweder einer muss alle Teilnehmer nacheinander anrufen oder man muss für jede Runde eine neue Gruppe anlegen. Geht das irgendwie eleganter?

WhatsApp hat erst kürzlich die neue Funktion namens Anruflink eingeführt, die Ihr Problem löst. Unter dem Menüpunkt Anrufe finden Sie oben „Anruflink erstellen“. Dort wählen Sie aus, ob es sich um einen Sprach- oder Videoanruf handeln soll und bekommen einen Link, den Sie irgendwie an die Teilnehmer schicken. Es gilt: Wer den Link kennt, kann sich einwählen. Bis zu 32 Teilnehmer können mitmachen – und die müssen auch nicht in der Kontaktliste des Erstellers sein. (jam@ct.de)

## PC-Steckverbinder mit geplantem Verschleiß?

Kurz nach dem Verkaufsstart der Nvidia-Grafikkarte GeForce RTX 4090 wurden Probleme durch abrauchende Stromsteckeradapter bekannt. In diesem Zusammenhang las ich, dass auch Stromstecker von ATX-Netzteilen nur für 30



Bei den neuen, stromdurstigen Nvidia-Grafikkarten gab es Probleme mit Steckverbindern. Diese rühren aber eher von schlechtem Einbau und der Verarbeitung der Steckeradapter her als von deren Spezifikation.

Steckvorgänge ausgelegt sind. Trifft das zu? Und ist das nicht geplante Obsoleszenz?

Die internen Steckverbinder vieler PC-Komponenten sind nur für 20 bis 50 Steckvorgänge ausgelegt, damit sie nicht zu teuer werden. Nach unseren Erfahrungen genügt das für die allermeisten Nutzungsfälle: Nur sehr wenige PC-Bastler wechseln eine Grafikkarte, einen Speicherriegel oder einen Prozessor überhaupt jemals und falls doch, nur wenige Male. Es wäre nicht nur teuer, sondern auch ökologisch unsinnig, aufwendige und robuste Steckverbindungen zu konstruieren, die letztlich extrem selten getrennt und neu verbunden werden.

Außerdem sagt die technische Auslegung wenig darüber aus, wie haltbar eine Steckverbindung in der Praxis ist. Auch viele Prozessorfassungen sind beispielsweise nur für 20 CPU-Wechsel ausgelegt, doch im c't-Labor hat so manches Mainboard viel mehr davon überstanden. Aber selbstverständlich verschleißt jeder Steck-

## Steckzyklen typischer PC-Steckverbinder

Typ	Anzahl
CPU-Fassung	20 bis 50
DIMM-Slot	25
ATX-Stromstecker	25
PCIe-Slot	50
M.2-Fassung	25 bis 60
SATA	50
SATA-Backplane	500
SAS	250
USB-A	1500
eSATA	5000
USB-C	10.000
DisplayPort	10.000
HDMI	10.000



verbinder und lässt sich daher nicht beliebig oft benutzen.

Um guten elektrischen Kontakt herzustellen, der über mehrere Jahre störungsfrei funktioniert, bringen Steckverbinder ihre jeweiligen Metallzungen in engen Kontakt. Der entsteht durch die beim Einstecken ausgeübte Kraft und Reibung sowie durch Federwirkung. Die Spezifikationen der Steckverbinder legen die mechanische Belastbarkeit fest sowie darauf abgestimmte Metallbauteile mit Oberflächenbeschichtungen wie Nickelplattierung und Goldüberzug in bestimmter Schichtdicke. Die geschlossene Verbindung muss festgelegte elektrische Parameter einhalten, vor allem beim maximalen Übergangswiderstand, aber beispielsweise auch bei der Kapazität. Auch nach der vorgeschriebenen Zahl an Steckzyklen müssen diese Parameter innerhalb bestimmter Toleranzwerte liegen.

Die Kontaktparameter verschlechtern sich auch durch Korrosion, Hitze, Vibration, Biegebelastung und Schmutz. Bei schonender Behandlung überstehen die meisten Steckverbinder daher deutlich mehr Zyklen, als in der Spezifikation vorgesehen. Andererseits verkaufen manche Firmen Steckverbinder und Kontakbauteile, die für weniger Zyklen ausgelegt sind, als die jeweilige Spezifikation verlangt. Und auch Produktions- und Materialfehler sowie elektrische Überlastung mindern die Lebensdauer von Steckverbindern. Letztlich gibt die Spezifikation von Steckverbindern nur einen groben Anhaltspunkt für die jeweilige Nutzung: ATX-Stromstecker sind nicht als Steckverbinder für tägliche Nutzung ausgelegt, anders etwa als externe Schnittstellen wie USB-C und HDMI. (ciw@ct.de)

## USB-Stick am TV: Aufnahme-funktion mit NTFS

Mein Smart-TV von LG kann Videos aufzeichnen, wenn man an der USB-Buchse eine Festplatte anschließt. Mit einem USB-Stick klappt es aber nicht, obwohl der sehr schnell ist. Wieso?

Möglicherweise liegt es schlichtweg daran, dass der USB-Stick mit FAT32 oder exFAT formatiert ist. Auf NTFS-formatierte USB-Sticks zeichnete ein OLED-TV von LG in unseren Versuchen problemlos auf, selbst wenn diese vergleichsweise niedrige Schreibraten boten.

Name	Größe
00000001DIF	2 KB
00000001NPI	1 KB
00000001PIF	10 KB
00000001SNF	1 KB
000000010000000aIDX	142 KB
000000010000000aSTR	125.760 KB
000000010000000bIDX	141 KB
000000010000000bSTR	122.496 KB
000000010000000cIDX	141 KB
000000010000000cSTR	119.040 KB
000000010000000dIDX	17 KB
000000010000000dSTR	14.976 KB

**OLED-Fernseher von LG sind wählerisch beim Dateisystem von USB-Sticks, auf die sie TV-Sendungen aufzeichnen.**

Das von uns ausprobierte Fernsehgerät legt auf dem NTFS-formatierten Datenträger einen Ordner namens „LG Smart TV“ an, in die es die Aufzeichnungen in einem proprietären Format schreibt. Bereits vorhandene Daten auf dem USB-Stick bleiben also erhalten. Andere TV-Geräte formatieren den Stick um und löschen dabei sämtliche Daten. (ciw@ct.de)

## Seltener NUC mit Windows 11?

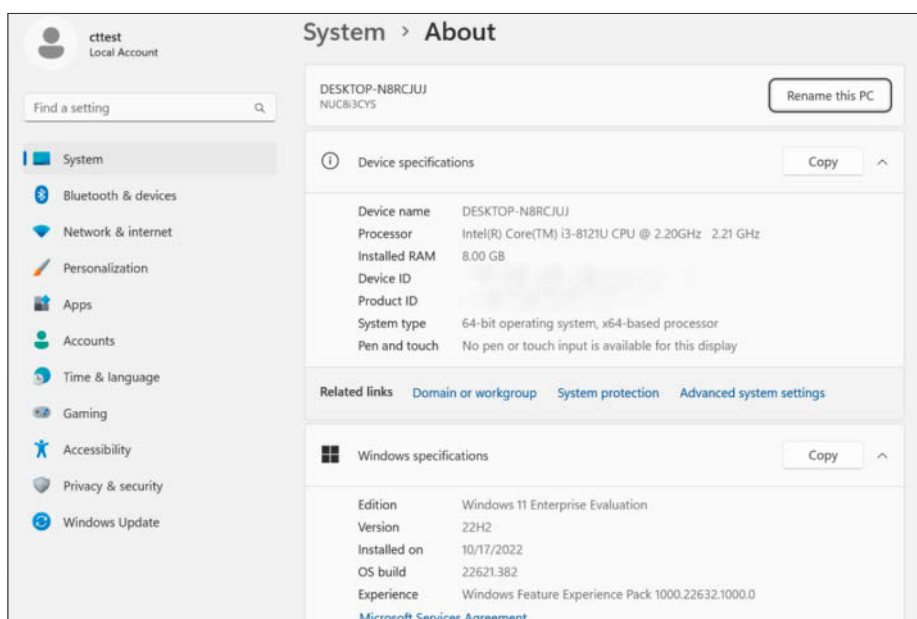
Ich besitze einen Mini-PC NUC8, den ich mir nach Ihrem Test (siehe c't 04/2019, Seite 84) gekauft habe. Darin ist ein Core i3-8000-Prozessor, den ich auf der Kompatibilitätsliste von Microsoft je-

doch nicht finde. Ist das nur ein Versehen oder kann man Windows 11 wirklich nicht auf diesem nicht einmal vier Jahre alten Gerät verwenden?

Irgendwie scheinen Microsoft und Intel diesen eher kuriosen NUC mit Radeon-Grafikchip möglichst schnell vergessen zu wollen. Der enthaltene Intel-Prozessor Core i3-8121U ist tatsächlich auch auf der am 27. September 2022 aktualisierten Kompatibilitätsliste nicht zu finden (siehe ct.de/y38m). Daher haben wir uns das Testgerät kurzerhand noch einmal von Intel ausgeliehen, um es selbst auszuprobieren. Und siehe da, es funktioniert. Sie können das aktuelle Windows 11 22H2 also auf dem NUC8i3CYSM/N installieren.

Da er aber offiziell nicht auf den Listen auftaucht, kann es sein, dass das mit einem künftigen Update nicht mehr klappt, ebenso wenig der Trick, die Prozessorabfrage bei der Installation zu umgehen (siehe c't 26/2021, S. 28). Außerdem besteht die Gefahr, dass das System künftig nicht mehr mit Windows-11-Updates versorgt wird, wenn Microsoft ernst macht. Wenn Sie das System in irgendeiner Form produktiv nutzen wollen, würden wir daher empfehlen, damit nicht auf Windows 11 umzusteigen. (csp@ct.de)

**Microsoft Windows 11: CPU-Kompatibilitätslisten: ct.de/y38m**



**Ding der Unmöglichkeit? Windows 11 22H2 lässt sich ohne Modifikation auf dem Mini-PC NUC8i3CYSM installieren, obwohl der Core-i3-Prozessor nicht auf der Kompatibilitätsliste von Microsoft steht.**

DIE ONLINE-KONFERENZ VON

 **heise Academy**

30. November 2022



OPITZ CONSULTING

# Moderne IT-Integrationen

So designen Sie dynamikrobuste  
Architekturen der Digitalisierung

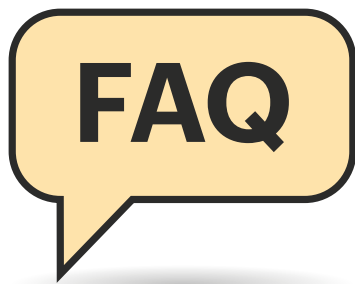
**Integration ist die Basis der IT-Modernisierung** – dieses Motto wird Unternehmen zunehmend klarer, insbesondere wenn sie im Zuge der Digitalisierung an unerwartete Grenzen stoßen.

