



# Der c't-Notebook-Guide

Worauf es beim Notebook-Kauf 2024 ankommt:  
gute Displays, lange Laufzeiten, KI-Coprozessoren

## TEST

- Dokumentenscanner-Apps
- USB-C-Docks mit SSD-Steckplatz
- Große CPU-Kühler bis 280 Watt
- Smart Home: Amazon Echo Hub
- Neue MagentaTV-Box und -Tarife
- Datenschutz-Firewall Portmaster

## Autonomes Fahren

Was schon fährt und was noch steht

## FOKUS

- CrossOver: Windows-Software unter Linux
- Steam Deck: Anleitung zum SSD-Tausch
- AI Act: Risiko Gesichtserkennung
- Menschenmassen korrekt zählen
- LAION: offene KI für alle



# Apple Vision Pro: Computer der Zukunft

Drei Wochen Alltag, Arbeit, Apps • Vergleich mit Meta Quest 3



€ 5,90

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



1blu

10  
.de-Domains  
inklusive!

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

**10 .de-Domains inklusive**

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

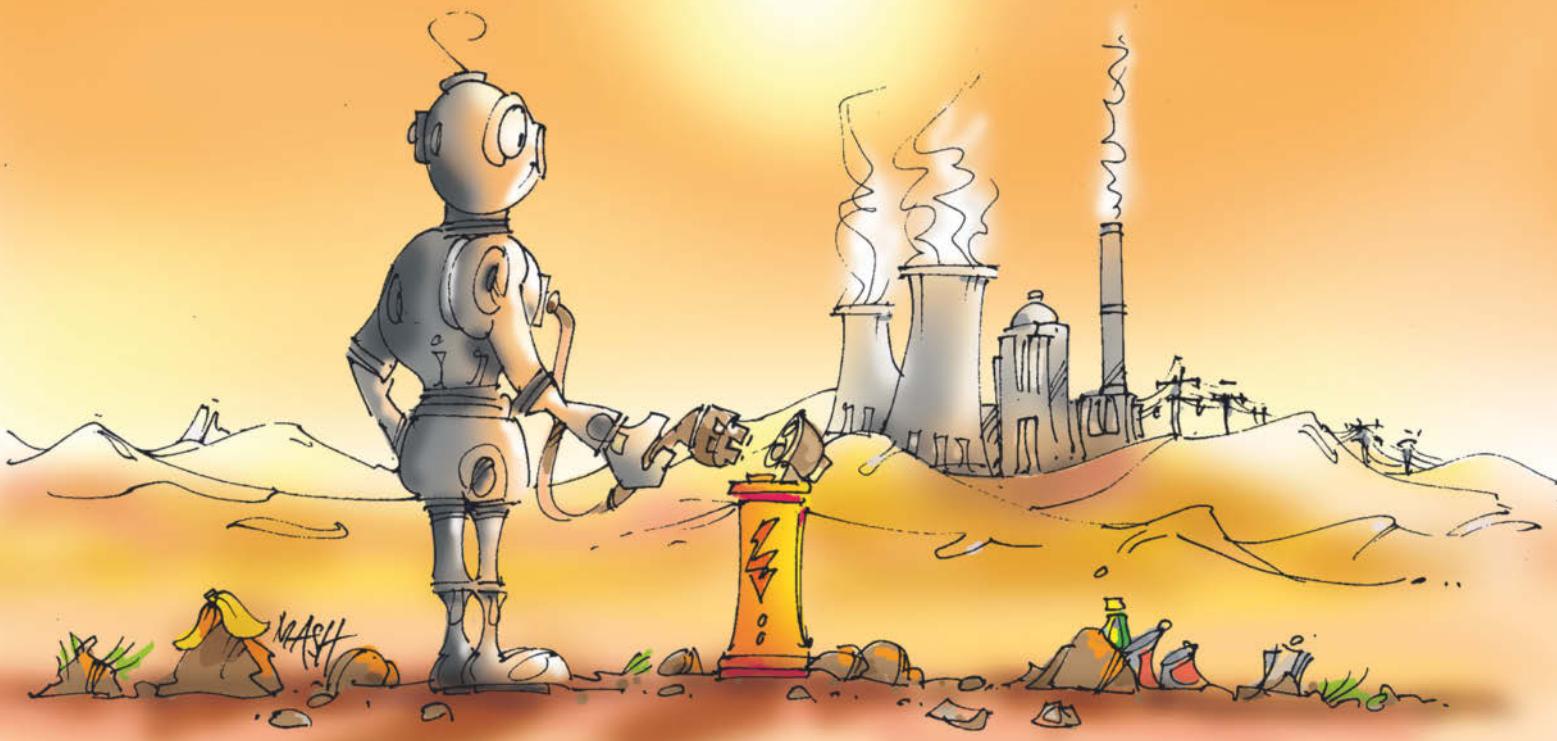
2,29  
€/Monat\*



Letzte Chance: Angebot  
bis 31.03.2024!  
Preis gilt dauerhaft.

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

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



## 1,5 Grad wärmer: KI hilft nicht

2023 war das Jahr, in dem der Hype um generative KI seinen (vorläufigen) Höhepunkt hatte. ChatGPT, DALL-E, Midjourney und Tausende andere KI-Produkte überschwemmten den Markt. KI-generierte Software, Texte und Bilder fluteten das Netz. Schaut man genau hin, fallen beim Output aller Chatbots und Bildgeneratoren Ungereimtheiten auf. Alles ist fast realistisch, fast richtig, fast gut.

2023 war außerdem das Jahr, in dem erstmals das 2015 im Pariser Klimaabkommen formulierte 1,5-Grad Ziel über die Dauer eines Jahres verfehlt wurde. Im 20-Jahresmittel darf es maximal 1,5 Grad wärmer werden als vor der Zeit, zu der die Menschen begannen, das Klima durch die Verbrennung fossiler Energieträger aufzuheizen, wenn wir nicht wollen, dass die globalen Wetter- und Klimabedingungen noch unbequemer werden.

Laut einer McKinsey-Studie haben viele Unternehmen generative KI mittlerweile in ihre Prozesse integriert, konnten daraus aber bisher nur wenig Wert schöpfen. Firmen, die versucht haben, menschliche Arbeit komplett durch KI zu ersetzen, hatten davon womöglich mehr Schaden als Nutzen – man denke an Redaktionen, die sich mit KI-verfassten Berichten blamiert haben, oder die Airline mit dem Chatbot.

Das heißt nicht, dass es für KI keine sinnvollen Anwendungen gäbe. Aber ob massenhaft fehlerhafte

Texte, glitchy Videos oder "Fotos" von Menschen mit zu vielen Fingern oder Zähnen dazugehören, kann man infrage stellen. Auch, ob sie es wert sind, dass in den USA alte Kohlekraftwerke am Netz bleiben, um die benötigte Rechenleistung bereitzustellen. Einer Schätzung zufolge könnte der Energiehunger von KI bald dem eines ganzen Landes entsprechen.

Ob es sinnvoll ist, so viel graue Energie, Geld und Ressourcen in etwas zu stecken, das in vielen Fällen weder verlässlich ist, noch eine substanziale Bereicherung darstellt? Vielleicht wäre es gut, den Hype um derartige Spielereien nicht weiter zu befeuern. Wenigstens, solange dafür fossile Brennstoffe verbrannt werden müssen. Der Klimawandel ist real. Was passiert, wenn er weiter nicht ernst genommen wird, darauf hat 2023 einen Vorgeschmack geliefert. Dafür, dass ein KI-Chatbot ihn für uns lösen wird, gibt es bisher keine Belege.



Kathrin Stoll

Kathrin Stoll

# DEFINIERT DIE KOMFORTZONE NEU.

Ein Mercedes-Benz war schon immer ein Ort, an dem es vor allem um eines geht: Sie. Intelligente Features wie ENERGIZING COMFORT mit fünf individuellen Programmen bringen Sie jederzeit in die richtige Stimmung. Egal, wo Sie sind.

Defining Class since 1886.

[mercedes-benz.de/defining\\_class](http://mercedes-benz.de/defining_class)





Die dargestellten Dienste sowie deren Verfügbarkeit und Funktionalitäten sind insbesondere von der Uhrzeit, dem Fahrzeugmodell, dem Baujahr, der gewählten Sonderausstattung und dem Land abhängig. Für die Nutzung der Mercedes me connect Dienste müssen Sie eine Mercedes me ID für sich anlegen und den Nutzungsbedingungen für die Mercedes me connect Dienste zustimmen.

## Titelthemen

### Der c't-Notebook-Guide

**18** Ihr Leitfaden für den Notebookkauf

### Apple Vision Pro: Computer der Zukunft

**50** VR, AR, MR Arbeit und Unterhaltung 2030

**52** Test Apple Vision Pro

**60** Vergleich Vision Pro und Meta Quest 3

### Autonomes Fahren

**102** Selbstfahrende Autos kommen langsam voran

**108** Mobileye-Vorstand „Risikofaktor Mensch“

**74** In-Ear-Kopfhörer Creative Aurvana Ace & Ace 2

**75** Bluetooth-Kopfhörer Poly Voyager Surround 80

**75** Tür- und Fenstersensor AVM Fritz-DECT 350

**76** Datenschutz-Firewall Portmaster

**77** TLS-Verbindungen analysieren mit HTTP Toolkit

**78** VPN-Router GL.iNet Brume 2

**80** Wärmebildkameras ab 180 Euro

**86** Fitness-Gadget Unitree Pump Pro

**88** Top-Smartphone Samsung Galaxy S24

**92** USB-C-Docks mit SSD-Steckplatz

**96** Dokumentenscanner-Apps

**166** Bücher Sauberer Code, IT erklärt

## Aktuell

**16** Microsoft baut Rechenzentren in Deutschland

**30** Videostreaming MagentaTV 2.0

**31** Netze Fritzbox mit PoE, Wi-Fi-7-Basen

**32** Social Media EU gegen TikTok, Bluesky dezentral

**33** Chatkontrolle Schlappe für EU-Kommission

**34** Handel und Geld Verfahren gegen Schufa

**35** KI Kommentar: Datenschutz bei ChatGPT

**36** Windows sudo kann Rechte erweitern

**37** Spiele Hype um Survival-Games hält an

**38** Apple vs. DMA Ende für Progressive Web Apps

**39** Open Source Traefik v3, Unraid im Abo

**40** Hardware BIOS-Update für AMD-CPUs, SSD

**41** Halbleitertechnik 1,4-Nanometer-Prozess

**42** Bit-Rauschen OpenAI giert nach Billionen

**44** Forschung Strom aus Ultraschall, KI im All

**45** Akkus mit Calcium statt Lithium

**46** Web-Tipps Filmklassiker, Puzzles, Sortieren

## Wissen

**112** Zahlen, Daten, Fakten Massenspeicher

**114** Nachhaltigkeit Recht auf Reparatur

**116** AI Act: Risiko Gesichtserkennung

## 18 Der c't-Notebook-Guide



Sie brauchen ein neues Notebook, finden sich aber im riesigen Angebot nicht zurecht? Unsere Kaufberatung liefert alle Fakten und unser Leitfaden hilft Ihnen, das optimale Gerät für Ihren Bedarf zu finden.

## Test & Beratung

**64** Große CPU-Kühler bis 280 Watt

**66** Neue MagentaTV-Box und -Tarife

**68** USB-Festplattengehäuse QNAP TR-004

**68** USB-Kabel-Tester Platine von Treedix

**69** Grafikkarte Palit GeForce RTX 3050 KalmX 6GB

**70** Smart Home: Amazon Echo Hub

**72** Mini-Funkmikrofon DJI Mic 2

- 120 Menschenmassen korrekt zählen**  
**124 Digital Markets Act** Europäische Sonderlocken  
**130 LAION: Offene KI für alle**  
**156 Account-Sperrungen** Wie Sie sich wehren

## Praxis

- 134 PS5-Spiele streamen** mit Remote Play  
**138 Festnetznummer retten** beim Umzug auf VoIP  
**140 Steam Deck: Anleitung zum SSD-Tausch**  
**142 CrossOver: Windows-Software unter Linux**  
**146 Linux** Parallelinstallationen mit Distrobox  
**152 Zahlensysteme** in der Informatik

## Immer in c't

- 3 Standpunkt** 1,5 Grad wärmer: KI hilft nicht  
**10 Leserforum**  
**15 Schlagseite**  
**48 Vorsicht, Kunde** Rebuy patzt bei Widerrufsrecht  
**160 Tipps & Tricks**  
**162 FAQ** c't-Notfall-Windows 2024  
**168 Story** Anti-Turing-Test  
**176 Inserentenverzeichnis**  
**177 Impressum**  
**178 Vorschau** c't 7/2024

## 50 Apple Vision Pro: Computer der Zukunft



Apples Vision Pro macht Lust darauf, riesige virtuelle Monitore vor sich schweben zu haben und in 3D-Welten einzutauchen. Im Alltagstest wird aber deutlich, welche Kompromisse die VR-Technik einem noch abverlangt.

Frisch aus  
**c't** Nerdistan

- 86 Kabelzugmaschine mit App** Unitree Pump  
**134 PS5-Streaming** PS Portal vs. Steam Deck

**c't** Hardcore

- 146 Distrobox** Linux in Containern betreiben

# Für Wissenshungrige...

## Ausgewählte Fachliteratur



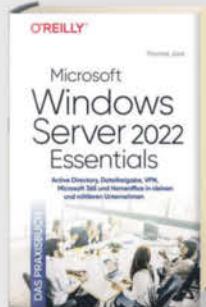
Mareile Heiting

### Windows 11 – Das große Handbuch (5. Auflage)

Das große Standardwerk zu Windows 11! In diesem umfassenden Handbuch erfahren Einsteiger und bereits versierte Nutzer alles, um das Betriebssystem in seiner neuesten Version sicher und effektiv zu handhaben.

19,90 €

NEU



Thomas Joos

### Microsoft Windows Server 2022 Essentials – Das Praxisbuch

Dieses Buch hilft kleinen und mittleren Unternehmen, das Beste aus Windows Server 2022 Essentials herauszuholen, auch bei kleinerem Budget. Mit vielen Praxisbeispielen und detaillierten Anleitungen.

Auch als PDF und ePUB erhältlich!

49,90 €



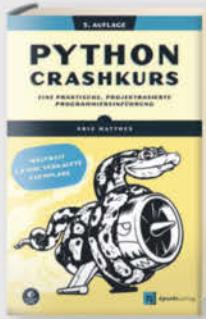
Charles Petzold

### Code – Wie Computer funktionieren

Charles Petzold lüftet das Geheimnis über das verborgene Innernleben und die grundlegende Funktionsweise von Computern – von der Hardware bis zur Software.

Auch als PDF und ePUB erhältlich!

39,99 €



Eric Matthes

### Python Crashkurs (3. Auflage)

DER weltweite Bestseller unter den Einführungen in die Programmiersprache Python. Mit dieser kompakten und gründlichen Anleitung werden Sie in kürzester Zeit Programme schreiben, Probleme lösen und funktionierende Anwendungen entwickeln.

Auch als PDF und ePUB erhältlich!

32,90 €



Christian Immler

### Haus und Wohnung smart vernetzt

Ob Sie Daten, Musik und Medien im ganzen Haus nutzen, Ihr WLAN optimieren oder per App aus der Ferne Ihre Heizung anstellen, diese und weitere relevante Themen rund um Ihr vernetztes Zuhause werden in diesem Buch ausführlich besprochen.

19,95 €

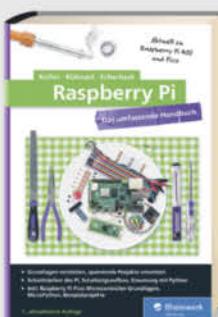


Thomas Kaffka

### 3D-Druck – Praxisbuch für Einsteiger (3. Auflage)

Entdecken Sie die nahezu unbegrenzten Möglichkeiten des 3D-Drucks in allen Varianten: vom Einsatz des eigenen 3D-Druckers zu Hause über die Verwendung von öffentlich zugänglichen Druckern bis hin zur Nutzung von 3D-Druckservices.

29,99 €



Michael Kofler, Charly Kühnast,

Christoph Scherbeck

### Raspberry Pi (7. Auflage)

Das Standardwerk in 7. Auflage, aktuell zum Raspberry Pi Pico. Die RasPi-Experten Michael Kofler, Charly Kühnast und Christoph Scherbeck bieten Ihnen auf über 1.000 Seiten das komplette Wissen, damit Sie mit dem Raspberry Pi richtig durchstarten.

44,90 €



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/highlights2024](https://shop.heise.de/highlights2024)

PORTOFREI AB 20 € BESTELLWERT INNERHALB DEUTSCHLANDS

# ...und Nerds



[shop.heise.de/highlights2024](https://shop.heise.de/highlights2024)

## Zubehör und Gadgets



### Oxocard Galaxy Play & Explore

Mit dem leistungsfähigen Dual-Core Chip ESP32 liefert die Oxocard genügend Power für Ihre Experimente. Dank fertiger Programme können Sie ohne Programmiererfahrung sofort loslegen. Wir zeigen wie durch einfache Anpassungen verblüffende Effekte erzeugt werden können.

~~69,90 €~~

**39,90 €**



### Oxocard Connect Innovators Kit

Steigen Sie in die faszinierende Welt der Elektrotechnik ein. Das umfangreiche Komplettset enthält neben einer Oxocard Connect und einer Breadboard-Cartridge, 96 Elektronikbauteile, mit denen Sie eine Vielzahl elektronischer Schaltungen aufbauen können.

**89,90 €**



### Makey-Flasche mit Trinkhalm

Diese praktische Trinkflasche mit unserem süßen Makey ist ab jetzt dein stetiger Helfer gegen den Durst. Sie besteht aus hochwertigem Edelstahl und hat einen praktischen Trinkhalm im Deckel integriert.

**29,90 €**



### musegear finder recharge

Der finder ist das perfekte Geschenk. Ob Schlüssel, Geldbörse, Fernbedienung, Handy oder Tablet – der finder lässt sich dank mitgeliefertem Klebepad und Befestigungsband überall anbringen und findet per App alles wieder!

**34,90 €**



### Joy-IT Werkzeugset

115-teiliges Werkzeugset für die Reparatur von feinelektronischen Geräten, wie Smartphones und Spielekonsolen. Darin enthalten sind, neben insgesamt 98 Bits aus hochwertigem S2 Werkzeugstahl, Hilfsmittel zum gefahrlosen Öffnen, Greifen und Hebeln.

**24,90 €**



### Bodic® UV-Reparatursystem

Das weltweit erste innovative UV-Reparatursystem mit Flüssigkunststoff zum Reparieren, Fixieren, Modellieren und Isolieren. Mit Bodic® kannst du Bruchstellen in Sekunden ausfüllen, unter UV-Licht aushärten und danach beliebig bearbeiten.

**18,90 €**



### Strahlenmessgerät Joy-IT JT-RAD01

Das JT-RAD01 ist ein Strahlungsmessgerät zum Nachweis von γ-, β- und Röntgenstrahlung und zeichnet sich durch seine besonders einfache Handhabung, hohe Messstabilität und seinem handlichen und robusten Design aus. Das Messgerät verfügt über ein großes LCD Farb-Display mit Hintergrundbeleuchtung.

**74,90 €**



### c't 1983 Emaille-Tasse

Kaffee trinken wie in alten Zeiten. Diese Tasse im Retro-Look und mit dem Logo aus den ersten zwei Jahren c't Magazin sorgt für Nostalgie-Momente am Frühstückstisch. Geben Sie sich mit dieser Kaffeetasse als Fan der ersten Stunde zu erkennen.

**26,90 €**

# Leserforum



Bild: Andreas Martini

**Den Wegfall des Nebenkostenprivilegs kritisieren sowohl Mieter als auch Vermieter unter unseren Lesern. Beide Seiten sehen dadurch Nachteile auf sich zukommen.**

## Zu Lasten der Mieter

*Was der Wegfall des Nebenkostenprivilegs bedeutet und wie Sie davon profitieren, c't 5/2024, S. 18*

Ich bin erstaunt, wie es gelingt, eine so kurzsichtige und meines Erachtens lobbygetriebene Regelung als „mieterfreundlich“ zu vermarkten. Kabelanschlüsse in Mehrfamilienhäusern waren bislang die günstigsten und einfachsten Varianten, an einen Fernsehanschluss zu kommen. Ich weiß, wovon ich spreche, da ich Eltern und Schwiegereltern in entsprechenden Situationen habe.

Nun verdonnert man die Vermieter, in eine feste Verkabelung pro Wohnung einzugreifen, individuelle Verträge abzuschließen und dann jedes Jahr auszurechnen, was der Sammelanschluss für die verbleibende Zahl der ihn nutzenden Mieter kostet. Diese werden in Anbetracht der dann höheren Umlagen bald feststellen, dass das Ganze nicht mehr so viel günstiger ist als DVB T2 oder ähnliches. Letztlich werden viele Vermieter dieses Angebot einfach fallen lassen beziehungsweise den großen Kabelanbietern ein individuelles

Verkabelungsmanagement überlassen, das diese dann zum dreifachen Preis pro Wohnung anbieten.

Für jüngere Menschen wird es vielleicht keinen großen Unterschied machen, da ist Netflix und YouTube ohnehin wichtiger. Aber für einen Großteil der älteren Mieter entfällt künftig die einfachste und günstigste Variante eines Fernsehan schlusses. Und wir Kinder und Schwiegerkinder haben dann noch eine Servicefunktion mehr.

halweg

## Im Mietvertrag zugesichert

In unserer Wohnanlage ist im Vertrag mit dem Kabelanbieter auch die gesamte Kabel- und Netzinfrastruktur enthalten, also bis zur Antennenendose in jeder der 43 Wohnungen. Sollte also auch nur einer der Mieter kündigen, würde der Dienstleister laut Hausverwaltung seinen Vertrag nicht aufrechterhalten (er schließt keinen Teilvertrag mit einzelnen Parteien).

Ich müsste also meinem Mieter die Nutzung der Kabeldose (und sei es auch nur fürs Radio) untersagen. Wenn der Mieter mit seinem Gerät nämlich eine Störung der Hausverkabelung verursachen würde, müsste ich dann die Kosten des Verursachers zur Fehlersuche und Beseitigung selbst tragen.

Und was passiert, wenn von diesen 43 Parteien nun vielleicht nur noch fünf darauf bestehen, den Kabelanschluss weiter benutzen zu wollen? Schließlich haben sie dieses (miet-)vertraglich ja zugesichert.

Name der Redaktion bekannt

## AdDocker

*Adblocker fürs Netz: Starthilfe und Tipps zu Pi-hole und AdGuard Home, c't 5/2024, S. 64*

Ich habe einen Homeserver (Intel N100 Prozessor), auf welchem Ubuntu Server 22.04 LTS läuft (früher mal Gentoo, beides ist eine gute Wahl). Ich habe einfach Docker installiert und das Pi-hole-Docker-Image gepulkt. Mit Portainer (Container-Management-Software, Anm. d. Red.) verwalte ich meine Container. Läuft sehr gut. Ich habe auch noch einige interne Domains im Pi-hole (zum Beispiel zur Fritzbox oder zu Portainer) hinterlegt. Unter anderem für solche Dinge nutze ich dann Caddy als Reverse Proxy (aber das ist ein anderes Thema).

Arcady

## Durchsatzschätzung

*Durchsatzmessungen für Internetstrecken, c't 5/2024, S. 142*

Ich mache wiederholt fünf verschiedene Internet-Speedtests und bekomme gefühlt 17 unterschiedliche Ergebnisse. Manche

## Fragen zu Artikeln

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

# Immutable Storage – the last defense line zum Schutz gegen Verschlüsselung Ihrer Daten



## Machen Sie Ihre Daten unveränderbar mit Enterprise-Funktionen für Unternehmen jeder Größe!

Stellen Sie sich vor, Ihre Daten wurden verschlüsselt und Ihr Backup liegt in der Cloud. Sie sind offline und ein Restore ist dadurch nahezu unmöglich.

Wir liefern Ihnen Ihre letzte Verteidigungslinie für das eigene Netzwerk. Storage, der unveränderbar ist und damit nicht verschlüsselt, gelöscht oder überschrieben werden kann.

**Fragen Sie nach Ihrem individuellen Angebot. Sie erreichen uns unter +49 7243 5929-499  
oder per E-Mail an sales@rnt.de**



Backup Schutz  
gegen Verschlüsselung  
Enterprise Klasse für  
Datenmengen ab 2TB



Unveränderlicher  
Objektspeicher  
Wir setzen für Sie neue  
Sicherheitsmaßstäbe



Optional Cloud Storage  
zum monatlichen Festpreis  
Erweitern Sie Ihre Yowie® Appliance  
durch ein Bundle mit Cloud Storage



Ihre Daten  
sind es wert  
auch für kleine Budgets

kommen nahe an das Tarif-Maximum meines Glasfaseranschlusses heran (1000 Mbit/s up, 500 Mbit/s down). Manche zeigen weniger als die Hälfte. Wenn ich Pech habe, gerate ich an einen Server, der gerade in Wartung ist (oder etwas anderes). Der liefert dann unterirdisch schlechte Werte.

Letztlich will ich ja nur wissen, ob meine Leitung und meine Geräte in Ordnung sind. Also nehme ich für jeden Wert (Up, Down, Ping) den Besten – in der Hoffnung, dass die angezeigten Werte nicht mit einem Skalierungsfaktor versehen sind. Wenn diese Bestwerte in etwa meinen Tarifwerten entsprechen, denke ich, es ist alles okay.

PeteM92x

## Alles ein ÖV

*Von Öffi bis DB Navigator: Eine Marktübersicht zu ÖPNV-Apps, c't 4/2024, S. 106*

Als Neu-Schweizer (gebürtiger Deutscher) kann ich mir folgenden „Fun Fact“ nicht verkneifen: Dass in der Schweiz der öffentliche Verkehr schon seit vielen Jahren, nein, seit Jahrzehnten, extrem gut vernetzt ist, merkt man sogar an der Sprache: Bei uns gibt es nicht „die Öffis“, sondern nur „den ÖV“.

Ingo Rau

## Wir freuen uns über Post

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

[c't Forum](#)

[c't Magazin](#)

[@ctmagazin](#)

[ct\\_magazin](#)

[@ct\\_Magazin](#)

[c't magazin](#)

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

Antworten sind kursiv gesetzt.



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

## Unkompliziertes Adminleben

*Kernel-Entwickler drücken freie Grafiktreiber durch, c't 4/2024, S. 124*

Mein Bereich ist primär die Serveradministration und auch da ist „Wie jetzt, Treiberdiskette?“ – wie noch um die Jahrtausendwende unter Windows üblich – ebenso wenig ein Thema wie das Nachinstallieren von zum Beispiel „Vmware-Tools Treibern“, um die unnötige Hardware-emulation von NICs und HBAs zu umgehen.

Dank dem „Wir schauen auf den Chip und interessieren uns nicht dafür, wer den Chip auf die Platine gelötet hat.“ hat Linux spätestens mit dem Aufkommen von PCI schon recht früh gezeigt, wie unkompliziert das Adminleben sein kann.

Patrik Schindler

## Die ersten 100 Tage

*E-Rezept legt Fehlstart hin, c't 3/2024, S. 16*

Wir sind ein großes medizinisches Versorgungszentrum, das bereits Tausende E-Rezepte ausgestellt hat, und ich möchte Ihren Artikel aus unserer Sicht kommentieren. Geben Sie dem E-Rezept, den Praxen und den Apotheken mal 100 Tage, die man auch jedem Politiker einräumt, der neu anfängt. Die meisten E-Rezepte funktionieren inzwischen einwandfrei und die Patienten erhalten ihre Medikamente auch in der Apotheke. Der Patient hat ein Recht auf Papier, aber wir schaffen es im Sinne der Nachhaltigkeit, über 95 Prozent der Patienten papierlos zu verabschieden. Denn das alte A6-Formular wird beim E-Rezept zu A5 oder sogar A4.

Was im Praxisablauf sehr stört, ist die Zeit, die benötigt wird, um erstens das E-Rezept bis zur Stapel- oder Komfortsignatur zu bekommen und zweitens die Signatur durchzuführen. Insgesamt dauert dieser zweigeteilte Vorgang sicher 20 bis 30 Sekunden, bis das Rezept weg, also in der Cloud ist. Beide Prozesse nutzen über den Konnektor diverse Abfragen nach Zertifikatsgültigkeiten et cetera, was einfach zu viel Arbeitszeit der Mitarbeiter und Ärzte in Anspruch nimmt.