Die Onlinekonferenz zeigt zentrale Konzepte, Techniken und Anwendungsszenarien, die helfen, Ihre Integrationsherausforderungen angehen zu können. Lassen Sie sich inspirieren von **Anwenderstories** und lernen Sie, welche Rolle **APIs, Events, Service Mesh** und Sicherheit für **dynamikrobuste Enterprise Connectivity** spielen.

Inkl. acht  
Praxisvorträgen  
renommierter  
Experten

**Jetzt kostenlos registrieren:**  
[konferenzen.heise.de/integrationen](https://konferenzen.heise.de/integrationen)





# Dateinamen unter Windows

**Der Umgang mit Datei- und Ordernamen gehört eigentlich zum Stoff der Windows-Anfängerklasse. Ein paar Details sorgen aber auch bei erfahrenen Anwendern immer mal wieder für Fragezeichen.**

Von Hajo Schulz

## Ordner oder Verzeichnis?

**?** Wenn von einer Datei wie C:\Daten\Test.txt die Rede ist, liest man gelegentlich, die Datei Test.txt liege im *Ordner* C:\Daten, alternativ heißt es, sie befinde sich im *Verzeichnis* C:\Daten. Bedeuten die beiden Begriffe dasselbe?

**!** Jein. Konzeptuell ist ein Ordner eher ein Objekt der grafischen Oberfläche, unter Windows also ein Container im Explorer, und ein Verzeichnis ist ein Bestandteil des Dateisystems. Solange aus dem Kontext klar ist, dass man über das Dateisystem redet, kann man beide Begriffe synonym verwenden.

Es gibt unter Windows aber durchaus Ordner, die der Explorer als Einheit mit darin enthaltenen Objekten darstellt, die aber keine Entsprechung im Dateisystem haben und deshalb keine Verzeichnisse sind. Beispiele sind etwa die Ordner „Netzwerk“ und „Dieser PC“ oder in älteren Windows-Versionen „Geräte und Drucker“. Irgendwo dazwischen gibt es noch Ordner wie „Dokumente“ oder „Bilder“: Ihr Inhalt steckt auch im Dateisystem jeweils in einem eigenen Verzeichnis, aber das liegt physisch nicht in „Dieser PC“ (dieses Verzeichnis gibt es ja gar nicht), sondern beispielsweise innerhalb des Benutzerprofils im Verzeichnis C:\Users\IhrName. Ein weiterer Sonderfall sind Ordner wie der Papierkorb oder „Desktop“, deren angezeigten Inhalt der Explorer aus mehreren Verzeichnissen zusammenstopfelt.

## Lokalisierte Ordernamen

**?** Den Ordner C:\Users, den Sie in der vorigen Frage erwähnt haben, scheint es auf meinem PC gar nicht zu geben. Im

Explorer sehe ich unter C:\ aber einen Ordner namens Benutzer, der unter anderem einen Unterordner mit meinem Namen enthält. Warum verwenden Sie denn nicht den hierzulande viel gebräuchlicheren deutschen Namen des Ordners?

**!** Weil das Verzeichnis auf der Platte auch in einem deutschen Windows „Users“ heißt. Der Explorer versucht Ihnen nur unter die Arme zu greifen, indem er es mit einem deutschen Namen anzeigt.

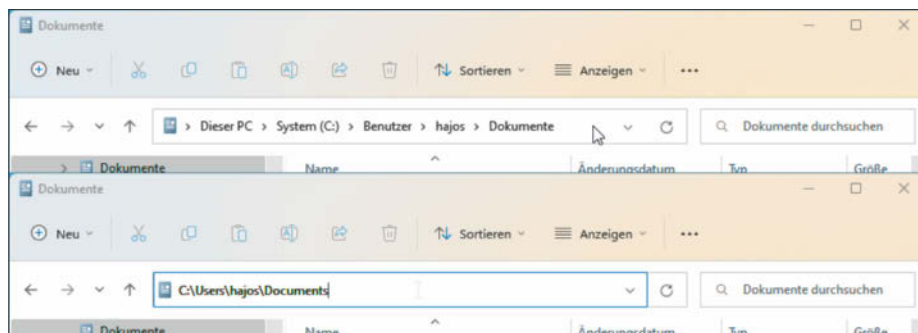
Diese zweifelhafte Unterstützung erlaubt sich Windows bei etlichen Ordnern, und sie sorgt immer wieder für Verwirrung, wenn man vom Explorer auf einen anderen Dateimanager, die Eingabeaufforderung oder die PowerShell wechselt, die dieses Spielchen nicht mitmachen. Gesteuert wird das Verhalten über eine versteckte und mit System-Attribut versehene Datei namens desktop.ini in dem jeweiligen Ordner. All diese Dateien zu löschen ist aber nicht empfehlenswert, denn sie steuern auch noch andere Explorer-Eigenheiten, etwa ein auf den Inhalt hinweisendes Ordnersymbol oder die standardmäßige Anzeige großer Symbole in Bilder-Ordnern [1].

Wie der echte Name eines Verzeichnisses lautet, das der Explorer mit lokalisiertem Namen anzeigt, können Sie herausfinden, indem Sie den Ordner zuerst im Explorer ansteuern und dann in der Eingabezeile rechts in den freien Platz neben den „Brotkrumen“ klicken, also neben die Bestandteile des Ordernamens. So finden Sie zum Beispiel heraus, dass Sie sich in Wahrheit im Verzeichnis „C:\Program Files“ befinden, wenn Sie sich über „Dieser PC“ und „Lokaler Datenträger (C:)“ in den Ordner „Programme“ durchgehängt haben.

## Absolut vs. relativ

**?** Man liest gelegentlich von absoluten und relativen Pfaden. Was ist der Unterschied?

**!** Abgesehen von UNC-Pfaden (zum Zugriff auf Netzwerk-Ressourcen) beginnt eine absolute Pfadangabe stets mit einem Laufwerksbuchstaben, gefolgt von einem Doppelpunkt und einem umgekehrten Schrägstrich („\“, auch Backslash genannt). Darauf folgen optional ein oder mehrere Ordernamen sowie – wenn sich



**Ein Klick rechts neben die „Brotkrumen“ in der Adresszeile bringt den wahren, nicht lokalisierten Namen des aktuellen Ordners zum Vorschein.**





die Angabe auf eine Datei und nicht auf einen Ordner bezieht – ein Dateiname. So bezeichnet „C:“ den Wurzelordner des Laufwerks C:, „C:\Test.txt“ eine Datei in diesem Verzeichnis und „C:\Daten\Test.txt“ eine gleichnamige Datei im Verzeichnis „Daten“ auf Laufwerk C:.

Um relative Pfadangaben zu verstehen, muss man wissen, dass unter Windows jedes laufende Programm stets ein aktuelles Verzeichnis besitzt. Wenn nichts anderes angegeben ist, wird das aktuelle Verzeichnis beim Programmstart auf den Ordner festgelegt, in dem die dazugehörige EXE-Datei liegt; über Systemfunktionen kann ein laufender Prozess aber jederzeit in ein anderes Verzeichnis wechseln. Relative Pfade sind nichts anderes als Pfadangaben, bei denen aus Bequemlichkeit bestimmte Namensbestandteile weggelassen werden – Windows ergänzt sie dann durch Teile des aktuellen Verzeichnisses.

Aus einem Prozess heraus, dessen aktuelles Verzeichnis „C:\Daten“ ist, bezieht sich beispielsweise die Angabe „Test.txt“ auf die Datei C:\Daten\Test.txt, die Angabe „Umsatz\Januar.xlsx“ auf C:\Daten\Umsatz\Januar.xlsx und „C:Bilder\Test.jpg“ auf C:\Daten\Bilder\Test.jpg. Das letzte Beispiel mag verwirren, demonstriert aber einen gern übersehenen Stolperstein: Hinter dem „C:“ steht kein „\“; folglich ist die Pfadangabe relativ und Windows ergänzt noch „\Daten“.

## Maximale Länge

 Wie viele Zeichen darf der Name für einen Ordner oder eine Datei höchstens umfassen?

 Traditionell darf eine (absolute) Pfadangabe insgesamt höchstens 260 Zeichen lang sein – 256 für den eigentlichen Pfad plus 3 für das Laufwerk („C:“) plus ein aus technischen Gründen immer angehängtes Null-Byte. Wenn Sie sich an diese Beschränkung halten, sind Sie immer auf der sicheren Seite.


Wenn Sie beispielsweise in einer tiefen Ordnerstruktur eine Zip-Datei entpacken, die ihrerseits noch verschachtelte Ordner enthält, ist diese Grenze schnell erreicht. Um auf Dateien „ganz unten“ in einer solchen Ordnerhierarchie zuzugreifen, können Sie der Pfadangabe die Zeichen „\\?“ voranstellen, also etwa „\\?C:\Ordner mit langem Namen\Test.txt“. Das Präfix signalisiert Windows, auf

die Prüfung der Länge zu verzichten, allerdings kommen nicht alle Programme mit dieser Notation klar. In jedem Fall muss auf „\\?“ eine absolute Pfadangabe folgen.

Seit Windows 10 1607 kann Windows auch ohne die Kennzeichnung mit Pfaden von bis zu 32.768 Zeichen Länge umgehen; hier darf dann jede Komponente 256 Zeichen lang sein. Damit Windows diese Fähigkeit auch benutzt, muss sie über einen Registry-Eintrag freigeschaltet sein: Der DWORD-Wert steckt im Schlüssel HKEY\_LOCAL\_MACHINE\System\CurrentControlSet\Control\FileSystem und heißt LongPathsEnabled; eine 1 aktiviert die langen Dateinamen. Zusätzlich muss jedes Programm, das mit langen Pfaden umgehen will, dem Betriebssystem über einen speziellen Eintrag in seinem Manifest signalisieren, dass es dazu in der Lage ist – Details siehe [ct.de/ynth](http://ct.de/ynth).