Da helfen dann auch keine Stapel- oder Komfortsignaturen, die letztlich nur Bündelungen von Einzelsignaturen sind. Wenn man 50 Rezepte en bloc mit der Stapsignatur signiert, dann dauert das eben

50-mal x Sekunden, während das Praxisverwaltungsprogramm auf dem Rechner des Arztes blockiert ist. Das „entschleunigt“ tatsächlich den Workflow auf Kosten der Stressresistenz. Komfortsignatur und Stapsignatur funktionieren übrigens auch in Kombination.

Ich möchte aber mit einem Vorurteil aufräumen: Der Arzt gibt mit der Komfortsignatur nicht 250 Signaturen im Voraus frei. Dann könnte plötzlich jeder nichtärztliche Mitarbeiter Rezepte mit diesen freigegebenen Signaturen signieren. Der Arzt erspart sich mit der Komfortsignatur lediglich die ständige PIN-Eingabe an einem Kartenterminal. Für die Signatur hat er natürlich einen wie auch immer gearteten Token, sei dieser biometrisch, passwortgeschützt oder sonst wie gesichert, um die Signatur auszulösen.

Die E-Rezept-App der Gematik zum Laufen zu bringen, ist selbst für technikaffine Menschen erstaunlich kompliziert. Aber wenn es dann läuft, lernt man die Vorteile zu schätzen, weil sich damit auch die Versichertenkarten für Oma, Opa und (Schwieger-)Eltern freischalten lässt, für die man dann einfach die Medikamente in der Apotheke abholen kann, ohne vorher die Versichertenkarten abholen zu müssen.

Gangolf Backus

## Ergänzungen & Berichtigungen

### GUI für macOS

*Das Open-Source-Tool Zint kann 145 unterschiedliche Bar- und 2D-Codes offline generieren, c't 5/2024, S. 85*

Anders als im Artikel angegeben, kommt Zint doch mit einer GUI für macOS. Die Anleitung dazu versteckt sich in README.macos ganz unten.

### App für Mitarbeiter

*Warum es so viele ÖPNV-Apps gibt, woher sie ihre Daten nehmen und wie die Zukunft der Tarifzonen aussehen könnte, c't 5/2024, S. 132*

Die im Artikel genannte App PROFILapp ist das digitale Format des BVG-Mitarbeitermagazins und nur für Angestellte der Berliner Verkehrsbetriebe zugänglich. Die übrigen vier genannten Apps sind hingegen wie angegeben für Kunden der BVG nutzbar.

## IHR PARTNER FÜR BUSINESS- UND INDUSTRIE-IT

Die richtige Wahl für Ihre Projekte!

Wir betreuen Sie von der Planung bis zur Umsetzung und darüber hinaus. Dank unseren persönlichen Ansprechpartnern und hoch motivierten Experten-Teams, erhalten Sie professionelle Beratung bis ins kleinste Detail. Wir sind jeder Anforderung gewachsen und lösen jede Aufgabe präzise, schnell und zuverlässig.

Jetzt scannen  
und mehr erfahren!



[extracomputer.de/darum-wir](http://extracomputer.de/darum-wir)

Unsere Eigenmarken:

**exone**

**calmo**

**Pokini**

# heise Security TOUR

## Wissen schützt

Mit mehr Resilienz  
zu mehr Sicherheit

- 23. Mai (Köln)
- 29. Mai (Hannover)
- 12. Juni (Stuttgart)
- 5. Juni (online)
- 19. September (online)

### DIE THEMEN

- Das Lagebild der IT-Security
- Das Update zu IT-Recht und Datenschutz, NIS-2
- Alerting und Monitoring in der Praxis
- Die Psychologie der Security
- Was geht bei "KI und Security" wirklich?

Jetzt Frühbucher-Tickets sichern:  
[security-tour.heise.de](http://security-tour.heise.de)



Es ist so traurig mitanzusehen,  
was aus ihm geworden ist. Früher war er ein anständiger  
und fleißiger Bursche, der jeden Tag ein halbes  
Dutzend Mäuse gefangen hat ...



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

# KI statt Kohle

## Microsoft baut für 3,2 Milliarden Euro Rechenzentren in Deutschland

**Im Rheinischen Braunkohlerevier entsteht ein gigantisches Azure-Rechenzentrum vorwiegend für KI. Microsoft hofft auf deutsche Firmenkunden und nutzt Ökostrom.**

Von Christof Windeck

**G**enerative KI-Modelle wie ChatGPT fressen enorm viel Rechenleistung, die nicht nur teuer ist, sondern auch knapp. Am 15. Februar kündigte die Firma Microsoft ihre bisher größte Investition in Deutschland an: Sie baut Rechenzentren für 3,2 Milliarden Euro. Darin sollen vor allem Server für das Training und die Anwendung (Inferencing) von großen KI-(Sprach-)Modellen laufen.

Die Microsoft-Cloudsparte Azure betreibt bereits Rechenzentren in Frankfurt am Main, Magdeburg und Berlin. Im Dezember hatte Microsoft angekündigt, die riesige Kapazität bis April 2024 zu verdop-

eln, vor allem durch den Ausbau der Region „Deutschland Westen-Mitte“, also Frankfurt. Dort wird ein Teil der 3,2 Milliarden Euro investiert.

In viel größeren Dimensionen plant Microsoft für das Rheinische Braunkohlerevier beim Tagebau Hambach. Im Industriegebiet der Gemeinden Bedburg, Bergheim und Elsheim nahe der Autobahn A61 wird auf 18 Hektar gebaut. Sascha Solbach, Bürgermeister von Bedburg, bereitet die Ansiedelung seit zweieinhalb Jahren mit seiner Stadtverwaltung vor. Im Interview mit WDR 5 nannte er einen Leistungsbedarf von „mehreren Hundert Megawatt“ für die neuen Datenzentren. Damit gehören die neuen Azure-Rechenzentren zu den bislang größten in Deutschland und Europa.

Laut Solbach entschied sich Microsoft unter anderem wegen der grünen Stromversorgung für den Standort. Denn dort gibt es nicht nur Braunkohlekraftwerke, sondern auch große Windkraft- und Solaranlagen und leistungsfähige Stromtrassen. Für die Zukunft sind Kraftwerke geplant, die regenerativ erzeugten Wasserstoff verbrennen.

Microsoft hat sich bereits grünen Strom von einem anderen Standort gesichert, nämlich aus dem bisher größten deutschen Photovoltaikprojekt, dem Energiepark Witznitz südlich von Leipzig. Dort wurde ebenfalls Braunkohle gefördert, nun baut Move On Energy einen Solarpark mit 650 Megawatt (MW) Spitzenleistung. Davon kauft Microsoft 323 MW über ein Power Purchase Agreement mit Shell Energy Europe.

Außerdem geht es Microsoft in Bedburg vermutlich auch um die zentrale Lage an wichtigen Internet-Backbones: Die größten europäischen Rechenzentren stehen nahe den Standorten Frankfurt, London, Amsterdam und Paris, im Branchenjargon FLAP genannt.

### IT-Standort Deutschland

Frankfurt ist attraktiv wegen des größten deutschen Internetknotens DE-CIX sowie wegen der Börse, die für Banken und Finanzdienstleister wichtig ist. In den riesigen Hallen von NTT (e-shelter), Equinix, Interxion, Telehouse, Iron Mountain und anderen wird mehr Strom verbraucht als von allen Einwohnern der Stadt zusammen und auch mehr als vom zweitgrößten Verbraucher, dem Flughafen. Weil Stromversorgung und Abwärme Probleme bereiten, siedeln sich neue Rechenzentren im Umland an, etwa Google, CyrusOne und Data4 in Hanau. Auf einem ehemaligen Kasernengelände plant die französische Firma Data4 ein 180-MW-Rechenzentrum für mehr als eine Milliarde Euro. Aber auch anderswo fließen Riesensummen in Rechenzen-



Microsoft Azure betreibt seine größten europäischen Rechenzentren bisher bei Dublin in Irland.

tren, etwa in Berlin-Lichtenberg ins 100-MW-Projekt Bluestar.

Dabei geht es vor allem um Colocation, also um den Betrieb fremder Server in einem gemeinsamen Rechenzentrum. Im Grunde mieten Colocation-Kunden Serverschränke (Racks) für ihre eigenen Maschinen inklusive Stromversorgung, Kühlung, Netzanbindung, Überwachung, Brandschutz und sicherer Abschottung. Das nutzen immer mehr Firmen, weil sie in ihren alten Datenräumen viele neue Server nicht mehr sinnvoll betreiben können, insbesondere welche mit stromdurstigen KI-Rechenbeschleunigern. Denn viele alte Rechenzentren liegen in Bestandsgebäuden und wurden nur für ein Zehntel der heute üblichen Anforderungen an Stromversorgung und Kühlung pro Rack ausgelegt.

Azure ist hingegen wie der Marktführer Amazon AWS und Google Cloud ein Hyperscale-Cloudanbieter mit einem anderen Geschäftsmodell. Hyperscaler betreiben riesige Flotten eigener Maschinen, auf denen sie Instanzen (etwa Rechen- und Speicherressourcen) und Dienste vermieten. Die Kunden betreiben darauf eigene Angebote wie Websites, Onlineshops, Buchungssysteme und Streamingdienste oder lagern Teile ihrer IT-Infrastruktur in diese „Public Cloud“ aus. Die Hyperscaler sind für internationale operierende Firmen attraktiv, weil sie zumindest in Industrieländern nahezu weltumspannend Rechenzentren betreiben. Die Kunden buchen für ihre jeweiligen Dienste dann lokale Bereitstellungsregionen. In Bedburg will etwa auch Microsoft eigene Cloudangebote wie Microsoft 365 für deutsche Kunden hosten.

## KI-Rechenkraft

Microsoft will noch 2024 bauen, um vom KI-Boom zu profitieren. Der US-Gigant gehört zu den größten Einkäufern der KI-Rechenbeschleuniger von Nvidia. Damit hat Microsoft gute Chancen, diese zurzeit begehrte und knappe Hardware früher als andere vermieten zu können. Microsoft hat aber auch den hauseigenen KI-Rechenbeschleuniger Maia 100 entwickelt, der gegen die von Google (TPU) und Amazon (Trainium/Inferentia) antritt.

Ein einziger Trainingslauf eines sehr großen generativen KI-Modells kann mehrere Wochen dauern und verschlingt mehrere Millionen Euro an Cloudmiete. Die Kapazitäten fürs Training großer Modelle sind knapp, weil sie meistens auf



Bild: Moveon Energy/Toni Thomann

**Beim größten deutschen Photovoltaikprojekt Energiepark Witznitz in Sachsen hat sich Microsoft bereits 323 Megawatt grünen Strom gesichert.**

Rechenbeschleunigern der Firma Nvidia laufen, die nicht schnell genug liefern kann.

In diesem Rennen um Rechenkapazität haben kleinere Anbieter schlechte Chancen. Es gibt aber Ansätze, generative KI auch mit wesentlich geringerer Rechenleistung zu betreiben, was etwa die deutsche Firma Aleph Alpha bei ihrem Luminous-Modell hervorhebt. Und anders als im US-Markt sind für Sprach-KI in Europa auch viele unterschiedliche Sprachen wichtig. Auch hierseitige Entwickler und Anbieter von KI-Diensten können in Azure-Rechenzentren schnell und flexibel Kapazitäten buchen, sofern sie die Miete finanzieren können.

Microsoft Azure betreibt in Europa bereits mehrere große Rechenzentren, die größten bei Dublin in Irland und ein weiteres nahe Amsterdam. Außer in Deutschland baut Microsoft auch in Großbritannien aus (für 2,5 Milliarden britische Pfund) sowie in Spanien (1,95 Milliarden Euro). Microsoft rammt damit dicke Pflöcke ein. Das mindert die Chancen kleinerer lokaler Konkurrenten. Doch es ist ohnehin fraglich, ob letztere rasch genügend Kapital aufzutreiben können, um genug der teuren KI-Server einkaufen zu können.

## Lob & Kritik am Giganten

Microsoft bekommt für die Ansiedelung im Rheinland keine Subventionen der Bundesregierung und betont das auch.

Mehrere Politiker, darunter Bundeskanzler Scholz, begrüßten die Ansiedelung von Microsoft in Nordrhein-Westfalen. Für die Region ist es ein Projekt mit Signalwirkung für die Zeit nach der Braunkohle.

Der IT-Branchenverband Bitkom sieht in den „jüngsten Investitionen in den Digitalstandort Deutschland und die Zukunftstechnologie KI ein ermutigendes Zeichen“. Es sei „wichtig, dass wir die notwendige Infrastruktur dafür in Deutschland schaffen, denn so ist für die Anwender sichergestellt, dass die rechtlichen Vorgaben eingehalten werden.“

Max Schulze von der Sustainable Digital Infrastructure Alliance (SDIA) kritisiert, dass Microsoft bisher nichts zur Nutzung der gewaltigen Abwärmemenge veröffentlicht hat. Außerdem erwartet er, dass der größte Teil der Investitionen in Serverhardware fließt und somit wiederum in die Taschen von US-Firmen wie AMD, Dell, Intel, HPE und Nvidia sowie an taiwanische Zulieferer wie Quanta QCT und Supermicro.

Der KI-Bundesverband wiederum hofft, dass die große Microsoft-Investition „ein Weckruf für deutsche Firmen wird, um selbst mehr in KI-Infrastruktur zu investieren“. Die German Datacenter Association (GDA) sieht „die Expansion von Microsoft beispielhaft“, denn sie „betont die strategische Bedeutung der Bundesrepublik im Bereich Cloud-, Edge-Computing und KI.“

(ciw@ct.de)

# Notebook-Kaufberatung

**Was Sie 2024 beim Notebookkauf wissen müssen**



# Notebookkäufer haben eine riesige Auswahl von klein bis groß und von billig bis richtig teuer. Wir klären auf, was Sie mindestens kaufen sollten, was sich in jüngerer Vergangenheit verändert hat und wohin es künftig geht. Mit unserem kompakten Leitfaden finden Sie das zeitgemäße Gerät, das zu Ihren Bedürfnissen passt.

Von Florian Müssig

**N**otebooks haben sich in den vergangenen Jahren als unabdingbare Arbeitsgeräte herausgestellt: Während der Covid-19-Pandemie wurde daran zu Hause der Arbeitstag bestritten. Am Notebook als essenziellem Arbeitsmittel wird sich auch in absehbarer Zeit nichts ändern: Wenn Homeoffice gekommen ist, um zu bleiben, benötigt man es genauso, wie wenn Unternehmen ihre Mitarbeiter wieder in die Büros zurückordnen. Moderne Arbeitsplatzkonzepte wie Desk-Sharing oder Clean Desk Policy benötigen schließlich ebenfalls Notebooks. An den Arbeitsplätzen selbst wartet aus Kostengründen meist nur ein Monitor, ein Dock und ein Satz Eingabegeräte auf Nutzer.

Während in Großunternehmen üblicherweise der Arbeitgeber fertig eingerichtete Geräte an Arbeitnehmer über gibt, sieht es in kleinen und mittelständischen Unternehmen anders aus: Oft hat der Nutzer ein Mitspracherecht oder kennt sich sogar besser mit Technik aus als der budgetverantwortliche Vorgesetzte. Nicht zuletzt wollen auch viele Privatkäufer das Notebook mal auf dem Schoß im Garten und mal am Schreibtisch mit großem Monitor nutzen, was auf denselben Dockingbedarf wie im Firmenbüro hinausläuft.

Auch viele andere Aspekte rund um Notebooks treffen Nutzer unabhängig davon, ob sie den Mobilcomputer privat oder dienstlich nutzen. Diese Kaufberatung liefert deshalb einen Überblick darüber, was sich in jüngerer Vergangenheit getan hat, was man bei aktuell verkauften Notebooks automatisch be-

kommt, worauf man beim Kauf ein Auge haben sollte und wohin die Reise geht.

## Universalanschluss USB-C

Während man für Docking früher unausweichlich bei teuren Notebooks für Geschäftskunden landete, weil es nur dort proprietäre Anschlüsse für hersteller spezifische Dockinganschlüsse gab, hat man inzwischen breite Auswahl: USB-C bietet all diese Vorteile in einem hersteller unabhängigem Steckerformat.

Zudem sind die Kinderkrankheiten und Startschwierigkeiten von USB-C weitgehend überwunden: Von einem Notebook mit USB-C-Buchse darf man anno 2024 schlicht erwarten, dass über mindestens eine davon außer USB-Daten auch Videosignale und Strom fließen. Eine Garantie dafür gibt aber leider nicht, sodass man weiterhin in den technischen

Datenblättern bei Preisvergleichen, Händlern oder Herstellern nachschauen sollte, ob darin Stichworte wie DP-Alt (alternativer Betriebsmodus, der DisplayPort-Signale ausgibt) oder USB-PD (Power Delivery, also Stromversorgung) fallen.

Während man bei Notebooks der Mittelklasse oder höher kaum noch Geräte findet, die keine vollwertigen USB-C-Buchsen haben, sieht es unterhalb von 600 Euro anders aus: Dort tummeln sich viele Restposten oder für diesen Preisbereich entwickelte Geräte, denen es daran mangelt. Besserung ist erst in rund zwei Jahren in Sicht, wenn die EU-Richtlinie, die jüngst dem iPhone 15 einen USB-C-Anschluss bescherte, auch für Notebooks in Kraft tritt. Dann müssen sich alle Neugeräte mindestens per USB-PD laden lassen.

Bei teuren Notebooks gehört vollumfängliches USB-C als Ausstattungsmerkmal längst dazu, weil nur darüber rasante Peripherie mittels Thunderbolt 4 oder USB4 Anschluss findet [1]. Thunderbolt ist Notebooks mit Prozessoren von Apple oder Intel vorbehalten, baut technisch aber auf USB4 auf, welches auch AMD-Notebooks haben.

Beide bringen Geschwindigkeiten von bis zu 40 Gbit/s. Microsoft hat dafür gesorgt, dass auch sonst Funktionsgleichheit herrscht: Will ein Hersteller ein mit Windows verkauftes Notebook mit USB4 bewerben, muss die Buchse wie auch bei Thunderbolt-Zertifizierung einen PCIe-

**Notebooks mit faltbaren Bildschirmen wie das Asus ZenBook 17 Fold erregen Aufsehen, weil sie beim Transport viel kompaktere Abmessungen haben als während der Nutzung. Für solche produktgewordenen Konzeptstudien muss man allerdings rund 4000 Euro auf den Tisch legen.**



Alt-Modus beherrschen, sodass sich superschnelle externe SSDs oder Grafikboxen anschließen lassen. Das ist also keine technische Anforderung des USB-Standards, sondern etwas, was Microsofts Windows-Logo-Programm vorgibt. An dessen Erfüllung ist nicht nur der Windows-Sticker auf einem Notebook gekoppelt, sondern auch Marketingzuschüsse an die Hersteller – worauf angesichts des harten Preiskampfs im Markt keiner verzichten möchte.

## Anschlussmöglichkeiten

Thunderbolt 4 oder USB4 ist für USB-C-Docking keine Pflicht, sondern lediglich die technische Basis dafür, dass genug Bandbreite bereitsteht, um etwa zwei 4K-Monitore unabhängig voneinander mit je 60 Hertz anzusteuern. In der Mittelklasse trifft man hingegen eher videofähige USB-C-Buchsen an, die nur USB-3.x-Geschwindigkeit liefern. Bei einem 4K-Monitor reicht das nur dann für 60 Hertz, wenn parallel keine flotte USB-Datenverbindung gefragt ist; ansonsten gibt es nur ruckelige 30 Hertz. Full-HD-Auflösung geht in beiden Fällen mit 60 Hertz.

In diese Auflösungskategorie fallen viele der praktischen Zweitdisplays, die man leicht einpacken kann, um dann im Hotelzimmer oder im Kundengespräch mit zwei statt nur einem Bildschirm arbeiten zu können [2]. Den Monitor versorgt

USB-C dabei sowohl mit Videosignalen als auch mit Energie; weitere Kabel sind nicht notwendig. Damit hat man einen alltags-tauglichen und mobilen Mehrbildschirmarbeitsplatz, ohne dabei wie bei den wenigen Notebooks mit zwei integrierten Bildschirmen (siehe Kasten auf S.23) beim Gerät selbst irgendwelche Kompromisse eingehen zu müssen – und das obendrein auch noch günstiger.

Bei der Stromversorgung bringt USB-C ebenfalls Vorteile: Man ist nicht auf das Netzteil angewiesen, das der Hersteller beilegt (was anders als bei Smartphones immer noch Usus ist). Stattdessen kann man auch beliebige Universalnetzteile nachkaufen, falls man etwa eines mit mehreren Ausgängen wünscht, um außer dem Notebook auch noch andere Gadgets laden zu können.

Leider gilt das weiterhin nur für Arbeitsgeräte, aber nicht für besonders leistungsfähige Workstation- oder Gaming-Notebooks. Der USB-PD-Standard wurde zwar schon vor geraumer Zeit auf mehr als 100 Watt erweitert, doch aktuell nutzen das lediglich Apple im MacBook Pro 16 (140 Watt) und Framework im Laptop 16 (180 Watt). Manche Power- und Gaming-Notebooks lassen sich zwar auch an USB-C-Netzteilen laden oder in einem eingeschränkten Office-Modus nutzen; die volle Performance erhält man aber nur an den mitgelieferten Netzteilen mit hersteller-spezifischen Rundsteckern.

Zu den weiteren üblichen Schnittstellen gehören bei kompakten Notebooks ein HDMI-Ausgang und eine USB-Buchse im eckigen Typ-A-Format, die technisch bedingt bestenfalls 10 Gbit/s liefert und praktisch häufig nur 5 Gbit/s – also USB-3.0-Geschwindigkeit. Bei größeren Notebooks gibt es davon mehrere und vielleicht auch noch eine LAN-Buchse. Optische Laufwerke findet man nirgends mehr; wer so eines benötigt, muss ein externes DVD- oder Blu-ray-Laufwerk per USB ankoppeln. Solches Nachrüsten klappt auch für kabelgebundenes LAN, wenngleich es sinniger ist, bei Bedarf gleich ein USB-C-Dock mit RJ45-Buchse zu wählen, um sämtlich stationäre Peripherie über ein Kabel anzukoppeln.

Kartenleser sind keinesfalls selbstverständlich; wenn einer da ist, da nimmt er meist nur kompakte MicroSD-Kärtchen auf und bremst rasante Speicherarten aus. Ausnahmen gibt es nur wenige in Form von teuren Workstation-Notebooks für Kreativprofis. Wer lediglich einen schnellen Kartenleser braucht, fährt mit einem zusätzlichen USB-Kartenleser ungleich günstiger und sollte sich bei der Notebooksuche somit nicht davon einschränken lassen.

Noch häufig anzutreffen, aber nicht mehr selbstverständlich, sind 3,5-Millimeter-Buchsen als analoge Audioanschlüsse. Besonders bei dünnen Edelnotebooks, die samt Deckel keine 1,5 Zenti-

## Notebook-Tablet-Hybride

Zu Windows-8-Zeiten plante Microsoft eine Touch- und Stiftrevolution für Computer, die inzwischen aber eingeschlafen ist. Die größte Verbreitung haben Notebooks mit 360-Grad-Scharnieren, wo man den Deckel vollständig um den Rumpf herum klappen kann, damit der Bildschirm nach außen zeigt. Die ebenfalls nach außen zeigende Tastatur ist in diesem Betriebsmodus deaktiviert, damit es keine Fehleingaben gibt, wenn das Gerät etwa auf dem Unterarm ruht. Häufig tragen solche Notebooks, die gerne auch als Convertibles bezeichnet werden, einen Namenszusatz wie x360 oder 2-in-1; nicht immer gehört ein Stift zum Lieferumfang. Die Alternative sind sogenannte Detachables vom Schlag eines Surface Pro – also ein Windows-Tablet,

welches sich mit Anstecktastatur wie ein Notebook verhält.

Beide Bauformen gibt es praktisch nur noch in der Oberklasse: Wer im Mehrkampf antritt, muss auch die jeweiligen Einzeldisziplinen gut beherrschen. Hersteller tendieren zudem generell zu höherpreisigen Hybridsdesigns, weil Windows im reinen Tabletbereich auf verlorenem Posten stehen: Android oder iPadOS sind viel besser für die ausschließliche Bedienung per Finger optimiert. Windows-Spezialitäten wie der Gerätemanager lassen sich hingegen nur per Touchpad/Maus beziehungsweise bestenfalls noch per Stift bedienen – aber damit der Stift präzise arbeitet, muss seine Technik und die des Bildschirms höherwertig und damit -preisig sein.



**Microsofts Surface Pro (im Bild die neunte Generation) ist ein Windows-Tablet mit magnetisch andockender Tastatur. Bei vielen anderen Herstellern ist diese Bauform nicht mehr im Portfolio.**



**Bei vielen Notebooks braucht man etwas Training, um mit dem Tastaturlayout klarzukommen. Es gibt aber auch Streber: Das hier abgebildete Lenovo ThinkPad E16 Gen 1 [15] macht mit zweizeiliger Enter-Taste, großen Pfeiltasten dank nach vorne gerücktem Cursorblock, vierseitigem Ziffernblock und Einschalter außerhalb des Tastenfelds alles richtig.**

meter dünn sind, muss man genauer hinschauen, ob es etwas anderes als USB-C gibt. Sagt einem ein solches Gerät ansonsten zu, muss man abwägen, ob man nicht auch mit einem Headset mit USB-Anschluss, einem USB-C-Audioadapter oder gleich mit einem drahtlosen Kopfhörer klarkommt.

Bluetooth trifft man durch die Bank genauso selbstverständlich wie WLAN an. Von einem WLAN-Modul darf man erwarten, dass es gemäß Wi-Fi 6 funk. In teureren Notebooks ist Wi-Fi 6E verbreitet, welches nicht mehr nur im 2,4- und 5-GHz-Band arbeitet, sondern auch bei 6 GHz. Brandaktuelles Wi-Fi 7 (siehe auch [14]) kommt nur schleppend in Gang: Seit 2023 haben Hersteller einige Notebooks als Wi-Fi-7-tauglich vorgestellt, was aber eben nur eine Option ist: Tatsächlich wurden hierzulande bislang alle in Ausstattungsvarianten mit Wi-Fi-6E-Modul verkauft. Das mag sich im Laufe von 2024 ändern – und dürfte bei entsprechenden Modellen dann auch prominent beworben werden.

## Tastenlayout

Bei Tastaturlayouts sind Hersteller mittlerweile sehr experimentierfreudig. Zwar gibt es nur wenige Fälle, wo die Tastenanordnung so stark vom Desktop-Standard abweicht, sodass man selbst nach längerem Training noch Knoten in die Finger bekommt. In eine Zeile gequetschte Cursorblöcke sind allerdings häufig,

obwohl ausgewählte Geräte mit nach vorne gezogenen Pfeiltasten zeigen, dass es besser geht. Auch eine zweizeilige Enter-Taste, wie es sich bei deutschen Tastaturen eigentlich gehört (ISO-Layout), ist keine Selbstverständlichkeit: Die Hersteller sparen sich gerne eine zweite Fertigungsform für die Handballenablage, sodass man hierzulande zwar etwa Umlauttasten bekommt, aber trotzdem nur eine einzeilige Enter-Taste, wie sie in vielen anderen Ländern gängig ist (ANSI-Layout).

Wir gehen in unseren Tests auf solche Spezialitäten ein, denn es gibt sonst kaum Möglichkeiten, diese Info zu bekommen, ohne ein Gerät vor sich zu haben: In Datenblättern findet man diese Angabe üblicherweise nicht. Selbst Produktfotos helfen nicht weiter: Händler verwenden von den Herstellern bereitgestellte Bilder, und die verteilen keine lokalisierten Fotos, sondern global denselben Satz mit US-Tastatur – welche gemäß ANSI-Standard eine einzeilige Enter-Taste aufweist.

Touchpads, die Gesten mit bis zu vier Fingern annehmen, gehören seit der Windows-10-Ära unabdingbar dazu. Hersteller haben allerdings deren Größe in der Hand und auch, ob es Maustasten gibt oder die gesamte Sensorfläche zum Klicken heruntergedrückt werden muss. Trackpoint-Knubbel im Tastenfeld, mit denen man ebenfalls den Mauszeiger bewegen kann, sind am Aussterben und nur noch bei wenigen Business-Notebooks anzutreffen.