## Umlaute und Sonderzeichen


 Sind in Windows-Dateinamen alle Sonderzeichen erlaubt?

 Folgende Sonderzeichen sind in Ordner- und Dateinamen verboten: < (kleiner als), > (größer als), : (Doppelpunkt), " (doppelte Anführungszeichen; auf deutschen Tastaturen Umschalt+2), / (Schrägstrich), \ (umgekehrter Schrägstrich, auch Backslash genannt), | (Pipe-Symbol), ? (Fragezeichen) und \* (Sternchen, auch Asterisk genannt).

Davon abgesehen dürfen Datei- und Ordernamen alles an Umlauten, Akzenten und Zeichen aus nicht-lateinischen Alphabeten enthalten, was der Unicode-Standard hergibt. Auf Datenträgern wie USB-Sticks, die Sie auch an anderen Geräten als Windows-PCs nutzen wollen, sollten Sie aber auf allzu exotische Schreibweisen verzichten. Beachten Sie außerdem, dass die Eingabeaufforderung nur die Zeichen darstellen kann, die in der gerade ausgewählten Codepage enthalten sind; in einem deutschen Windows ist das standardmäßig die Codepage 850 (DOS Latin-1, auch OEM-Zeichensatz genannt).


## Groß-/Kleinschreibung


 Macht Windows bei Dateinamen einen Unterschied zwischen Groß- und Kleinbuchstaben?

 Nein. Eine Datei namens „Test.txt“ können Sie genauso als „test.TXT“ oder als „TEST.Txt“ ansprechen. Folglich kann es in ein und demselben Ordner keine zwei Dateien geben, deren Namen sich nur durch Groß-/Kleinschreibung unterscheiden. Dasselbe gilt sinngemäß für Ordernamen.

Windows merkt sich allerdings beim Speichern die genaue Schreibweise und der Explorer zeigt sie korrekt an. Seit längerer Zeit behoben ist ein Bug früherer Windows-Versionen, der verhindert hat, dass man beim Umbenennen einer Datei nur die Groß-/Kleinschreibung ändert.

## 8 plus 3

 Gelegentlich bin ich noch darauf angewiesen, ein Uralt-Programm aus Windows-98-Tagen zu benutzen. Das zeigt die Namen mancher Dateien und Ordner ganz seltsam an, zum Beispiel meinen Dokumente-Ordner als „DOCUMENT-1“. Was hat es damit auf sich?

 In grauer Vorzeit waren die Namen von Dateien und Ordnern auf acht Zeichen vor und drei Zeichen hinter dem Punkt beschränkt. Als Windows die heute üblichen längeren Dateinamen eingeführt hat, waren die meisten bestehenden Programme nur auf dieses Namensschema eingestellt. Deshalb speichert Windows zu allen Dateien und Ordnern auch einen solchen 8.3-Namen in der typischen Tilden-Schreibweise. Der tritt aber heutzutage kaum noch in Erscheinung – Ihr Programm-Dino ist wohl einer der Letzten seiner Art. Außerdem kann der Befehl `dir` in der Eingabeaufforderung diese Namen noch anzeigen, wenn man ihm die Option `/x` mitgibt.

Moderne Windows-Installationen speichern diese 8.3-Namen gar nicht mehr auf allen Laufwerken. Wo Sie bei Ihnen noch aktiv sind, verrät das Programm `fsutil` [2].  
([hos@ct.de](mailto:hos@ct.de))

## Literatur

- [1] Hajo Schulz, Ordner für spezielle Fälle, Die „benannten Ordner“ in Windows aus User- und Entwicklersicht, c't 22/2014, S. 180
- [2] Hajo Schulz, Feinwerkzeug, Dateisystempflege mit `fsutil`, c't 19/2022, S. 158

Online-Doku zu Dateinamen: [ct.de/ynth](http://ct.de/ynth)



Stefan Höltgen  
**>OPEN HISTORY\_**  
 Archäologie des Retrocomputings

Kadmos, Berlin 2022  
 ISBN 978-3865994752  
 416 Seiten, 35 €  
 (PDF-/Epub-/Kindle-E-Book: 25 €)

## Geschichte passiert jetzt

**Die Geschichte der Computer ist relativ jung, aber wegen der kurzen Innovationszyklen dennoch kaum vollständig zu dokumentieren. Techniken werden obsolet, manches überlebt nur dank engagierter Hobbyisten. Stefan Höltgen versucht sich dennoch an einer Geschichte der frühen Mikrocomputer und ihrer Programmierung.**

Der Medienwissenschaftler Stefan Höltgen kennt sich gut aus in der Retrocomputing-Szene. Weil gängige Methoden der Geschichtsschreibung seiner Ansicht nach der Natur moderner Technik nicht Rechnung tragen, möchte er eine eigene Computerarchäologie ins Leben rufen. Es geht ihm dabei darum, technische Errungenschaften in ihrem historischen Kontext zu beschreiben und für nachfolgende Generationen so festzuhalten, dass diese sie in allen Facetten durchdringen können.

Leider wird auch die robusteste Hardware irgendwann den Dienst versagen. So scheinen Simulatoren und Emulatoren der einzig gangbare Weg der Konservierung zu sein. Ihre Funktionsweise erklärt der Autor detailliert, weist aber auch auf deren Grenzen hin. Schließlich ist es bei Computern wichtig, nicht nur über sie zu lesen, sondern sie zu erfahren.

Die berühmte Boing-Demo auf dem Commodore Amiga, bei der ein rotierender Ball über den Bildschirm hüpfte, darf in einer solchen Sammlung nicht fehlen. Höltgen analysiert die Implementierung ähnlicher Demos auf älteren Rechnern – unter anderem dem Analogrechner TA-742 – und spannt den Bogen weiter zu Literatur und Kunst. Denn so, wie herausragende Maler die Werke anderer Künstler bewusst oder unbewusst beeinflussen, inspirieren auch Computerprogramme Entwickler zu neuen Programmen.

Mitunter greift der Autor zu ungewöhnlichen Methoden. So wendet er die Sprachanalyse auf Quelltexte an, obwohl diese sich in erster Linie an Maschinen richten. Aber die archäologischen Artefakte der Informatik sind eben nicht nur Aufsätze und Bücher, sondern auch Quelltexte oder Schaltpläne. Der Buchtext entstand als Dissertation an der Humboldt-Universität zu Berlin und ist dort unter [edoc.hu-berlin.de/handle/18452/21989](http://edoc.hu-berlin.de/handle/18452/21989) abrufbar. Sprachlich ist er daher streckenweise nicht ganz einfach zu verdauen. Inhaltlich ist das Buch dagegen eine wahre Fundgrube an lehrreichen und unterhaltsamen Fakten rund ums Retrocomputing.

(Maik Schmidt/dwi@ct.de)

## Schlaues Buch über schlaue Maschinen

**Nutzertracking, Bewertungsalgorithmen, Gesichtserkennung – dieses Sachbuch für Kinder ab dem Vorschulalter nimmt sich viele Themen vor. Mit zum Teil genial einfachen Beispielen erklären die Autorinnen auch komplexe Phänomene kindgerecht. Dazu passen die witzigen, quietschbunten Zeichnungen.**

Was passiert, wenn eine KI zum Erkennen von Hunden nur mit Fotos von schwarzweißen, gepunkteten Dalmatinern trainiert wird? Tja, da schaut der braune Boxer in diesem Buch traurig, denn die selbstlernende Maschine urteilt: „Du bist kein Hund.“ Mit solch griffigen, auch für kleine Kinder nachvollziehbaren Zusammenhängen verdeutlichen die Autorinnen des Kollektivs CusiCosa die enormen Möglichkeiten, aber auch Risiken der KI.

Rate- und Schätzaufforderungen lockern den anspruchsvollen Stoff auf: Stimmt es, dass in manchen Schulen in China die Stimmung der Kinder permanent überwacht wird? Spoiler: Ja, das ist leider wahr. Erschreckend sind auch manche statistischen Fakten – zum Beispiel, dass wir einer einzelnen Information im Internet durchschnittlich nur 40 Sekunden widmen.

Das Buch schürt jedoch keine Angst vor allmächtiger Technik, sondern fordert zur selbstbestimmten Nutzung auf. „Ich möchte Google verwirren“, erklärt etwa ein kleiner Rotschopf, tippt reihenweise Anfragen nach Seniorenbedarf ins Suchfenster und freut sich nach getaner Arbeit über Empfehlungen für Gehstöcke und Zahnersatz. Manche Buchseiten sehen fast aus wie Wimmelbilder. Viele stecken voller Informationen, doch noch häufiger finden sich Gesprächsanreize. Einerseits stellen die Autorinnen moralisch-ethische Fragen, über die es sich lohnt zu diskutieren. Andererseits gibt es etwa einen Fragebogen für (Groß-)Eltern, in dem es darum geht, wie man sich früher für die Hausaufgaben informierte oder mit Freunden verabedete.

Das liebevoll gezeichnete Kindersachbuch empfehlen wir für Bibliotheken oder die Bücherecke in der Grundschule ebenso wie als Geschenk fürs technikbegeisterte Patenkind. Man sollte es aber nicht einfach an der Kinderzimmertür abgeben. Den größten Nutzen haben gerade jüngere Kinder, wenn sie es zusammen mit einem Erwachsenen betrachten. Väter, Mütter, Großeltern und Pädagogen lernen bei der gemeinsamen Lektüre bestimmt auch noch etwas – dass schon 1738 das erste Robotertier gebaut wurde zum Beispiel oder wer die Ludditen waren.

(dwi@ct.de)



CusiCosa (Text) / Ana Seixas (Grafik)

**Hallo Roboter!**

Schlaue Maschinen und künstliche Intelligenz

Kleine Gestalten, Berlin 2022  
 ISBN 978-3967047349  
 64 Seiten, 25 €

# In GO we tRUST



**Heft + PDF  
mit 29 % Rabatt**

Die Welt der Softwareentwicklung ist im steten Wandel. Anders als beim Turmbau zu Babel ist die Sprachenvielfalt in der Softwareentwicklung kein Nachteil. Vier Sprachen haben aus unserer Sicht gute Chancen, die nächste Generation zu bilden. IX Developer zeigt Stärken, Schwächen und Anwendungsgebiete dieser Programmiersprachen:

- TypeScript: Wartungsarmer Code dank Typsystem
- Kotlin: Objektorientierte und funktionale Konzepte vereint
- Go: Interfaces, Concurrency und Generics
- Rust: Sicheres Speichermanagement dank Ownership-Modell
- Portofrei für Abonnenten
- Auch im Spar-Set als Heft + PDF + Buch „Rust“

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



**[shop.heise.de/ix-dev-programmiersprachen22](https://shop.heise.de/ix-dev-programmiersprachen22)**



TOKVID



22/08/22

# DILEMMA

VON ULF FILDEBRANDT

**D**ie Rufe wurden immer lauter. Liam März näherte sich dem Hauptzug der Demonstration von der Seite, sodass ihn die große Masse nicht bemerkte. Eine Gruppe von Einsatzbeamten stand in voller Montur neben den Schaufenstern eines Kaufhauses und betrachtete die laut grölenden Demonstranten.

Sein Blick fiel auf die Schilder, die sie in die Höhe reckten. Bunte Zeichen sprachen eine deutliche Sprache: „Kein Geld für Polynesien!“ – „Sollen sie doch ertrinken!“ Unzählige weitere Parolen wiederholten die Botschaft. Wenn er den Männern und Frauen in die Gesichter schaute, sah er ihre Wut. Diese entsprang der Angst, dass sie vielleicht nicht mehr zweimal im Jahr in den Urlaub fliegen konnten. Sie sahen nicht so aus, als müssten sie Hunger leiden.

Kopfschüttelnd wanderte sein Blick von den älteren Männern zu den Frauen und manchmal entdeckte er Kinder, die eher gelangweilt neben ihren Eltern standen. Für andere war es nur ein großes Abenteuer und sie hatten sich angeschlossen, weil es Aufregung versprach.

An manchen Hausecken saßen Obdachlose in abgetragenen Mänteln und schauten sich das wütende Treiben an.

*Was denken sie wohl, wenn die Menschen dafür demonstrieren, Hilfsbedürftigen nicht mehr zu helfen?*, überlegte Liam. Gleichzeitig fielen ihm die Interviews ein, in denen die Demonstranten davon redeten, dass sie gerade für die Ärmern der eigenen Bevölkerung auf die Straße gingen.

Ein alter Mann mit zotteligen Haaren und einer verschlissenen Regenjacke saß an eine Hauswand gelehnt und starrte zu ihm herüber.

*Hoffentlich bleibt es friedlich*, dachte Liam. Er hatte einige Hinweise bekommen und ihm war die Aufgabe übertragen worden, die Leute zu schützen, ganz gleich, was auch passierte.

Liam hörte, wie jemand seinen Namen rief. Er wechselte die Richtung und ging zu den Bereitschaftspolizisten mit ihren durchsichtigen Schilden hinüber, wo ein gestresst aussehender Beamter ihn begrüßte. Marc Schmitt war jung für seine Position, vielleicht Ende zwanzig, aber Liam kannte ihn schon von anderen Einsätzen. Marc behielt den Überblick und hatte seine Untergebenen gut im Griff. Sie würden nicht auf Demonstranten einprügeln, auch wenn sie provoziert wurden.

„Hallo, wie sieht es aus?“

Marc verzog den Mund zu einer misstrauischen Miene. „Eigentlich ganz friedlich, keine Arbeit für uns, aber ich traue dem Frieden nicht.“

**Längst lenken undurchsichtige Mechanismen im Datennetz die allgemeine Aufmerksamkeit. Die Unterschiede zwischen echten Neuigkeiten und Fake News sind sehr schwer wahrzunehmen und noch schwieriger zu beweisen. Wie kann es ein aufrichtiger Ordnungshüter da vermeiden, in einem alptraumhaften Labyrinth aus Pflicht, Gewissen, Kommunikation und Manipulation verlorenzugehen?**

Anlass für die Proteste waren jüngst beschlossene Gesetze. Diese gestanden den Ländern, die vom Klimawandel am stärksten betroffen waren, Milliardenhilfen zu. Die waren nicht einmal an Bedingungen geknüpft. Es konnte durchaus passieren, dass etliche Millionen davon in korrupten Kanälen verschwinden würden. Aber etwas Besseres als Geld fiel den Politikern offenbar nicht ein. Zu Leuten, die sich einfach darüber ärgerten, gesellten sich auf der Seite der Demonstranten auch Aktivisten zweifelhafter Art.

„Halt die Augen offen“, forderte Liam. „Es gibt Berichte, dass jemand für

Unruhe sorgen will.“

„Für Unruhe sorgen?“ Marcs Blick zeigte überdeutlich, dass er die Aussage als sehr schwammig empfand.

„Wenn ich mehr weiß, erfährst du es als Erster.“ Er legte eine kurze Pause ein. „Aber sag mir auch Bescheid, falls hier etwas Seltsames passiert.“

Marc machte ein fragendes Gesicht.

„Melde dich einfach, wenn es nicht mehr friedlich ist.“ Liam hob die Hand, um sich zu verabschieden.

Er musterte den Strom der Demonstranten, der sich zwischen den Geschäften hindurch wälzte. Die meisten von ihnen brüllten ihre Parolen und schienen aufgebracht zu sein. Liam war sich nicht ganz sicher, ob er das noch als friedlich empfinden sollte.

Kopfschüttelnd wandte er sich ab. Hier würde er nichts bewirken. Sein nächstes Ziel war ihre mobile Einsatzzentrale, vielleicht hatten sie dort schon neue Erkenntnisse, was auf sie zukommen würde.

★ ★ ★

Der unscheinbare weiße Transporter stand einsam in einer Seitenstraße. Ein halbes Dutzend Polizisten mit Schutzhelmen und Plastikschilden hielt sich daneben auf. Ein Uneingeweihter hätte nicht vermutet, dass sie das Fahrzeug bewachten. Sie schienen sich nur auf ihren Einsatz vorzubereiten und zu warten.

Die Polizisten kannten Liam; er war bereits vor einer halben Stunde hier gewesen, vor seinem Ausflug zur Demonstration. Er nickte einem zu, der ihn aufmerksam betrachtete – einem älteren Mann mit grauem Bart unter dem Helm. Dann marschierte er wortlos auf die Tür am Heck des Wagens zu, öffnete sie und kletterte hinein.

Seine Augen benötigten einen Moment, um sich an das spärliche Licht zu gewöhnen. Fünf IT-ler saßen vor Bild-



schirmen und schauten sich Videoaufnahmen oder Texte an. Von seiner Position aus konnte Liam nicht erkennen, was sie genau untersuchten. Das würde ihm hoffentlich Sonja Rudzik erklären. Die groß gewachsene Frau stand im Wagen und schaute gerade einem ihrer Leute über die Schulter, bevor sie sich mit ernstem Gesicht Liam zuwandte und sagte: „Na, alles in Ordnung bei der Demonstration?“

Mit einem Finger deutete sie auf Live-Bilder, die eine Drohne ihr zuspielte. Als er losgegangen war, hatte sie ihn verwundert gefragt, was er da wollte. Die ferngesteuerten Maschinen lieferten Bilder aus allen Perspektiven und ihre Aufnahmen dienten vor Gericht als Beweismaterial. Wenn einer der Demonstranten auch nur eine Scheibe einwarf, würde die Aufzeichnung seine Tat belegen.

„Ich wollte nur sehen, wie die Stimmung unter den Polizisten ist.“

„Und?“

„Sie sind entspannt. Bisher verläuft alles in geordneten Bahnen.“

Sonja nickte. „Die Leute draußen machen mir auch keine Sorgen. Ich warte auf Hinweise, wo die Aktion starten soll.“

„Welche Aktion?“

Sie stieß genervt die Luft aus. „Wenn ich das wüsste, hätte ich dich längst hingeschickt.“

Er schwieg. Im Moment gab es nicht viel zu tun. Wie Marc schon festgestellt hatte, folgte der Demonstrationszug dem vorgesehenen Weg. Die Vorbereitungen waren gut und es gab keine Überraschungen.

Wenige Minuten später schrillte Sonjas Handy. Sie zog es heraus, sprach leise ein paar Worte und wurde gleich darauf hektisch.

Sie forderte einen jungen IT-Experten auf, einen Bereich des Stadtplans auf den Schirm zu holen. Kurz darauf zeigte eine ausgesandte Drohne die Außenansicht eines anscheinend gewöhnlichen Bürogebäudes.

„Was ist?“, fragte Liam.

„Das war der Hinweis“, stellte sie knapp fest. „In dem Gebäude soll es vorbereitet werden.“

„Was?“

„Das hat der Kontakt nicht herausfinden können. Wahrscheinlich ist er eh aufgefliegen, wenn wir jetzt das Gebäude stürmen.“

„Wir gehen da rein?“ Ungläubig schaute Liam sie an.

„Der Richter hat den Durchsuchungsbeschluss schon unterschrieben.“

*Dann muss es gefährlich sein.*

„Es soll darum gehen, dass die Demonstranten angegriffen werden sollen“, ergänzte Sonja.

Fragend schaute Liam sie an.

„Mehr hat der Informant anscheinend nicht erfahren.“

Liam überlegte. Es war seine Aufgabe, die Gefahr zu beseitigen. Dafür war er abgeordnet worden. „Schick das SEK zu der Adresse!“

Sonja schaute ihn an, dann nickte sie und wandte sich an die IT-ler. Liam verließ den Einsatzwagen. Draußen ließ er sich von den Polizisten einen Helm und eine schuss sichere Weste geben. Danach machte er sich auf den Weg.

Nach wenigen Minuten stand er bereits hinter den mit Maschinenpistolen bewaffneten Beamten des SEK. Anspannung lag in der Luft. Alle schwiegen. Jedes Geräusch aus der

Ferne – Rufe der Demonstranten, Motorenlärm des Verkehrs – klang dadurch lauter als gewohnt in den Ohren.

Die Waffen im Anschlag, drückten sie sich an die Wand, geduckt, damit man sie aus den Fenstern ihres Zielgebäudes möglichst nicht sehen konnte.

Nur noch ein paar Dutzend Meter trennten sie vom Hauseingang. Schließlich erreichte der erste der Polizisten die Haustür. Dann schlangen zwei der Beamten einen zentnerschweren Rammbock, um die Tür aufzubrechen. Mit einem lauten Krachen flog diese auf, woraufhin die Beamten wieselschnell in den Flur hineinrannten.