## Neue Formate

Wenn der letzte Notebookkauf vor der Pandemie erfolgt ist, kann man sich beim Neukauf anno 2024 über die mittlerweile gute Verbreitung eines neuen Komfortmerkmals freuen: Das vormals vorherrschende Seitenverhältnis 16:9 der in den Deckeln eingebauten Bildschirmen wurde inzwischen in vielen Baureihen von 16:10 oder 3:2 abgelöst. Beide Formate haben mehr Bildhöhe, was man im All-

## Notebook-Namen und zugehörige Kategorien (Ausw.)

Marke	Mittelklasse	Premium	Business	Gaming	Hybrid
Acer	Aspire 3, Swift 3	Aspire 5, Swift 5	TravelMate	Nitro, Predator	Spin
Asus	VivoBook	ZenBook	ExpertBook	TUF, ROG	Flip <sup>1</sup>
Dell	Inspiron	XPS	Vostro, Latitude	G-Serie, Alienware	2-in-1 <sup>1</sup>
Dynabook	–	–	Portégé, Satellite Pro, Tecra	–	– <sup>2</sup>
Fujitsu	–	–	LifeBook	–	– <sup>2</sup>
Honor	MagicBook	–	–	–	–
HP	Pavilion	Envy, Spectre	ProBook, EliteBook	Victus, Omen	x360 <sup>1</sup>
Huawei	MateBook D	MateBook X	–	–	–
Lenovo	IdeaPad	Yoga	ThinkBook, ThinkPad	IdeaPad Gaming, Legion	– <sup>2</sup>
LG	Ultra PC	Gram	– <sup>3</sup>	–	–
Medion	Akoya	–	–	Erazer	– <sup>2</sup>
Microsoft	Surface Go, Surface Laptop Go	Surface Laptop, Surface Laptop Studio	– <sup>3</sup>	–	Surface Pro
MSI	Modern	Prestige, Summit	– <sup>3</sup>	GT, GS, GE, GP, GL, GF	–
Samsung	–	Galaxy Book	– <sup>3</sup>	–	360 <sup>1</sup>
Schenker	Via	Vision	–	XMG	–
Razer	–	Book	–	Blade	–

<sup>1</sup> Namenszusatz <sup>2</sup> im Portfolio, aber keine spezielle Kennzeichnung <sup>3</sup> B2B-Versionen von Premium-Notebooks möglich

– nicht vorhanden

tag spürt, weil man mehr Inhalt auf einen Blick bekommt – sei es nun in großen Excel-Tabellen oder beim Internet-Surfen, wo man beim Lesen weniger scrollen muss.

Mit dieser Veränderung haben neue Diagonalen Einzug gehalten, die viele Hersteller auch in ihre Modellnamen einfließen lassen: Aus 13,3 wurden meist 14 Zoll und aus 15,6 vielerorts 16 Zoll. Ja, man findet in Einzelfällen auch 13,5, 14,5 oder 16,1 Zoll, doch auch dann gilt: Innerhalb derselben Familie eines Herstellers gibt es ein kompaktes und ein ausladenderes Gerät, aber keine feinteilige Abstufung in 1-Zoll-Schritten.

Ein aktueller 14-Zöller von heute ist übrigens in etwa genauso groß wie ein älteres 13,3-Zoll-Notebook, weil im Laufe der Jahre die Bildschirmränder (und damit

die Grundfläche des Gehäuses) immer schmäler wurden. Das Plus an Bildhöhe, die 16:10 gegenüber 16:9 hat, wurde sogar überwiegend dadurch erzielt, dass der Bildschirm nach unten gewachsen ist und seine Unterkante bei selben Deckelabmessungen nun näher an den Scharnieren liegt.

Nur bei Notebooks, die auf eine Besonderheit hin getrimmt wurden, findet man Ausnahmen von obigen Faustregeln. Das Lenovo ThinkBook 13x ist etwa ein 13,3-Zöller mit 16:10-Bildschirm, das sich per Ladematte betanken lässt [3]. LGs Gram 15 SuperSlim hat ein 15,6-Zoll-Display im älteren 16:9-Format, ist aber das einzige große Notebook, das weniger als ein Kilogramm wiegt [4]. Microsofts Surface Laptop Studio 2 hat einen 14,5-Bildschirm im 3:2-Format und kann diesen

Mittelweg gehen, weil es gibt keine kleineren oder größeren Geschwister gibt [5] – genauso wenig wie man ein ThinkBook 14x/15x/16x kaufen kann oder ein kleineres SuperSlim.

Bei den meisten Herstellern haben die „neuen“ 16-Zöller noch größere Geräte verdrängt. 17,3-Zöller waren mal typische Desktop-Replacement-Geräte, doch dieselbe Hardwareleistung bekommt man auch in einem 15- oder 16-Zoll-Gehäuse gekühlt. Der Bildschirm ist zwar kleiner, aber dafür kann man es viel einfacher in den Rucksack packen – und kommt dank weniger Gewicht überhaupt erst auf den Gedanken, es regelmäßig herumtragen zu wollen.

Ausnahmen bestätigen auch hier die Regel. Das LG Gram 17 hat mehr Bildfläche als 16-Zöller, wiegt mit rund 1,4

## GPUs für Spieler

Obwohl moderne Grafikfunktionen wie Raytracing inzwischen auch in den Grafikeinheiten angekommen sind, die in Notebookprozessoren integriert sind, heißt das nicht, dass man damit alle PC-Spiele in voller Grafikpracht genießen könnte. Stattdessen benötigt man stärkere Zusatz-GPUs, die viel höhere 3D-Leistungen abliefern. Das erwähnte Raytracing sorgt dann für Sahnehäubchen obendrauf, hilft aber ohne genug anderweitige rohe Kraft nichts.

Während man bei Desktop-PCs die Wahl zwischen Grafikkarten von AMD, Nvidia oder Intel hat, landet man bei Notebooks praktisch immer bei Nvidia-Chips: Die beiden anderen Anbieter haben keine Mobilableger, die gegen die Baureihe GeForce RTX 4000 ankämen. Intels Arc-GPUs findet man deshalb in keinem aktuellen Notebook mehr und AMDs Radeon RX 7000 nur in ganz wenigen Einstigerserien unter den Gaming-Notebooks. Das Topmodell Radeon RX 7700S ist uns etwa nur im reparaturfreundlichen Framework Laptop 16 geläufig, der mit vielen modularen Besonderheiten aufwartet [8], aber keiner überragenden 3D-Performance: Sie liegt nur etwa in der Mitte des Nvidia-Angebots.

Letzteres rangiert seit etlichen Monaten von GeForce RTX 4050 über 4060, 4070, 4080 bis 4090 und wird in dieser Form wohl auch noch das gesamte Jahr

2024 erhalten bleiben. Nennenswerte Konkurrenz gibt es wie gesagt nicht, sodass Nvidia einen Aufwertungszyklus mit dem Namenszusatz Super kürzlich nur bei Desktop-Grafikkarten vollzog.

Apropos Desktop-GPUs: Trotz gleicher Namen handelt es dort durchgängig um stärkere Chips. Die Notebookmodelle haben bei identischer Modellnummer viel geringere Leistungsdaten. Dabei ist nicht nur die Anzahl der Shaderrechnerkerne geringer, sondern auch die zulässige Abwärme. Die 450 Watt, die die 16.384 Shaderkerne der Desktop-Grafikkarte GeForce RTX 4090 verheizen, bekommt man nicht aus einem flachen Notebookgehäuse abgeführt. Bei der gleichnamigen Mobilvariante stehen 9728 Kerne und ein zulässiger Bereich von 80 bis 150 Watt im Datenblatt. Wie bei CPUs erlaubt der variable TDP-Bereich den Herstellern, unterschiedliche Gerätekonzepte bei Gaming-Notebooks umzusetzen.

Während GeForce RTX 4090 und der pinkompatible Bruder GeForce RTX 4080 meist in hinsichtlich Preis wie Performance hochgezüchteten Boliden am oberen Ende der TDP-Spanne ausgefahren werden, sieht es bei den verbreiteten Mainstream-Modellen GeForce RTX 4050, 4060 und 4070 anders aus: Bei allen drei ist der extrem breite TDP-Bereich von 35 bis 115 Watt zulässig.



**In Gaming-Notebooks stecken Hochleistungsprozessoren und leistungsstarke Grafikchips, die aufwendig gekühlt werden müssen. Das macht sie groß, schwer und teuer.**

Wie bei CPUs hat der Name alleine also wenig Aussagekraft, weil man auf stark unterschiedliche Geräte treffen kann. Ein konkretes Beispiel: Im Asus ROG Flow Z13 [9] arbeitet die 4070er-GeForce am unteren Ende des TDP-Bereichs, wodurch es eine geringere 3D-Leistung als viele andere Mobilgeräte mit derselben GPU ab liefert. Es ist aber eben kein klassischer Klapprechner, sondern ein kompaktes, stiftbedienbares Windows-Tablet und hat im Vergleich zu Surface Pro & Co. die mit Abstand höchste 3D-Rechenleistung.

Kilogramm aber nur so wenig wie typische 13- und 14-Zöller. Für Höchstleistungsgrafikchips und aufgebrezelte Prozessoren – dazu später mehr – braucht es hingegen wie eh und je ausladende Kühlsysteme in ebensolchen Gehäusen. 17,3 Zoll mit mehr Bildhöhe läuft dann auf die neue 18-Zoll-Klasse hinaus, in der sich aber nur ein halbes Dutzend Gaming-Notebooks überhaupt bewegen; sie kosten allesamt mehrere 1000 Euro.

### Bildschirmnebeneffekte

Wer beim Notebookkauf darauf achtet, einen Bildschirm im 16:10- oder 3:2-Format zu bekommen, kommt implizit in den Genuss vieler weiterer Annehmlichkeiten. Die Panels unterliegen wie jede andere technische Komponente einem steten Wandel und neue Bildschirmformate wer-

den mit den neuesten Displaygenerationen umgesetzt.

Diese sind mit vielen Energiespartricks gespickt wie etwa Panel Self Refresh, was den Energiehunger senkt, wenn sich der Bildschirminhalt im Betrieb nur wenig ändert – etwa beim Tippen längerer E-Mails. Zudem findet man nur hier Bildwiederholraten oberhalb der klassischen 60 Hertz, was für sichtbar flüssigeres Scrollen sorgt. Bei Gaming-Notebooks gibt es die schon länger, doch auch bei vielen Normalgeräten gehören 90, 120 oder 165 Hertz inzwischen dazu. Als Auflösung sind mindestens  $1920 \times 1200$  (16:10) beziehungsweise  $1920 \times 1280$  (3:2) gesetzt, was für scharfe Konturen bei Schrift und vielen sichtbaren Details in Fotos sorgt.

Im Hintergrund werkelt immer die bereits mit Windows 7 eingeführte Ska-

lierungsfunktion, über die man Text- und Icon-Größen an den persönlichen Bedarf anpassen kann. Man findet sie in den Einstellungen unter „Bildschirm“. Da die Skalierungsfunktion bereits vor rund einer Dekade debütierte, ist sie längst in allen Anwendungen problemlos nutzbar, die seitdem auf den Markt gekommen sind.

Nicht zuletzt gibt es die beiden Nachfolgeformate von 16:9 nur noch in IPS- oder OLED-Bauweise, die beide Inhalte mit hoher Blickwinkelstabilität anzeigen. Da OLEDs immer den DCI-P3-Farbraum abdecken, bekommt man damit automatisch satte Farben. Bei IPS muss man nachschauen, ob man eine Angabe zum Farbraum im Datenblatt findet – was eher bei hochpreisigen Geräten der Fall ist. Wenn da eine Prozentangabe von 90+x hinsicht-

## Dual-Screen-Notebooks

2019 sorgte Microsofts Surface Neo für Aufsehen: Das flache Mobilgerät hatte in jeder Hälfte ein Display und sollte sich dank dazwischenliegender Scharniere wie ein Buch aufklappen und nutzen lassen. Als Betriebssystem war Windows 10X mit einer auf dieses Konzept optimierten Bedienoberfläche vorgesehen, die stark von traditionellem Windows abweichen sollte.

Passiert ist aber nix: Mit dem Beginn der Covid-19-Pandemie im Frühjahr 2020 verschoben sich sowohl Fokus als auch Bedarf auf traditionelle Notebooks. Microsoft hat deshalb sowohl das Surface Neo als auch Windows 10X eingestampft. Die frischere Oberflächengestaltung lebt in Windows 11 fort, aber ohne den radikal anderen Bedienansatz.

Dennoch gibt es einige wenige Notebooks mit mehr als einem Bildschirm. Während HP es bei einem Omen-Gaming-Notebook und Lenovo beim ThinkBook Plus G3 bei je einer Geräteneration mit einem winzigen Zusatzbildschirm in der Handballenablage beließen, der eher technisches Gimmick war, hatte Asus im Laufen der Jahre mehrere ZenBook Duo und Zephyrus Duo verkauft. Deren Zweitbildschirme waren genauso breit, aber nur halb so hoch wie der Hauptbildschirm. Damit ließ sich zwar arbeiten, doch man musste andere Kompromisse

eingehen – außer hohen Gerätepreisen etwa die ans vordere Ende gerückte Tastatur mit seitlich daneben platziertem Touchpad.

Mit zwei gleich großen Bildschirmen gibt es das Lenovos Yoga Book 9i [10]; in Kürze soll auch ein ebensolches ZenBook Duo folgen. Die Tastatur passt bei dieser Bauart nicht mehr fest ins Gehäuse, sondern wird als separates Bluetooth-Gerät beigelegt – klar, denn nur wenn die Tastatur vor dem Notebook liegt, kann man beide Displays sehen. Bei beengten Platzverhältnissen in Zug oder Flieger kann man sie auch auf das untere Display auflegen, aber dann eben nur noch mit einem Bildschirm arbeiten.

Dieses Bedienkonzept unterscheidet sich nur wenig von dem, das man bei den genauso seltenen Notebooks mit faltbaren OLEDs vorfindet: Auch da gibt es ein kleines Display im Notebookmodus bei aufgelegter Tastatur. Nimmt man sie runter, hat man immerhin einen großen und nicht zwei kleine Bildschirme vor sich. Die notwendige Technik macht die sogenannten Foldables teuer und rar: Hierzulande gibt es nur das Asus ZenBook 17 Fold [11] und Lenovos ThinkPad X1 Fold zum Preisen von plusminus 4000 Euro. HP und LG verkaufen ihre Spectre Fold beziehungsweise Gram Fold nur auf den jeweiligen Heimatmärkten USA respekti-



**Das Yoga Book 9i hat zwei gleich große OLED-Touchscreens, doch den unteren kann man nur nutzen, wenn man die Bluetooth-Tastatur vor dem Gerät ablegt.**

ve Südkorea, haben aber keinerlei Pläne für Deutschland kundgetan.