Liam gehörte zu dem Team, das in den vierten Stock vordringen sollte. Mit den anderen rannte er über die Treppe nach oben. Sein Herz raste, seine Oberschenkel brannten bereits vom Sturm die Stockwerke hinauf. Bisher waren sie niemandem begegnet. Das Haus stand offensichtlich komplett leer.

Dann erreichte er das obere Ende der letzten Treppe, wo eine Holztür den Weg zum obersten Stockwerk versperrte. Ein Mann in schwerer Einsatzkleidung warf sich dagegen und die Tür flog aus den Angeln. Dahinter lag ein Großraumbüro. Auch hier war es geradezu gespenstisch still, nachdem der Lärm des Türaufbruchs verhallt war. Um sich herum sahen die immer noch schweigenden Männer Kaffeemaschine, Sitzgelegenheiten und Schreibtische.

Liam horchte auf seinen eigenen Atem, der nun enorm laut schien. Aber ... da gab es noch ein Summen, das er nicht einordnen konnte.

„Was ist das?“, rief er dem Anführer seines Teams zu.

Der schaute sich hektisch um, konnte die Ursache des Geräuschs aber auch nicht ausmachen. Nach kurzem Zögern beorderte er seine Leute in die verschiedenen Bereiche des Großraumbüros.

## IMMER WEITERE DROHNEN ERHOBEN SICH BLITZSCHNELL IN DIE LÜFTE UND FOLGTEN DER ERSTEN.

Da bemerkte Liam eine Bewegung. Er drehte sich blitzschnell um und hob seine Waffe. Draußen, direkt vor dem Fenster, flog eine Drohne mit unzähligen Rotoren, die offenbar aus einer Gebäudeöffnung direkt über dieser obersten Etage gekommen war. Sie beschleunigte und verschwand. Liam war viel zu verduzt, um sie daran hindern zu können. Immer weitere Drohnen erhoben sich blitzschnell in die Lüfte und folgten der ersten.

*Was soll das?*, dachte Liam. Ratlos stand er neben einem Schreibtisch und starrte durchs Fenster der letzten Drohne hinterher. Die Mitglieder des Teams taten es ihm gleich. Niemand rührte sich.

Plötzlich summte Liams stumm gestelltes Funkgerät leise. Mühsam zerrte er es heraus und schaltete den Empfang laut. Marc rief ihn, von der Demonstration. „Hier sind überall Drohnen“, drang seine aufgeregte Stimme aus dem kleinen Lautsprecher.

*Die Drohnen von hier*, dachte Liam, behielt es aber für sich.



„Oh Gott“, brüllte Marc in diesem Moment.

„Was ist?“

„Sie hat ...“, setzte Marc an, stockte dann und sprach leise weiter. „Sie hat ihn getroffen.“

Liam trennte die Verbindung und wechselte auf den Funkkanal der Bereitschaftspolizei. Geschriene Befehle überlagerten einander; er konnte nicht verstehen, was genau geschah. Irgendwas passierte mit den Drohnen und den Demonstranten.

„Kommt mit“, forderte er den Leiter des SEK auf. „Hier passiert nichts mehr!“

Der schaute ihn nur kurz verwirrt an, dann nickte er. Sie rannten gemeinsam die Treppenstufen wieder hinab, auf die Straße hinaus.

★ ★ ★

Die kugelsichere Weste lastete beim Laufen auf seinen Schultern. Liam atmete schwer, als er um die Hausecke herumrannte. Die demonstrierenden Menschen mussten sich genau hier befinden. Marc mit seinen Kollegen befand sich auch nur noch wenige Hundert Meter weiter vorn.

Doch vor Liam herrschte Chaos. Der geordnete Zug der Demonstration hatte sich komplett aufgelöst. Die Männer und Frauen hetzten hin und her, immer auf der Suche nach Deckung, denn ein Schwarm von Drohnen schwebte über ihnen. Ein Mann walzte durch die Menge und schubste andere brüllend zur Seite.

Gerade stieß eine der Maschinen herab. Die Rotorblätter waren als Schemen zu erkennen. Die Drohne hielt genau auf eine Gruppe von jungen Frauen zu. Sie schauten in eine andere Richtung und bemerkten nicht, was sich ihnen näherte.

Ohne auch nur langsamer zu werden, prallte die Drohne gegen eine der Frauen. Die Rotorblätter schnitten in ihre Arme. Schwarze Haare flogen zur Seite und mit einem lauten Schrei brach die Frau zusammen. Die Drohne geriet vollends ins Trudeln und stürzte zu Boden. Mit einem lauten Krachen prallte sie auf die Pflastersteine, wo sie in Hunderte von Einzelteilen zersprang.

Liam starrte auf die verletzte Frau am Boden. Sie jammerte und hielt mit der gesunden Hand ihren Oberarm, genau dort, wo die Drohne sie erwischte hatte. Blut breitete sich über den Stoff ihrer Jacke aus. Liam griff nach seinem Funkgerät. Er musste Kontakt mit der Einsatzleiterin aufnehmen.

Eine weitere Drohne ging im Sturzflug auf einen der Demonstranten nieder und erwischte ihn im Rücken, als er davonlief.

Die Panik wurde immer größer. Die Demonstranten versteckten sich in Hauseingängen, aber die Drohnen folgten ihnen dorthin.

„Sonja!“, brüllte Liam ins Mikrofon.

Um ihn herum wurden weitere Männer und Frauen getroffen. Sein Blick ging zum Himmel. Dort schwebten noch unzählige dieser Maschinen, bereit, auf ihre Opfer herabzustürzen.

„Liam?“, hörte er plötzlich eine bekannte Stimme aus dem Funkgerät.

„Ja, ich bin bei der Demonstration. Wir müssen ...“

„Was war in dem Haus?“, unterbrach sie ihn.

„Die Drohnen sind von dort gestartet“, erklärte Liam. „Wir sind zu spät gekommen.“

Ein Fluch war zu vernehmen. Sie hatte vergessen, die Verbindung zu schließen.

„Wir müssen sie aufhalten!“, versuchte Liam es erneut.

„Und wie soll das gehen?“

Liam schaute zum Himmel. Die Mehrzahl der Drohnen schwebte immer noch über ihnen, ohne die Position zu verändern. Einfache Ziele.

„Wir können sie ganz einfach abschießen“, gab er zurück.

„Du willst schießen?“, fragte sie ungläubig. „Mitten in der Stadt?“

„Hast du eine bessere Idee?“, brüllte Liam.

Wieder schrien Leute auf der Straße.

„Nein, verdammt!“

„Dann gibst du den Befehl?“, fragte er. Er hörte ein Summen über sich und rannte zur Seite. Aus dem Augenwinkel sah er, dass die Männer des SEK ihm folgten.

„Ja.“ Die Stimme war deutlich zu verstehen. Jeder, der ihnen zuhörte, war Zeuge geworden.

Liam drehte sich zum SEK. Die Männer hielten ihre Gewehre immer noch in den Händen, als hätten sie nur auf den Befehl gewartet.

„Holt sie vom Himmel!“, wiederholte er den Befehl. „Aber passt auf, dass ihr niemanden verletzt. Niemals auf Häuser schießen. Keine angeschossenen Zivilisten!“

Die Männer nickten wortlos und brachten gleich darauf die Waffen in Anschlag. Die ersten Schüsse knallten durch die Einkaufsstraße. Die Trümmer der Drohnen stürzten zu Boden.

Liam rannte los, um Marc zu erreichen. Auch die Bereitschaftspolizisten sollten diese Maschinen abschießen.

Schwer atmend lief er weiter. Überall lagen Verletzte, den meisten halfen andere Passanten. Dennoch war es ein heillosen Wirrwarr, der hier in der Innenstadt herrschte.

Dann endlich hatte er die Polizisten erreicht. Sie standen immer noch an einer Hausseite. Es war ihnen deutlich anzusehen, dass sie nicht wussten, was sie tun sollten.

„Liam, was passiert hier?“, begrüßte ihn Marc außer Atem.

„Das ist der Angriff, von dem ich erzählt habe.“

„Aber welchen Sinn hat das?“

*Terror*, dachte Liam, sprach es jedoch nicht aus.

„Die Einsatzleiterin hat den Schießbefehl gegeben“, erwiderte er stattdessen. „Du kannst die Drohnen einfach vom Himmel holen.“

Ungläubig starrte Marc ihn an. „Das kann nicht dein Ernst sein!“

„Willst du, dass die Leute weiter gejagt werden?“

Marc schüttelte heftig den Kopf. „Aber wir können doch nicht in der Innenstadt schießen?“

„Sie hat den Befehl gegeben.“

*Auf meinen Druck hin*, dachte er.

„Das geht niemals gut“, flüsterte Marc und schüttelte den Kopf.

„Dann befiehl deinen Leuten wenigstens, dass sie die ganz sicheren Abschüsse machen sollen.“

Marc stand zunächst noch unschlüssig vor ihm, drehte sich dann aber zu seinen Leuten um und gab seine Anweisungen. Danach tat er ein paar Schritte und brachte seine Dienstpistole in Anschlag. Er schoss. Unmittelbar darauf stürzten die Einzelteile einer Drohne zu Boden. Auf seinem Gesicht

## Über den Autor

**Ulf Fildebrandt** ist mit seinen bislang sieben Geschichten innerhalb von sieben Heftjahrgängen bereits ein alter c't-Story-Hase. Der 1972 geborene Diplom-Informatiker, der als Softwarearchitekt bei SAP arbeitet, stellt oft brennende Probleme im Zusammenhang mit IT, Softwareentwicklung und der Welt des Datennetzes in den Mittelpunkt dramatisch bewegter Krimi- und Thrillerhandlungen.



Bild: Ulf Fildebrandt

zeigte sich aber keine Freude über den erfolgreichen Abschluss. „Das geht nicht gut. Irgendwas übersehen wir hier.“

Auch Liam hatte ein ganz ungutes Gefühl. Zu Beginn der Demonstration, bevor alles außer Kontrolle geriet, war er zu Marc gegangen, weil er seinem Urteil vertraute.

*Tue ich das Richtige?*

Zur Antwort raste eine Drohne auf eine ältere Frau zu. Diese versuchte noch auszuweichen, wurde aber am Hals getroffen. Die Rotoren schlitzten ihr die Pulsader auf und Blut schoss in rhythmischen Stößen heraus. Zuerst landete sie laut schreiend auf dem Boden, dann verstummte sie.