Lenovo spielte in der ThinkBook-Plus-Familie zuletzt mit einer anderen Idee, nämlich einem IPS-Bildschirm innen im Deckel und einem E-Ink-Display an der Außenseite. Allerdings laufen diese besonderen Geräte kurioserweise unter dem Radar: Als wir das 2023er-Modell im Labor ausgepackt haben, war die einzige für Deutschland vorgesehene Charge bereits abverkauft. Da Lenovo keine Nachlieferungen plante, haben wir den eingeplanten Test gestrichen und das Testgerät wieder eingepackt.

lich DCI-P3 oder AdobeRGB steht, hat man ein Top-Panel; auch sRGB ist immer noch sehr gut.

Alle uns bekannten Notebook-OLEDs schaffen zudem eine maximale Helligkeit von knapp 400 cd/m<sup>2</sup>, die bei IPS zwar möglich, aber nicht selbstverständlich ist. Unter 250 cd/m<sup>2</sup> findet man aber auch

dort nichts mehr, was für Innenräume auf alle Fälle ausreicht.

Umgekehrt haben OLEDs häufig spiegelnde Oberflächen, während IPS matt sind. Seltener findet man auch matte OLEDs oder spiegelnde IPS-Panels. Finger- oder stiftbedienbare Touchscreens spiegeln wiederum fast immer – egal bei

welcher Paneltechnik. Matte Touchscreens gibt es in wenigen teuren Business-Notebooks: Im Geschäftsumfeld greift die Arbeitsstättenverordnung, was bedeutet, dass Admins den Mitarbeitern nur Notebooks mit reflexionsarmen Bildschirmen hinstellen dürfen. Für Privatkunden gilt das nicht.

## Prozessorkunde

Im Gros aller verkauften Notebooks arbeiten Prozessoren von AMD und Intel, die ungefähr im Jahrestakt erneuert werden und dann eine Welle von Notebookneuvorstellungen nach sich ziehen. In jüngerer Vergangenheit wurde der Markt allerdings ordentlich durcheinandergewirbelt. AMD hatte mit seinen Ryzen-4000-Prozessoren anno 2020 einen dicken Performancesprung ausgelöst: Statt vier Kernen gab es selbst für kompakte Notebooks auf einmal bis zu acht.

Intel hat sich erst zwei Jahre später im Notebookmassenmarkt von Quad-Cores verabschiedet; seit der 12. Core-i-Generation sind Verbünde aus vier Performance- und acht Effizienzkernen üblich. Je nach Modell – Ryzen 9/7/5/3 beziehungsweise Core i9/i7/i5/i3 – sind freilich auch abgewandelte Varianten mit anderen Kernzahlen oder Cache-Größen vorgesehen.

Hinzu kommt Varianz durch unterschiedliche Abwärmeklassen: Intel-CPUs mit U-Suffix in der Modellbezeichnung gehören zur 15-Watt-Klasse, P-Modelle zur 28-Watt-Klasse, H-Versionen zur 45-Watt-Klasse und HX-Modelle dürfen 55 Watt und mehr verheizen. Die Angaben gelten jeweils unter anhaltender Dauerlast; bei kurzfristigen Lastspitzen sind viel höhere Werte zulässig. Bei AMD sind die Buchstaben und Klassen ähnlich, aber nicht identisch: U steht für 15 bis 28 Watt, HS für 35 Watt, H für 45 bis 54 Watt und HX für noch mehr.

Da die Marketingabteilungen von AMD und Intel auch Verwirrspiele als ihr Aufgabenfeld verstehen, ändern sich Namen und Klassen regelmäßig – so auch 2024 wieder: Intel verwirft nicht nur den Core-i-Markennamen zugunsten von Core Ultra und startet die Nummerierungen mit dreistelligen Zahlen im 100er-Bereich neu, sondern streicht obendrein die P-Klasse. Stattdessen wird die H-Familie auf alles von 28 bis 45 Watt erweitert, was eine mas-

sive Spreizung hinsichtlich der Performance bedeutet. Darüber sagt der CPU-Name allein also noch weniger als bislang aus; es kommt stattdessen rein auf das Kühlssystem des jeweiligen Notebooks an.

AMD lässt mit Ryzen 8040 den Namenszusatz H sterben, aber nicht die Unterscheidung in mehrere TDP-Klassen, die fließend ineinander übergehen: 8040U bedeutet 15 bis 30 Watt, 8040HS 20 bis 30 Watt und 8045HS 35 bis 54 Watt. Pikant: Nicht nur basieren alle drei Familien auf demselben Chip, der somit zwischen 15 und 54 Watt betrieben werden kann, sondern er ist nahezu identisch zu den ebenfalls schon von Zen-4-Kernen befeuerten Ryzen 7040U/HS/H.

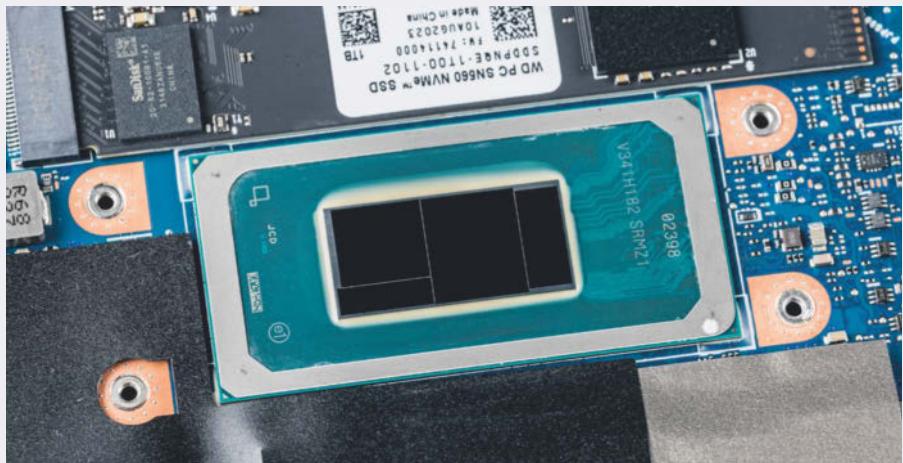
Diese wurde zeitgleich mit Ryzen 7035 und 7030 enthüllt, welche wiederum ein ganz anderes technisches Innenleben auf Zen-3-Basis haben: 7035 sind aufgefrischte Ryzen 6000, also noch ohne Raytracing-fähige GPU, während 7030 den noch ein Jahr älteren Ryzen 5000 entspricht, die noch ohne rasantes USB4 auskommen müssen.

Um alle verbliebenen Klarheiten zu beseitigen: Es gibt auch noch Ryzen 7020

als Zen-2-Einsteiger-QuadCore für besonders günstige Systeme. Und ja, diese CPUs heißen nicht ausschließlich Athlon, woran man die vergleichsweise geringe Performance sofort erkennen könnte, sondern auch Ryzen 3 und sogar Ryzen 5.

Gucken Sie also unbedingt auf die konkrete Modellnummer, denn zwischen zwei augenscheinlich ähnlichen Chips können Welten liegen: Der Billigvierkerner Ryzen 5 7520U schafft rund 5000 Punkte im Cinebench R23, die sechs Kerne des Ryzen 5 7640U hingegen das Doppelte – und viele andere Notebookprozessoren mit guten Kühlssystemen noch viel mehr.

Intel spielt übrigens ein ähnliches Spiel: Der Core i3-N305 ist der derzeit beste Billigableger, hat mit 12. oder 13. Core-i-Generation aber wenig gemein. Schwächere Modelle haben N-Nummer ohne Familiennamen. Celerons und Pentiums gibt es nur mit noch älterem und leistungsschwächerem Innenleben, somit sollte man ohne triftige Gründe erst recht die Finger davon lassen. Ohne Fachwissen ziehen Sie im Niedrigpreissegment eher eine Gurke als einen Schnapper an Land.



Intels Core-Ultra-100-Prozessoren sind kein monolithischer Siliziumchip, sondern werden aus mehreren Chiplets im Baukastenprinzip zusammengefügt.



**COMPUTEX**  
TAIPEI

InnoVEX

# COMPUTEX TAIPEI

## Connecting AI

COMPUTEX has grown, transformed with the industry, and established its reputation as the world's leading platform. The show will bring the latest tech trends: AI Computing, Advanced Connectivity, Future Mobility, Immersive Reality, Sustainability, and Innovations.



Explore Now

TaiNEX 1 & 2

04 — 07  
JUNE, 2024

[www.COMPUTEXTaipei.com.tw](http://www.COMPUTEXTaipei.com.tw) | [www.InnoVEX.com.tw](http://www.InnoVEX.com.tw)

Organizers: TAITRA TCA

## KI-Beschleuniger

In den x86-Prozessoren der Serien AMD Ryzen 7040, AMD Ryzen 8040 und Intel Core Ultra 100 stecken KI-Einheiten, die die CPU- und GPU-Rechenwerke bei solchen neuartigen Algorithmen unterstützen. Anders als bei Smartphones, wo sowohl bei der Aufnahme von Bildern als auch bei der Bearbeitung per magischem Radierer oder der Objekterkennung und -suche bereits heute viel künstliche Intelligenz im Hintergrund agiert, steckt KI in der PC-Welt aber noch in Kinderschuhen.

Das derzeitige Paradebeispiel ist das Weichzeichnen von Hintergründen beziehungsweise das Herausfiltern von Störgeräuschen bei Videokonferenzen. Das ist zwar ein wichtiger, aber auch ganz und gar unauffälliger Anwendungsfall, wo man als Nutzer lediglich mitbekommt,

dass die Lüfter des neuen Notebooks nicht mehr auf Anschlag laufen, weil eine hocheffiziente Hardwareeinheit die Rechnungen übernimmt. Das ist also dieselbe Kerbe, in die auch die Videoeinheiten der GPUs schlagen: Spezielle Aufgaben werden im Hintergrund von spezialisierter Hardware in Echtzeit abgearbeitet, ohne dass CPU- oder GPU-Kerne belastet werden und dabei viel Energie verheizen.

Für Filter, die auf Nutzerklick hin Bilder, Videos oder Audiodateien verändern, kommen in der Regel jedoch nicht die spezialisierten KI-Einheiten zum Einsatz, sondern die ungleich stärkeren CPU- oder GPU-Kerne. Damit ist auch sichergestellt, dass die Software schon jetzt auf einer breiten Masse an Geräten läuft – je nach Leistungsfähigkeit der Hardware muss



**Bei Notebooks mit allerneusten Prozessoren taucht im Taskmanager ein weiterer Eintrag zur integrierten KI-Einheit alias NPU auf.**

man mal kürzer und mal länger aufs Ergebnis warten. Aufsehenerregende generative KI-Modelle wie ChatGPT, Dall-E, Midjourney oder Sora laufen wiederum auf Server(farme)n, also gänzlich unabhängig von der lokal vorhandenen Hardware.

Trotz der positiven Entwicklung hin zu IPS oder OLED gibt es noch immer Notebooks, in denen Bildschirme mit unzeitgemäßer TN-Technik stecken. Das sind die gruseligen Displays, wo Farben je nach Blickwinkel zwischen flau und blass schwanken und beim Blick von oben oder unten auch mal in eine Invertierung abdriften. Man trifft sie üblicherweise in älteren oder auf niedrige Preise hin entwickelte Notebooks mit 16:9-Bildschirmen an, die weniger als Full-HD-Auflösung ( $1920 \times 1080$ ) aufweisen – typischerweise  $1366 \times 768$  Pixel bei 14 Zoll oder  $1600 \times 900$  Pixel bei 17,3 Zoll.

## Prozessoregalität

Die Qualität des eingebauten Bildschirms ist bei der Auswahl eines Notebooks wichtiger als das Prozessormodell. Auch wenn Fanboys auf die Barrikaden gehen: Es ist praktisch irrelevant, ob im Datenblatt nun ein Core i oder ein Ryzen steht – und das sogar aus mehreren Gründen.

So liegen die Rechenleistungen beider Lager auf sehr ähnlichem Niveau, wenn man aktuelle Prozessoren derselben Preisregion vergleicht. Ja, es gibt Anwendungen, die bis zu acht AMD-Kerne mit identischem Funktionsumfang stärker honorieren als Intels Kermischungen verschiedener Leistungsklassen. Wenn Sie das wissen und diese Anwendung auch zur Ihrem Anforderungsprofil

gehört, sollten Sie das beim Kauf berücksichtigen.

Für Office-Arbeiten, Videogucken, Internet-Surfen und vieles andere ist es aber schnurzegal, wer die CPU zugeliefert hat. Die drei genannten Szenarien rufen die maximale Rechenleistung gar nicht ab; stattdessen drehen die Prozessoren dabei hauptsächlich Däumchen. Zudem hat die Rechenleistung in den letzten Jahren einen großen Schritt nach vorne gemacht. Moderne Notebooks stellen alles in den Schatten, was bis 2020 verkauft wurde.

## TDP-Varianz

Schließlich lässt sich auch gar nicht pauschal sagen, ob nun ein Ryzen 7 oder ein Core i7 in derselben Situation flotter ist, sondern bestenfalls, ob Notebook A mit Ryzen 7 7840U flotter ist als Notebook B mit Core i7-1360P. Notebook-CPUs arbeiten in einem viel engeren Abwärmerahmen (Thermal Design Power, TDP) als Desktop-Prozessoren und die Notebookhersteller dürfen ihn verändern, damit das Kühlssystem eines Notebooks nicht überlastet wird.

Der CPU-Name dient damit bestenfalls als grobes Indiz, wobei dann selbst innerhalb einer CPU-Generation ein Core i5 auch mal schneller sein kann als ein Core i7 derselben nominellen TDP-Klasse mit derselben Kernanzahl in

einem anderen Notebook. Mit mehreren TDP-Klassen, verschiedenen CPU-Generationen, zwei Lieferanten von x86-Prozessoren sowie einem Büschel an Herstellern, die den Nutzern mitunter auf einem Notebook mehrere Profile zur Wahl anbieten, wird es multidimensional komplex.