\* \* \*

Ruhe war eingekehrt. Keine Schüsse hallten mehr durch die Luft und das Summen der Drohnen war verstummt.

Langsam ging Liam durch die Straße. Sanitäter kümmernten sich noch immer um die Verletzten und brachten sie in Rettungswagen. Auch einige Tote hatte Liam bereits entdeckt. Alle hatten Treffer an Hals oder Kopf erlitten, als hätten es die Drohnen speziell darauf abgesehen.

*Lass es nicht so viele Tote sein!*

Er kam zu einer der Drohnen, die zertrümmert am Boden lagen. Die Flügel waren abgebrochen; Splitter des Plastikgehäuses waren überall verstreut.

*Wer hat sie geschickt?, überlegte er.*

Sein Funkgerät knackte. Sonja Rudzic war dran. „Komm zur Zentrale“, forderte sie. „Schnell.“ Dann schloss sie die Verbindung. Anscheinend war das, was sie von ihm wollte, nicht für den Funkverkehr geeignet.

Er ging zu dem Transporter, in dem er vorhin schon mit ihr persönlich gesprochen hatte. Dieses Mal standen die Polizisten nicht davor, sondern saßen erschöpft auf der Straße oder lehnten sich an die Hauswände.

Keiner hielt ihn auf, als er zur Tür hinaufstieg und eintrat. Die Bildschirme zeigten immer noch Bilder, soweit war alles beim Alten, aber Sonja wandte sich sofort ihm zu.

„Wir haben einen Fehler gemacht!“, meinte sie mit anklagendem Unterton in der Stimme und winkte ihn zu einem der Displays. Es zeigte ihn mit der Waffe in der Hand. Er schoss. Im nächsten Bild stürzte einer der Demonstranten zu Boden. Es sah aus, als hätte er den Menschen angeschossen.

*Das war ich nicht!*

Ein schrecklicher Verdacht kam Liam. „Was bedeutet das?“

„Dass wir einen Fehler gemacht haben und in ihre Falle getappt sind.“

„Welche Falle?“

Sie lachte freudlos. „Das war eine der Aufnahmen, die gerade zu Tausenden im Netz kursieren. Die Botschaft ist immer dieselbe: Die Polizei schießt und viele werden verletzt.“

„Aber wir haben die Leute beschützt!“

„Manche Nachrichten sagen, die Polizei habe überreagiert. Die Drohnen hätten niemanden bedroht. Und dann gibt es welche, die sogar behaupten, dass die Polizei gezielt auf die Menschen geschossen hat.“

Um Liam drehte sich alles. Er wusste, was tatsächlich passiert war.

„Sie stellen uns dar, als hätten wir die ganze Demonstration verhindern wollen.“

„Das ist Blödsinn!“

Sie drehte sich zu ihm. „Aber das sind die Nachrichten! Ob gefälscht oder uminterpretiert, interessiert bald niemanden mehr.“

„Doch, mich“, flüsterte Liam.

Sonja lachte müde. „Herzlich willkommen in der Social-Media-Welt.“ Dann startete sie stumm auf die Displays, die immer neue Aufnahmen von schießenden Polizisten zeigten, wahlweise kombiniert mit Verletzten.

„Wer hat die Drohnen geschickt?“, fragte Liam. „Gibt es da schon was Neues?“

Sonja blickte ihn an. „Kannst du dir das nicht selbst beantworten? Wer hat einen Vorteil davon?“

Nachdenklich zuckte er mit den Schultern.

„Die Sympathien für die Demonstranten gehen nach oben. Sie haben ihr Ziel erreicht.“

„Indem sie sich haben angreifen lassen?“

Sie schüttelte den Kopf. „Das war wohl eher eine kleine Splittergruppe, die keine Rücksicht auf ihre eigenen Leute genommen hat. Aber sag das mal in irgendeinem Forum.“

Liam stöhnte auf. Sein Schuldgefühl wurde größer. Er hatte den Vorschlag gemacht. „Dann hätte ich die Dinger lieber weiter wüten lassen sollen?“

Sonja grinste nur kalt. „Dann würde man jetzt der Polizei vorwerfen, dass sie nicht geholfen hätte.“

*Was für ein mieser Plan,* dachte Liam und rief sich die Bilder ins Gedächtnis, die ihn als gewissenlosen Schützen zeigten. Vielleicht würde man ihn sogar selbst verhaften.

*Ich habe Menschen gerettet!*

Die Worte hallten in ihm wider, aber sie klangen eigenartig schal. Vielleicht würde die Zeit ihm helfen, sich selbst einzureden, dass er irgendwie doch alles richtig gemacht hatte.

(psz@ct.de) **ct**

## Die c't-Stories als Hörversion

Unter [heise.de/-4491527](https://heise.de/-4491527) können Sie einige c't-Stories als Audiofassung kostenlos herunterladen oder streamen. Die c't-Stories zum Zuhören gibt es auch als RSS-Feed und auf den bekannten Plattformen wie Spotify, Player FM und Apple podcasts ([ct.de/yz13](https://ct.de/yz13)).



## DIE Jobbörse für IT-Experten

unter dem Dach von heise online

**Im neuen Look:**  
frisch • jung • modern

**Finden Sie bei uns  
Ihren Spitzen-Job in der IT!**

Schauen Sie vorbei: [jobs.heise.de](http://jobs.heise.de)

## Fernstudium Robotik

statistisch geprüft und  
anerkannt

Ihre Chance in einem schnell wachsenden Zukunftsmarkt. Aus- und Weiterbildung zum Roboter-Techniker und -Programmierer. Kostengünstiges und praxisgerechtes Studium ohne Vorkenntnisse. Beginn jederzeit.

**NEU: Umweltschutz-Techniker,  
Netzwerk-Techniker, SPS-Techniker**

Teststudium ohne Risiko.  
GRATIS-Infomappe gleich anfordern!

**FERNSCHULE WEBER - seit 1959**  
Neerstedter Str. 8 - 26197 Großenkneten - Abt. F14  
Telefon 0 44 87 / 263 - Telefax 0 44 87 / 264

[www.fernschule-weber.de](http://www.fernschule-weber.de)

**Inkl.  
Roboterbausätze  
und -Modelle**



# I ♥ NERDISTAN

**ct** magazin für  
computer  
technik

# Keine Angst vor Python!



**GRATIS**  
Online-Kurs  
„Das Python-  
Bootcamp“

**Heft + PDF  
mit  
29 % Rabatt**

Mit diesem c't-Sonderheft überspringen Sie mühelos Einstiegshürden und erlernen in kurzer Zeit die Grundlagen des Programmierens mit Python. Außerdem zeigt Ihnen dieses Heft die erstaunliche Vielseitigkeit von Python anhand vieler praktischer Projekte:

- ▶ Python-Programme auf den Raspi Pico portieren
- ▶ Programmieren mit KI-Unterstützung
- ▶ Web-Programmierung mit Django
- ▶ inkl. GRATIS Python-Onlinekurs im Wert von 119,- €

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



[shop.heise.de/ct-python22](http://shop.heise.de/ct-python22)





# Die Konferenz für Enterprise-JavaScript

21.-22. Juni 2023  
Darmstadt

[enterjs.de](http://enterjs.de)

**Call for  
Proposals**  
Jetzt  
einreichen!



# Web-Performance Day

Tipps, Tricks und Tools für schnellere Webanwendungen

**1. Dezember 2022**  
**Online**

[enterjs.de/web-performance.php](http://enterjs.de/web-performance.php)

**Jetzt  
Tickets  
sichern!**

Plus 2-Tages-Highspeed-Workshops: JavaScript (6./7.12.) und Angular (12./13.12.)


Veranstalter



@ heise **Developer**


 **dpunkt.verlag**

ORACLE Feuerwehr [www.oraservices.de](http://www.oraservices.de) Alternativer Breitbandatlas - Breitbandatlas.eu 

softaktiv.datensysteme Datenbankapplikationen, Website Boosting, Online-Pressemitteilungen, Unterstützung bei Ihren V-Projekten. Einfach anrufen, Faxen oder eine E-Mail schicken. Telefon: 0511/3884511, Mobil: 0170/3210024, Telefax: 0511/3884512, E-Mail: [service@softaktiv.de](mailto:service@softaktiv.de), Internet: [www.softaktiv.de](http://www.softaktiv.de) 

EDELSTAHL LED SCHILDER: [www.3D-buchstabe.com](http://www.3D-buchstabe.com)  
HAUSNUMMERN nobel 230V~: [www.3D-hausnummer.de](http://www.3D-hausnummer.de) 

nginx-Webhosting: [timmehosting.de](http://timmehosting.de) 

Erfahrene Diplom-Fachübersetzerin übersetzt EDV-Texte aller Art (Software und Hardware) insbesondere Texte aus den Bereichen Telekommunikation und Netzwerke. Englisch-Deutsch. Tel. + Fax: 05130/37085 

wp-up.de WordPress Security & Wartungsservice [www.patchkabel.de](http://www.patchkabel.de) - LWL und Netzwerk Kabel xxs-kurze Daten- & Netzkabel: [kurze-kabel.de](http://kurze-kabel.de) 

## Anzeigenschluss für die nächsten erreichbaren Ausgaben:

01/2023: 29.11.2022

02/2023: 08.12.2022

03/2023: 16.12.2022

Bitte um Ihre **freiwillige Teilnahme an Erdgas Sparaktion** Bitte bevorzugen Sie täglich die solarstromreiche Zeit von 10:00 bis 15:00 für Ihren Stromverbrauch und meiden Sie die Kaffeespitze um 9:00 sowie die Zeit von 18:00 bis 23:00 um CO<sub>2</sub>, Atom-Endlagerkosten und Erdgas zu sparen. Harald Coners Uplengen.

## 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

€ 10,-	(20,-)	
€ 18,-	(36,-)	
€ 26,-	(52,-)	
€ 34,-	(68,-)	
€ 42,-	(84,-)	
€ 50,-	(100,-)	
€ 58,-	(116,-)	
€ 66,-	(132,-)	

Pro Zeile bitte jeweils 45 Buchstaben einschließlich Satzzeichen und Wortzwischenräumen. Wörter, die **fettgedruckt** (nur in der ersten Zeile möglich) erscheinen sollen, unterstreichen Sie bitte. Den genauen Preis können Sie so selbst ablesen. \* Der Preis für gewerbliche Kleinanzeigen ist in Klammern angegeben. Soll die Anzeige unter einer Chiffre-Nummer erscheinen, so erhöht sich der Endpreis um € 5,- Chiffre-Gebühr.

Ausfüllen und einsenden an:  Heise Medien GmbH & Co. KG  
c't-Magazin, Anzeigenabteilung  
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover

Faxnummer: 05 11 / 53 52-200

➔ Weiterlesen, wo andere aufhören.



heise +

ct

iX

Mac&i

Make:

MIT  
Technology  
Review  
Das Magazin für Innovation von Heise

ct **Fotografie**

c't-Abonnenten  
lesen bis zu  
**75%**  
günstiger

## Das digitale Abo für IT und Technik.

**Exklusives Angebot für c't-Abonnenten:**  
Sonderrabatt für Magazinabonnenten

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

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

**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



### Hochschule Rhein-Waal – Arbeiten in einem internationalen Umfeld

Seit über 10 Jahren stehen wir an der Hochschule Rhein-Waal am Niederrhein für eine innovative, interdisziplinäre und internationale Ausbildung junger Menschen aus der ganzen Welt. Wir bieten insgesamt 36 Bachelor- und Masterstudiengänge an den vier interdisziplinären Fakultäten – Technologie und Bionik, Life Sciences, Gesellschaft und Ökonomie sowie Kommunikation und Umwelt. Alle Studiengänge sind wissenschaftlich anwendungsorientiert und international ausgerichtet und zeichnen sich durch eine hohe Qualität sowie Praxisnähe in Lehre und Forschung aus. 75 Prozent der Studiengänge werden in englischer Sprache gelehrt. Über 7.300 Studierende aus 122 Nationen lernen gemeinsam in einem internationalen und interkulturellen Umfeld. Mehr als 90 Partnerhochschulen in 38 Ländern stehen für die internationale Kooperationsstärke der Hochschule Rhein-Waal. So ist die Hochschule in der EUREGION verwurzelt und mit der Welt vernetzt.

Das Team Hochschulkommunikation und Marketing ist als Teil der Stabsstelle des Präsidiums zentral verankert. Es ist verantwortlich für externe und interne Kommunikation, Pressearbeit, Marketing und Corporate Design sowie zentrale Veranstaltungen der Hochschule. Zudem steht das Team im Austausch mit den Mitgliedern der Fakultäten und Einrichtungen der Hochschule, um diese bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Öffentlichkeitsarbeit und zum dezentralen Marketing zu beraten.

Wir suchen im Team Hochschulkommunikation und -marketing am Campus Kleve oder Campus Kamp-Lintfort zum nächstmöglichen Zeitpunkt Unterstützung und besetzen die Stelle als

## Projektmanager\*in Web-Relaunch (m/w/d)

Kennziffer 05/P/22 | je nach persönlicher Voraussetzung bis zu EG 13 TV-L | befristet für vier Jahre gem. § 14 Abs.1 S.2 Nr.1 (TzBfG) | Vollzeit

Weitere Informationen zu der ausgeschriebenen Stelle finden Sie auf unserer Webseite:

[www.hochschule-rhein-waal.de/de/jobs](http://www.hochschule-rhein-waal.de/de/jobs)

# IT-Helden gesucht!

## Karriere-Kick an der Schnittstelle zwischen Finanzwelt und Informati- onstechnologie gefällig?

Mit Computop entscheidest Du Dich für den marktführenden Payment Service Provider im deutschen E-Commerce. Ob remote oder an einem unserer acht weltweiten Standorte, bei uns erwarten Dich jede Menge Freiraum und top Entwicklungschancen.



Admins, Analysten,  
Consultants, Entwickler und  
Produktmanager gesucht!  
[computop.com/techjobs](http://computop.com/techjobs)

# Inserenten\*

1&1 Telecom GmbH, Montabaur .....	196
1blu AG, Berlin .....	53
AVM Computersysteme Vertriebs GmbH, Berlin .....	29
bluechip Computer AG, Meuselwitz .....	25
Cordaware GmbH, Pfaffenhofen .....	85
CRONON GmbH, Berlin .....	75
Deutsche Bahn AG, Berlin .....	11
dpunkt.verlag GmbH, Heidelberg .....	87
Eizo Europe GmbH, Mönchengladbach .....	35
ELO Digital Office GmbH, Stuttgart .....	37
EXTRA Computer GmbH, Giengen-Sachsenhausen .....	9
Fernschule Weber, Großenkneten .....	187
G.B.T. Technology Trading GmbH, Hamburg .....	61
Kentix GmbH, Idar-Oberstein .....	51
MBition GmbH, Berlin .....	49
Nubert electronic GmbH, Schwäbisch Gmünd .....	41
Platinion GmbH, Köln .....	195
Schwarz IT KG, Neckarsulm .....	2
Techconsult GmbH, Kassel .....	91
Thomas Krenn AG, Freyung .....	77
TP-LINK Deutschland GmbH, Düsseldorf .....	39

WIBU-SYSTEMS AG, Karlsruhe .....	43
WORTMANN AG, Hüllhorst .....	4, 5

## Stellenanzeigen

Computop Paygate GmbH, Bamberg .....	191
Hochschule Rhein-Waal, Kleve .....	191

## Veranstaltungen

secIT by Heise Digital	Heise Medien	12
c't Workshops	c't, heise Events	99
betterCode	iX, heise Developer, dpunkt.verlag	105
Active Directory sichern	heise Security	111
Inside agile	heise Developer, dpunkt.verlag	165
Opitz: Moderne Integration	heise Academy, Opitz Consulting	177
enter JS	iX, heise Developer, dpunkt.verlag	188

Ein Teil dieser Ausgabe enthält Beilagen von  
Rheinwerk Verlag GmbH, Bonn.

\* Die hier abgedruckten Seitenzahlen sind nicht verbindlich.  
Redaktionelle Gründe können Änderungen erforderlich machen.



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

## Ihr Erste-Hilfe-Set:

### Das Notfall-System für den Ernstfall

Mit der neuen Version **c't Desinfec't 2022/23** sind Sie für den Ernstfall bestens gerüstet:

- ▶ Windows-PCs untersuchen und säubern sowie Trojaner und Viren beseitigen
- ▶ Daten retten und sofort wiederherstellen
- ▶ Für Profis: Open Threat Scanner (Yara), Thor Lite Scanner
- ▶ Viren-Scanner von ClamAV, Eset und WithSecure

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

[shop.heise.de/desinfec22](https://shop.heise.de/desinfec22)

**Auch als  
Heft + PDF mit  
29 % Rabatt**

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**



# 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](http://www.ct.de), E-Mail: [ct@ct.de](mailto:ct@ct.de)

**Titelthemenkoordination in dieser Ausgabe:** „Der c't-Smartphone-Guide 2023“:  
Jörg Wirtgen ([jow@ct.de](mailto:jow@ct.de)), „Kunst und Fotos mit KI generieren“: Jo Bager ([jo@ct.de](mailto:jo@ct.de))

**Chefredakteur:** Dr. Jürgen Rink ([jr@ct.de](mailto:jr@ct.de)) (verantwortlich für den Textteil)

**Stellv. Chefredakteur:** Axel Kossel ([ad@ct.de](mailto:ad@ct.de))

**Chef vom Dienst:** Georg Schnurer ([gs@ct.de](mailto:gs@ct.de))

**Leser & Qualität**

**Leitung:** Achim Barczok ([acb@ct.de](mailto:acb@ct.de))

**Textredaktion & Qualitätssicherung:** Oliver Lau ([ola@ct.de](mailto:ola@ct.de))

**Koordination Leserkommunikation:** Martin Triadan ([mat@ct.de](mailto:mat@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 Leonie Friedrich ([gref@ct.de](mailto:gref@ct.de)), Tim Gerber ([tig@ct.de](mailto:tig@ct.de)), Arne Grävmeyer ([agr@ct.de](mailto:agr@ct.de)), Immo Junghärtchen ([imj@ct.de](mailto:imj@ct.de)), Markus Montz ([mon@ct.de](mailto:mon@ct.de)), Peter Schmitz ([psz@ct.de](mailto:psz@ct.de)), Sylvester Tremmel ([syt@ct.de](mailto:syt@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)), Jan Mahn ([jam@ct.de](mailto:jam@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 ([imd@ct.de](mailto:imd@ct.de)), Ronald Eikenberg ([rei@ct.de](mailto:rei@ct.de)), Pina Merkert ([pmk@ct.de](mailto:pmk@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 ([ktm@ct.de](mailto:ktm@ct.de)), Axel Vahldiek ([avx@ct.de](mailto:avx@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)), Jan-Keno Janssen ([jkj@ct.de](mailto:jkj@ct.de))

**Redaktion:** 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 Jurrán ([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 ([spo@ct.de](mailto:spo@ct.de)), Christian Wölbert ([cwo@ct.de](mailto:cwo@ct.de))

**c't online:** Ulrike Kuhlmann ([uk@ct.de](mailto:uk@ct.de))

**Social Media:** Jil Martha Baas ([jmb@ct.de](mailto:jmb@ct.de))

**Koordination News-Teil:** Hartmut Gieselmann ([hag@ct.de](mailto:hag@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)), Christopher Tränkmann ([cht@ct.de](mailto:cht@ct.de))

**Software-Entwicklung:** Kai Wasserbach ([kaw@ct.de](mailto:kaw@ct.de))

**Technische Assistenz:** Ralf Schneider (Lt., [rs@ct.de](mailto:rs@ct.de)), Denis Fröhlich ([dfr@ct.de](mailto:dfr@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)), Wolfram Tege ([te@ct.de](mailto:te@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:** Leo Becker ([lbe@ct.de](mailto:lbe@ct.de)), Detlef Borchers, Herbert Braun ([heb@ct.de](mailto:heb@ct.de)), Tobias Engler, Monika Erment, Stefan Krempl, Ben Schwan ([bsc@ct.de](mailto:bsc@ct.de)), Christiane Schulzki-Haddouti

**DTP-Produktion:** Mike Bunjes, Birgit Graff, Angela Hilberg, Jessica Nachtigall, Astrid Seifert, Dieter Wahner, Ulrike Weis