Da klingt erst mal verwirrend, bringt Kunden aber Vorteile: Nur durch diese Varianzmöglichkeit können Hersteller eine so große Vielfalt an unterschiedlichen Notebookausprägungen bieten, wie man sie im Markt vorfindet. Ein Beispiel aus der 14-Zoll-Klasse des Jahrgangs 2023: Das LG Gram 14 wiegt weniger als ein Kilo und schafft Laufzeiten von über 24 Stunden, doch die maximale CPU-Rechenleistung ist geringer als im schweren und günstigeren Acer Swift Go 14, welches zudem spätestens nach 15 Stunden wieder ans Netzteil möchte [6]. Man hat also eher die Chance, ein Gerät zu finden, das genau zum eigenen Bedarf passt, als wenn die Abwärme und damit sowohl die Performance als auch die Dimensionierung des Kühlssystems fix vorgegeben wären.

Der Pferdefuß: Je spezieller das Notebook, desto teurer die Materialien und Komponenten und desto geringer die zu erwartenden Verkaufszahlen, auf die sich die Entwicklungskosten verteilen. Nischengeräte sind deshalb immer teuer: Für

besonders leichte Notebooks sind 1500 bis 2000 Euro nicht selten; Gaming-Notebooks mit besonders starken GPUs kosten wie die wenigen Notebooks mit faltbaren Bildschirmen auch mal 4000 Euro und mehr. Für gut ausgestattete MacBook Pro sind solche Preise ebenfalls üblich – und zwar nicht nur wegen der Materialien oder Chips, sondern weil Apple extreme Aufpreise für mehr Arbeitsspeicher oder SSD-Speicherplatz verlangt.

### Generationenstaffelung

In den vergangenen Jahren setzen die Notebookhersteller verstärkt auf eine weitere Möglichkeit, die Preise zu drücken: Sie aktualisieren nicht alle Modellreihen jedes Jahr mit der neuesten CPU-Generation. HP hat beispielsweise sein Pavilion Aero 13 – ein leichtes Mittelklassen-Notebook mit mattem 16:10-Bildschirm [7] – mit Ryzen 5000 auf den Markt gebracht, aber nicht im Folgejahr auf Ryzen 6000 umgestellt. Aktuell sind parallel Modelle

mit Ryzen 5000 und Ryzen 7035 im Markt – aber nicht mit dem noch neueren Ryzen 7040. Bei Intel-Notebooks geht es mindestens genauso weit in die Vergangenheit zurück: Es gibt unzählige Mittelklassemodelle mit Prozessoren der 12. Core-i-Generation.

Bei billigeren Geräten kann es auch noch weiter zurückgehen: Das Anfang Februar 2024 für 480 Euro bei Aldi verkaufte Medion E16423 hatte einen Core i5-1155G7 aus der elften Core-i-Generation (und nur 8 GByte nicht aufrüstbaren Arbeitsspeicher). Selbst CPUs der zehnten Core-i-Generation trifft man in solchen Preisbereichen noch an.

Die Tabelle auf Seite 28 gibt einen groben Überblick, welche CPU-Generation in welchem Jahr erstmals angesagt war. Das ist weniger wegen der Rechenleistung relevant, sondern vielmehr wegen anderer Aspekte, die am Alter hängen. So hatte das eben erwähnte Aldi-Notebook zwar schon einen Bildschirm

im 16:10-Format, doch bei anderen Notebooks mit dieser CPU-Generation ist das keinesfalls üblich. Thunderbolt ist wie USB4 zwar eine der Funktionen, die Hersteller erst ab der Oberklasse umsetzen, aber bei AMD steht dafür überhaupt erst seit Ryzen 6000 ein solcher Controller im Prozessor bereit.

### Oberklassekomfort

Da rasante USB-Datenübertragungsraten einen hohen Anspruch an die Signalqualität stellen, was unter anderem teurere Platinen und Buchsen bedeutet, wird sich zeigen müssen, ob man sie künftig auch in günstigeren Notebooks vorfinden wird. Andere ehemalige Alleinstellungsmerkmale der Oberklasse sind hingegen längst in der Mittelklasse angekommen. So bringen sowohl eine beleuchtete Tastatur als auch biometrisches Einloggen mittels Windows-Hello-tauglicher Fingerabdruckleser oder Webcams viel Komfort.

## MacBooks

Seit Ende 2020 nutzt Apple keine Intel-Prozessoren mehr für MacBooks, sondern verwendet hauseigene CPUs der M-Serie mit ARM-Befehlssatz. Die erste Generation mit den Inkarnationen M1, M1 Pro und M1 Max zog an gängigen x86-Prozessoren von AMD und Intel vorbei, doch da diese seitdem einen größeren Leistungssprung hingelegt haben, ist das Feld inzwischen wieder ausgeglichen, wenn man nur die Rechenleistung betrachtet.

Vor allem Intel-Prozessoren schaffen dieselbe Performance aber nur durch einen deutlich höheren Energieumsatz. Die ungleich bessere Effizienz von Apples Chips liegt unter anderem an der Fertigung beim Technikpartner TSMC: Apple bekommt neue Prozesse mit feinsten Strukturbreiten als erster und hat damit mehrere Generationen Vorsprung. Die hohe Effizienz erlaubt ein außergewöhnliches Gerätkonzept: Das MacBook Air ist sowohl in der 13- als auch der 15-Zoll-Varianten ein Notebook mit zeitgemäßer Rechenleistung, aber ohne Lüfter – es bleibt also durchgehend lautlos. Das ist mit x86-Prozessoren aktuell nicht möglich. Es steht zu erwarten, dass Apple im Laufe des Jahres die noch mit M2 verkauften Modelle durch

Nachfolger mit M3 ersetzen wird, ohne dass sich dadurch etwas signifikant am Alleinstellungsmerkmal der passiven Kühlung oder der Performance ändern wird.

In der Baureihe MacBook Pro ist die M3-Generation bereits verfügbar, und zwar sowohl als M3, M3 Pro und M3 Max [12]. Pro und Max sind nicht mehr so eng verwandt wie in den ersten beiden Generationen, was eine sinnvollere Staffelung im Apple-Portfolio mit sich bringt. Beide haben integrierte Grafikeinheiten, die deutlich leistungsfähiger sind als die bei AMD und Intel.

Das ist umgekehrt aber auch nötig, wenn man CAD-Anwendung oder 3D-Spiele auf der eigenen Anforderungsliste hat, denn Zusatz-GPUs gibt es im Apple-Kosmos nicht mehr. Das hochintegrierte Konzept sämtlicher Macs ähnelt damit eher dem von Spielkonsolen als von traditionellen PCs. Das gilt auch bei der Software: Weil es nur wenige Hardwaremodelle gibt, fällt es den Compilern leichter, darauf zu optimieren.

Apple lässt sich all diese Vorteile teuer bezahlen: Die MacBook Air mit M2 beginnen bei 1300 Euro (13 Zoll) beziehungsweise 1600 Euro (15 Zoll), haben dann aber



**Das lüfter- und damit durchgängig lautlose MacBook Air 15"** liefert eine zeitgemäße Rechenleistung. So etwas gibt es bei Windows-Notebooks derzeit nicht.

nur extrem knapp bemessene Kapazitäten bei Arbeitsspeicher (8 GByte) und SSD (256 GByte). Bei den MacBook Pro sind die Einstiegsmodelle mit M3 Pro besser bestückt, kosten aber auch mindestens 2500 Euro (14 Zoll) beziehungsweise 3000 Euro (16 Zoll). In allen Fällen kostet mehr Speicher unverschämt hohe Aufpreise, die völlig von tatsächlichen Komponentenpreisen losgelöst sind – und der Nutzer muss das schlucken, weil alles aufgelötet und damit nicht nachträglich aufrüstbar ist.

## CPU-Jahrgänge (Auswahl)

Jahr	AMD	Intel
2024	Ryzen 8040	Core Ultra 100, Core i-14000
2023	Ryzen 7040	Core i-1300(0)
2022	Ryzen 6000 (=7035)	Core i-1200(0)
2021	Ryzen 5000 (=7030)	Core i-1100(0)
2020	Ryzen 4000	Core i-1000(0)

Ein Aspekt, den kaum ein Notebookhersteller bewirbt, sondern der in den letzten Jahren eher klammheimlich Verbreitung fand, ist eine vom Nutzer wählbare Ladeobergrenze des Akkus. Notebooks sind zwar an sich mobile Geräte, werden aber nicht wie Smartphones täglich und hauptsächlich im Akkubetrieb eingesetzt. Beim anhaltenden Betrieb an einem Netzteil respektive USB-C-Dock verharrt der Akkufüllstand dann aber bei 100 Prozent, was ihn rasant altern lässt. Stellt man eine Obergrenze von 80 Prozent ein, lässt man zwar 20 Prozent Kapazität brachliegen. Der Akku altert aber ungleich langsamer, sodass man die 80 Prozent (oder mehr) auch noch nach drei bis vier Jahren abrufen kann.

Die spätestens seit der Pandemie alltäglich gewordenen Videokonferenzen haben neue Anforderungen mitgebracht, die aber erst noch ihren Weg in den Massenmarkt finden müssen. Wir kennen aktuell nur Premium-Notebooks, die die Hersteller mit besonders tollen Webcams bestücken und dies dann auch mit Schlagworten wie 5K-Auflösung bewerben. KI-Einheiten (siehe Kasten auf S. 26) gibt es nur in den allerneuesten Notebook-Prozessoren, die erst seit wenigen Monaten (AMD) beziehungsweise Jahresbeginn (Intel) in den Markt tröpfeln.

### Ausblick

In der Gerüchteküche brodelt seit einiger Zeit, dass Microsoft das Hypothema KI

noch in diesem Jahr mit einer neuen Windows-Version würdigen wird. Vor Herbst wird da allerdings nichts spruchreif sein, und wir erwarten auch kein Windows 12, sondern eine in irgendeiner Form erweiterte Variante von Windows 11. Ob es sich dabei dann analog zur Windows XP Tablet PC Edition um eine mit Komplettsystemen vertriebene KI-Edition handelt oder nur um einen zusätzlichen Marketingsticker, den man bei Oberklassegeräten auf der Handballenablage vorfinden wird, muss sich noch zeigen.

Dem Vernehmen nach haben auch die CPU-Hersteller noch nicht ihr gesamtes 2024er-Pulver verschossen. AMD könnte noch vor Jahresende Prozessoren mit Zen-5-Architektur vorstellen. Intel wiederum möchte mit Lunar Lake auch bei der Effizienz wieder vorne mitspielen.

Qualcomm will zur Jahresmitte mit den Oryon-Prozessoren endlich Windows-on-ARM-Notebooks salonfähig machen – und das nicht wie bislang per Marketing, sondern konkurrenzfähiger Performance dank Nuvia-Kernen. Letztere haben tatsächlich Potenzial, doch es ist noch völlig unklar, welche Notebook-

## Chromebooks

Chromebooks erlebten hierzulande zu Beginn der Covid-19-Pandemie einen Boom, als die Nachfrage an Mobilgeräten für Homeoffice und Homeschooling jegliches Angebot übertrafen, doch die Verkaufszahlen brachen umso stärker wieder ein, als Windows-Geräte ab 2022 wieder besser verfügbar waren. Das legt den Schluss nahe, dass jedes Gerät besser ist als keines, aber Chromebooks dann noch nicht die erste Wahl sind, wenn etablierte Alternativen bereitstehen.

Tatsächlich lässt sich alles von dem, was man mit einem Chromebook erledigen kann, auch mit einem Windows-Notebook erledigen: Chrome (oder andere Browser) gibt es auch dafür, und mehr braucht man nun mal nicht für Webdienste. Das Argument „ich brauche keinen Microsoft-Account“ wiegt genauso schwer wie „ich brauche einen Google-Account“, denn beides sind US-Giganten, die Daten global verarbeiten und damit nicht immer per DSGVO greifbar sind – und im Zweifelsfall auf Anordnung von US-Geheimdiensten sowieso einknicken.

Zudem fehlt ein einheitliches Konzept: Etwa zum gleichen Zeitpunkt, als Google Gaming-Chromebooks vorgestellt hat – also Geräte mit martialischem Gehäusedesign, flotten Bildschirmen und wilder RGB-LED-Beleuchtung als Endpunkte fürs Zocken in der Cloud –, wurde die Google-Tochter Stadia als Anbieter von Game-Streaming dichtgemacht. Zudem gilt wie oben: Sowohl Stadia als auch andere Anbieter woll(t)en natürlich möglichst viele Kunden und unterstütz(t)en deshalb unzählige Client-Geräte unabhängig von deren Betriebssystem.

Damit bleibt bestenfalls noch die persönliche Präferenz, für welchen US-Großkonzern man die meisten Sympathien hegt. Von der Geräteauswahl her spricht wenig für Chromebooks: Nur wenige Notebookhersteller haben hierzulande überhaupt Modelle im Angebot. Bei ordentlicher Hardwareausstattung im wertigen Metallgehäuse sind Preisschilder vierstellig. Selbst für die neue Chromebook-Plus-Klasse mit x86-CPUs, worüber



**Das Lenovo IdeaPad Flex 5i trägt das Premiumlabel Chromebook Plus. Die gehobene Ausstattung mit gutem Bildschirm im 16:10-Format, zeitgemäßem Core i3 und viel lokalem Speicher kostet knapp 700 Euro.**

ein Mindestmaß an lokaler Performance sichergestellt ist, können mit Core i3 (2P+4E) und 8 GByte nicht erweiterbarem Arbeitsspeicher um die 700 Euro aufgerufen werden [13] – immerhin mit gutem 16:10-Bildschirm.

hersteller noch Interesse daran haben, nachdem bereits fünf Generationen fruchtlos waren.

Und dann ist da mittelfristig die Frage, wie es künftig überhaupt bei Mobilprozessoren und damit bestückten Geräten weitergeht. In der x86-Welt braucht man für eine spieltaugliche 3D-Leistung derzeit wie eh und je einen Zusatzgrafikchip. Apple zeigt hingegen bei seinen Pro- und Max-Prozessoren, dass man sowas auch vollständig als hochintegriertes SoC hinbekommt. AMD arbeitet unter dem Codenamen Strix Halo an einem konzeptionell ähnlichen Gegenstück, doch das dürfte erst was für 2025 werden. Intel hat ebenfalls alle Bausteine für ein solches Produkt zur Verfügung, doch in der Gerickeküche blubbert noch nichts dergleichen.