**Junior Art Director:** Martina Bruns

**Fotografie:** Andreas Wodrich, Melissa Ramson

**Videoproduktion:** Johannes Börnsen

**Digitale Produktion:** Melanie Becker, Kevin Harte, Martin Kreft, Thomas Kaltschmidt, Pascal Wissner

**Illustrationen**

Jan Bintakies, Hannover, Rudolf A. Blaha, Frankfurt am Main, Thorsten Hübner, Berlin, Albert Hulm, Berlin, Sven Hauth, Schül, Thomas Kühlenbeck, Münster, Timo Lenzen, Berlin, Andreas Martini, Wettin, Moritz Reichartz, Viersen, Michael Vogt, Berlin

**Editorial:** Hans-Jürgen „Mash“ Marhenke, Hannover, Schlagseite: Ritsch & Renn, Wien, c't-Logo: Gerold Kalter, Rheine

**c't-Krypto-Kampagne:** Infos zur Krypto-Kampagne unter <https://ct.de/pgp>. Die Authentizität unserer Zertifizierungsschlüssel lässt sich mit den nachstehenden Fingerprints überprüfen:

Key-ID: 5C1C1DC58EEDD33A  
ct magazine CERTIFICATE <[pgpCA@heise.de](mailto:pgpCA@heise.de)>  
D337 FCC6 7EB9 09EA D1FC 8065 5C1C 1DC5 8EED 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: [ayznmonmewb2tjvgf7ym4t2726muprjvwckzx2vhf2hbarbbzydm7oad.onion](http://ayznmonmewb2tjvgf7ym4t2726muprjvwckzx2vhf2hbarbbzydm7oad.onion)

## Verlag

Heise Medien GmbH & Co. KG  
Postfach 61 04 07, 30604 Hannover  
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover  
Telefon: 05 11/53 52-0  
Telefax: 05 11/53 52-129  
Internet: [www.heise.de](http://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. 39 vom 1. Januar 2022.

**Anzeigen-Auslandsvertretung (Asien):** Media Gate Group Co., Ltd., 7F., No. 182, Section 4, Chengde Road, Shilin District, 11167 Taipei City, Taiwan, [www.mediagate.com.tw](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:** Firmengruppe APPL, appl druck, Senefelderstr. 3-11, 86650 Wemding

**Kundenkonto in der Schweiz:** PostFinance, Bern, Kto.-Nr. 60-486910-4, BIC: POFICHBEXXX, IBAN: CH73 0900 0000 6048 6910 4

**Vertrieb Einzelverkauf:**

DMV Der Medienvertrieb GmbH & Co. KG

Meßberg 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 5,90 €; Österreich 6,50 €; Schweiz 9,90 CHF; Belgien, Luxemburg 6,90 €;

Niederlande 7,20 €; Italien, Spanien 7,40 €, Dänemark 64,00 DKK

**Abonnement-Preise:** Das Jahresabonnement kostet inkl. Versandkosten: Inland 144,20 €, Österreich 155,40 €, Europa 165,20 €, restl. Ausland 191,80 € (Schweiz 236.60 CHF); ermäßigtes Abonnement für Schüler, Studenten, Auszubildende (nur gegen Vorlage einer entsprechenden Bescheinigung): Inland 105,00 €, Österreich 99,40 €, Europa 124,60 €, restl. Ausland 152,60 € (Schweiz 145.60 CHF). c't-Plus-Abonnements (inkl. Zugriff auf das c't-Artikel-Archiv sowie die App für Android und iOS) kosten pro Jahr 25,00 € (Schweiz 30.80 CHF) Aufpreis. 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 108,15 €, Österreich 116,55 €, Europa 123,90 €, restl. Ausland 143,85 € (Schweiz 177.45 CHF). Luftpost auf Anfrage.

**Leserservice:**

Bestellungen, Adressänderungen, Lieferprobleme usw.

Heise Medien GmbH & Co. KG

Leserservice

Postfach 24 69

49014 Osnabrück

E-Mail: [leserservice@ct.de](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 2022 by Heise Medien GmbH & Co. KG

ISSN 0724-8679 AWA ACTA 



# Vorschau **ct** 26/2022

Ab 3. Dezember im Handel und auf [ct.de](https://ct.de)



## Der optimale PC

Mit den aktuellen c't-Bauvorschlägen stellen Sie sich Ihren nächsten PC zusammen: Sie haben die Wahl zwischen einem sparsamen Desktop-PC und einem leistungsstarken Rechner mit Ryzen 7000. Außerdem geben wir Tipps für die Auswahl aktueller Hardwarekomponenten.



## Einhand-Tastaturen im Test

Zusatztastaturen für die Einhandbedienung erweitern Notebooks um stabile mechanische Tasten inklusive WASD zum Spielen oder einen Ziffernblock für die bequeme Arbeit mit Tabellen. Wir haben getestet, ob die Zusatztastaturen mit und ohne Kabel wirklich nützlich sind.

## Schutz vor Datenhändlern

Ihre Daten sind eine wertvolle Handelsware, mit der Datenbroker Milliarden verdienen. Schutzdienste wie Incogni bieten an, diese Daten bei den Brokern löschen zu lassen – gegen Gebühr, versteht sich. Wir durchleuchten die Methoden dieser Dienste und prüfen, ob sie die Privatsphäre ihrer Kunden tatsächlich verbessern.

## Smart Meter

Mit Smart Metern überwachen Haushalte ihren Stromverbrauch und laden zum Beispiel das E-Auto genau dann, wenn die Energie billig zu haben ist. Wir erklären, warum in Deutschland trotzdem nur wenige vernetzte Zähler installiert sind und wie man an einen rankommt.

## Kostenlose Online-Office-Pakete im Vergleich

Die Weboffice-Pakete von Google, Microsoft und Apple sind gratis und einfach mit dem Browser nutzbar. Sie haben alle Grundfunktionen, um Texte, Tabellen und Präsentationen zu erstellen und unterstützen Teamarbeit. Allerdings darf man nicht empfindlich in Sachen Datenschutz sein.

Noch mehr  
Heise-Know-how



c't Admin 2022 ab 22.  
November im Handel und  
auf [heise-shop.de](https://heise-shop.de)



MIT Technology Review  
8/2022 jetzt im Handel und  
auf [heise-shop.de](https://heise-shop.de)



Make: Sonderheft Elektro-  
technik jetzt im Handel und  
auf [heise-shop.de](https://heise-shop.de)





BCG  
PLATINION

# TAKE CTRL OF YOUR CAREER

**Setze neue Maßstäbe für die digitale Zukunft.**

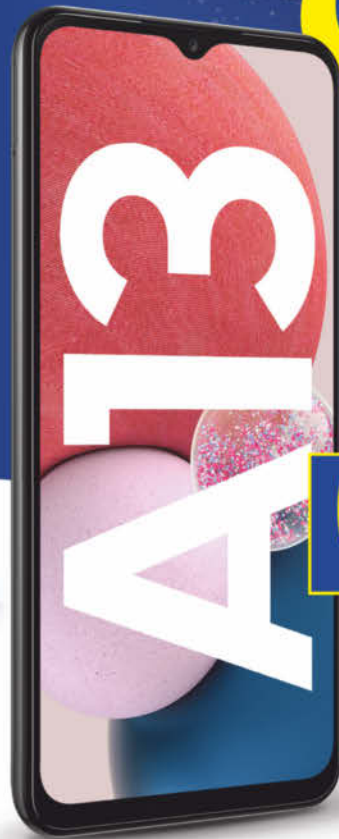
Bei BCG Platinion liegt die Zukunftsfähigkeit globaler Unternehmen in deinen Händen. Als führende IT-Beratung und Teil der Boston Consulting Group arbeiten wir mit unseren Kunden auf höchster Ebene an den geschäftskritischen Herausforderungen der Digitalisierung. Profitiere von den Chancen unseres weltweiten Netzwerks und präge mit uns die Welt von morgen.

Alle Infos auf [bcgplatinion.com](http://bcgplatinion.com)



# AKTION 6 Freimonate\*

## Bei Smartphones, Tablets und DSL.



0,- €  
einmalig

6 FREI-MONATE

### 1&1 ALL-NET-FLAT

- ✓ FLAT Telefonie
- ✓ FLAT Internet
- ✓ FLAT EU-Ausland

0,- € /Monat\*  
für 6 Monate,

danach nur 9,99 €/Monat  
inkl. Samsung Galaxy A13



### Ob Smartphones, Tablets oder DSL-Anschlüsse – jetzt gibt's bei 1&1 sechs Freimonate für endloses Telefonieren und Highspeed surfen.\*

Sichern Sie sich z. B. das Samsung Galaxy A13 für einmalig 0,- € mit der 1&1 All-Net-Flat. Und auch nach den 6 Freimonaten bleiben Sie im Sparmodus und telefonieren und surfen **dauerhaft für supereünstige 9,99 €/Monat!\*** Nutzen Sie dieses sensationelle Angebot als perfekte Geschenk-Idee für Familie, Freunde oder für Sie selbst! Außerdem gibt es bei 1&1 **attraktive Tauschprämien für alte Smartphones** – mindestens 200,- € selbst für defekte Geräte.\*



\*6 Freimonate für ausgewählte Produkte mit 24-monatiger Laufzeit, z.B. Samsung Galaxy A13 für 0,- € einmalig mit der 1&1 All-Net-Flat XS (1GB Highspeed-Volumen/Monat, danach jew. max. 64 kBit/s) für 0,- €/Monat die ersten 6 Monate, danach 9,99 €/Monat. Einmaliger Bereitstellungspreis 39,90 €. Telefonate in dt. Fest- und Handynetze inklusive sowie Verbindungen innerhalb des EU-Auslands und aus EU nach Deutschland plus Island, Liechtenstein und Norwegen. 24 Monate Vertragslaufzeit. Sonderkündigung im ersten Monat. 24h-Austausch-Service bei gleichzeitiger Vertragsverlängerung (24 Monate) sowie Rückgabe des defekten Geräts. Höhe der Tauschprämie abhängig vom eingesendeten Gerät. Ausgeschlossen sind durchgebrochene Geräte, Geräte mit abgebrochenen Bauteilen oder ausgedehntem Akku. Es gelten die jew. Servicebedingungen, Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Preise inkl. MwSt. 1&1 Telecom GmbH, Elgendorfer Str. 57, 56403 Montabaur. WEEE-Reg.-Nr. DE13470330



1und1.de  
0721/960 1000