(mue@ct.de) 

## Literatur

- [1] Lutz Labs, Schnell dran, schnell drin, Sieben Docks mit Thunderbolt 4 im Test, c't 13/2023, S. 60
- [2] Ulrike Kuhlmann, Zweitdisplay, Neun kompakte USB-C-Monitore für mehr Desktopfläche an Notebook und PC, c't 2/2022, S. 92
- [3] Florian Müssig, Lademeister, Lenovos leichtes ThinkBook 13x Gen 2 mit Ladematte, c't 6/2023, S. 100
- [4] Florian Müssig, Großes Leichtgewicht, 1-Kilo-Notebook: LG Gram 15 SuperSlim, c't 5/2024, S. 72
- [5] Florian Müssig, KI-Notebook, Microsoft Surface Laptop Studio 2 mit KI-Zusatzchip, c't 1/2024, S. 78
- [6] Florian Müssig, Kompakte 2023er, Sieben 13- und 14-Zoll-Notebooks mit aktuellen Core-i-Prozessoren, c't 13/2023, S. 76
- [7] Florian Müssig, Leicht günstig, HPs leichtes Pavilion Aero 13 mit flottem Ryzen und mattem 16:10-Bildschirm, c't 2/2022, S. 66
- [8] Florian Müssig, Großes DIY-Notebook, Frameworks modularer und reparaturfreundlicher Laptop 16, c't 4/2024, S. 84
- [9] Florian Müssig, Zocker-Tablet, Spieltaugliches Windows-Tablet mit Core i9-13900H und GeForce RTX 4070, c't 11/2023, S. 100
- [10] Florian Müssig, OLED-Schmetterling, Lenovos Dual-Screen-Notebook Yoga Book 9i im Test, c't 28/2023, S. 100
- [11] Florian Müssig, Riesenfalter, Asus ZenBook 17 Fold mit faltbarem OLED-Touchscreen, c't 7/2023, S. 86
- [12] Florian Müssig, M3-Macs, MacBook Pro 14", MacBook Pro 16" und iMac mit den Apple-Prozessoren M3, M3 Pro und M3 Max, c't 29/2023, S. 106
- [13] Stefan Porteck, Eins draufgesetzt, IdeaPad Flex 5i: Chromebook Plus von Lenovo im Test, c't 29/2023, S. 76
- [14] Ernst Ahlers, Bühne frei fürs Super-WLAN, Wie Wi-Fi 7 das WLAN beschleunigt und was die ersten Geräte taugen, c't 4/2024, S. 48
- [15] Florian Müssig, Günstiges Geschäft, Lenovo ThinkPad E16 Gen 1 mit mattem 16:10-Bildschirm, c't 23/2023, S. 70

**Notebooks im heise Preisvergleich:**  
[ct.de/yc9r](http://ct.de/yc9r)

## Leitfaden Notebookkauf

Hierzulande sind mehrere Hunderte Notebooks in jeweils mehreren Ausstattungsvarianten erhältlich. Da hilft nur, das Marktangebot gemäß dem eigenen Bedarf zu filtern. Das geht am einfachsten mit Preisvergleichssuchmaschinen wie der von heise online ([ct.de/yc9r](http://ct.de/yc9r)), weil diese herstellerübergreifend detailreiche Produktdatenbanken pflegen. Folgender Leitfaden führt schnell zu einer engeren Auswahl nach Ihrem Bedarf und unseren Empfehlungen:

1. Soll das Notebook eher was Kompaktes für unterwegs sein oder stört ein großer Bildschirm nicht, weil Sie es nur daheim nutzen? Wählen Sie anschließend keine fixen Diagonalen wie 13,3 Zoll oder 17,3 Zoll, sondern stellen lediglich mehr oder weniger als 15,0 Zoll ein. Das trägt obendrein neueren Displaydiagonalen Rechnung.
2. Beschränken Sie die Auswahl auf Notebooks mit 16:10- und 3:2-Bildschirmen. Die bringen bei gleichen Gerätetypen spürbar mehr Bildfläche als 16:9-Modelle.
3. Wenn Ihnen eine matte Bildschirmoberfläche oder ein Touchscreen wichtig sind, wählen Sie entsprechende Optionen aus. Eine Bildwiederholrate von mehr als 60 Hertz ist toll, aber überwiegend bei teureren Geräten anzutreffen.
4. Lassen Sie als Prozessoren nur solche zu, die seit Anfang 2022 erschienen sind. Damit ist sichergestellt, dass Sie den massiven Performancegewinn der letzten Jahre mitnehmen.
5. Wählen Sie mindestens 16 GB Arbeitsspeicher aus. Bedenken Sie, dass man nur die allerwenigsten Notebooks noch selbst aufrüsten kann.
6. Mit den bereits gesetzten Filtern dürfen Sie überwiegend Notebooks vorfinden, die mindestens 512 GB rasanten SSD-Speicherplatz mitbringen. 256 GB sind wenig zeitgemäß, sondern nur akzeptabel, wenn Sie nicht viele Daten lokal speichern. Ist Ihnen das hingegen wichtig, dann

filtern Sie jetzt alles unterhalb von 1 TByte aus.

7. Wählen Sie, welche Schnittstellen Sie am Notebook wünschen oder brauchen. HDMI ist weit verbreitet, ein Kartenleser hingegen kaum noch. Es kann also passieren, dass die Ergebnisliste ab hier massiv zusammenschrumpft. USB4 oder Thunderbolt läuft auf teurere Oberklasse hinaus, sorgt aber dafür, dass Sie mit rasanten externen SSDs arbeiten können, wodurch eine kleine interne SSD (siehe vorangegangener Punkt) nicht so weh tut.
8. Wenn 3D-Spiele oder CAD eine Rolle spielen, dann sollte im Notebook eine Nvidia-GPU vom Kaliber einer GeForce RTX 4060 oder höher stecken. Wenn nicht, dann gehört jegliche Art von Zusatz-GPU über Filter wie „iGPU“ oder „integrierte Grafikeinheit“ abgewählt: Sie verzerrt das System und macht es teurer, ohne dass Sie etwas davon haben.

Wenn die nach Ihren Kriterien gefilterte Auswahl weiterhin groß ist und Ihr Budget noch Luft lässt, können Sie nachjustieren: Wünschen Sie vielleicht ein Komfortmerkmal wie einen Helligkeitssensor oder eine beleuchtete Tastatur? Wäre ein besonders geringes Gewicht doch ganz nett?

Bleibt nach Ihrer Filterung hingegen kein Notebook übrig oder liegt die Ergebnisliste weit über Ihrem Budget, müssen Sie in sich gehen: Auf welche der gewählten Optionen können Sie am ehesten verzichten? Spätestens wenn Sie Notebooks mit älterem 16:9-Bildschirmformat zulassen, werden die Auswahl größer und die Preise kleiner. Dann verzichten Sie aber auf den größten Komfortgewinn der letzten Jahre und Sie müssen aufpassen, kein Display mit schlechter Bildqualität zu erwischen.

Bleiben Sie bei Ihren Anforderungen und Erwartungen grundsätzlich realistisch: Der spieltaugliche 18-Zöller, der einen Tag ohne Netzteil auskommt, unterwegs zum 1-Kilo-Kompaktnotebook zusammengefaltet wird und nur 600 Euro kostet, existiert nicht.

# Angezogene Handbremse

## Videostreaming: Telekom startet MagentaTV 2.0 nur für wenige Nutzer

**Ein Streamingdienst überarbeitet seine Plattform grundlegend, schaltet die neue Oberfläche aber erst einmal nur für Kunden mit neuem Vertrag frei. Das klingt merkwürdig, lief beim Mitte Februar vollzogenen Relaunch von MagentaTV jedoch so ab.**

Von Nico Jurran

Wer sich den Begleittext zur jüngst erschienenen MagentaTV-App im Apple App Store oder Google Play Store durchliest, könnte danach etwas irritiert sein. Immerhin heißt es dort, die App könne „ausschließlich in Verbindungen mit Tarifbuchungen ab dem 15.02.2024 genutzt werden“. Bestandskunden müssen weiter die alte Anwendung verwenden, die nun den Namen „MagentaTV – 1. Generation“ trägt. Ihr fehlt die neue Oberfläche, die Mitte Februar an den Start ging, lediglich trägt die integrierte Mediathek nun den Namen „MagentaTV+“ statt „Megathek“.

Entsprechend verhält es sich mit der Streamingbox „Magenta One“, die c't gerade in der Neuauflage im Test hatte (siehe Seite 66 in dieser Ausgabe): Das Testgerät musste extra freigeschaltet werden, um mit unserem bestehenden Vertrag die neue Oberfläche anzuzeigen.

Immerhin versicherte MagentaTV auf Nachfrage von c't, die neue Oberfläche in den kommenden Wochen sukzessive auch für Bestandskunden freizuschalten, wenn diese den Dienst ohne Telekom-Internetzugang gebucht haben. Kniffliger sei die Lage bei MagentaTV-Kunden mit Telekom-Festnetzvertrag, was nach Auskunft

des Providers die Mehrheit ist. Sie müssten üblicherweise den Vertrag wechseln und ihre Settop-Box austauschen lassen, wenn sie noch ein altes G4-Modell besitzen.

Mit dem Relaunch hat die Telekom nämlich auch die MagentaTV-Tarife überarbeitet, um dem Umstand gerecht zu werden, dass ihre Partner Disney+ und Netflix nun Abos mit Werbeoption anbieten. Herausgekommen ist ein Bundle namens „Mega Stream“ komplett ohne Werbung und drei Abostufen namens Flex, Smart und Smart Stream, bei denen man Disney+ und Netflix mit oder ohne Reklame hinzubuchen kann. Ärgerlich: Wer auf der Website im Konfigurator sein Bundle ungeschickt zusammenklickt, zahlt am Ende eventuell mehr, als wenn er einfach das nächsthöhere Abo wählt. Also: Augen auf bei der Tarifwahl!

### Amazon: mit Werbung, ohne 3D-Sound und Dolby Vision

Amazons hatte bei seinem Videostreamingdienst Prime Video bereits Anfang Februar Werbeunterbrechungen eingeführt (siehe c't 4/2024, S. 32), dennoch ist dieser Schritt immer noch Gesprächsthema. Der Grund: Entgegen der ursprünglichen Aussagen unterscheidet sich das Werbeabo vom monatlich rund 3 Euro teureren Standardabo nicht nur hinsichtlich der Reklame.

Vielmehr bekommen Nutzer des Werbeabos keinen (englischsprachigen) 3D-Sound im Dolby-Atmos-Format und kein dynamisches HDR-Bild nach dem Standard Dolby Vision mehr geliefert, sondern nur 5.1-Ton ohne zusätzliche Höhenkanäle und ein statisches HDR-Bild im Format HDR10, obwohl auf entsprechend ausgestatteten Endgeräten bei Titeln wie der Originals-Serie „Die Gabe“ in der Übersicht noch die Logos für Dolby Atmos und Dolby Vision erscheinen.

Prime Video bestätigte dies auf Nachfrage, äußerte sich dazu aber nicht weiter. Nun liegt es nahe, dass Amazon so den Druck erhöhen will, auf das Standardabo zu wechseln. Denkbar ist aber auch, dass die Werbeclips nur in HDR und mit 5.1-Ton vorliegen und Prime Video es technisch nicht hinbekommt, zwischen diesen Formaten und Dolby Vision beziehungsweise Dolby Atmos hin und her zu wechseln. Mehrere Nutzer berichteten auch, dass Werbeblöcke mitten in einem Dialog gestartet wurden.

Nicht zuletzt dürften sich auch noch deutsche Gerichte mit der Einführung der Werbeabos bei Prime Video beschäftigen: Aktuell klagt die Verbraucherzentrale nach eigenen Angaben gegen Amazon, da dies nach ihrer Ansicht eine verdeckte Preiserhöhung darstellt. Die Verbraucherzentrale sieht eine wesentliche Vertragsänderung, für die nicht die nötige Zustimmung der Nutzer eingeholt worden sei.

(nij@ct.de) ct

MagentaTV SMART STREAM	MagentaTV MEGA STREAM
✓	✓
Über 100	Über 100
✓	✓
100 Std.	100 Std.
<input type="radio"/> RTL+ Premium	<input checked="" type="radio"/> RTL+ Max ohne Musik
<input checked="" type="radio"/> RTL+ Max	<input type="radio"/> RTL+ Max
<input type="radio"/> Standard-Abo mit Werbung	<input checked="" type="radio"/> Standard-Abo
<input checked="" type="radio"/> Standard-Abo	<input type="radio"/> Premium-Abo
<input type="radio"/> Premium-Abo	
<input type="radio"/> Standard-Abo mit Werbung	<input checked="" type="radio"/> Standard-Abo
<input checked="" type="radio"/> Standard-Abo	<input type="radio"/> Premium-Abo
<input type="radio"/> Premium-Abo	
24 Monate	24 Monate
14 € mtl. <small>ab dem 7. Monat 31 € mtl.</small>	0 € mtl. <small>ab dem 7. Monat 27 € mtl.</small>
<a href="#">Tarif wählen</a>	<a href="#">Tarif wählen</a>

Beim Konfigurator auf der MagentaTV-Website sollte man genau hinschauen: Trotz identischen Leistungsumfangs kommen bei den Abos teilweise unterschiedliche Preise heraus.

# Erste Fritzbox mit Power-over-Ethernet

**AVMs kommende Fritzbox 6860 5G holt das Internet per Mobilfunk und kann für besseren Empfang auch außen am Haus hängen.**

Auf dem Mobile World Congress Ende Februar hat AVM die erste Fritzbox gezeigt, die sich über LAN-Kabel mit Energie versorgen lässt (Power-over-Ethernet, PoE gemäß IEEE 802.3at, max. 30 Watt). Das erlaubt, die für Fixed-Wireless-Access (FWA) gedachte 6860 5G dort zu platzieren, wo zwar der Mobilfunkempfang gut ist, aber keine Steckdose in Reichweite. Mobilfunkseitig arbeitet der Router mit vier MIMO-Streams und optional Carrier Aggregation. Damit soll er laut Hersteller bis zu 1,3 Gbit/s heranholen, sowohl im Stand-alone- als auch Non-Stand-alone-Modus (SA, NSA).

Fürs interne Netz hat der neue Mobilrouter einen Gigabit-Ethernet-Port sowie Wi-Fi 6 mit zwei MIMO-Streams. Darüber schafft er bis zu 600 Mbit/s brutto (2,4 GHz) beziehungsweise 2400 Mbit/s

(5 GHz). Per DECT kann man Schnurlostelefone koppeln, Gespräche laufen über VoLTE, VoNR (5G) oder VoIP. Die IP-Schutzart des Gehäuses nennt AVM nicht, erlaubt aber ausdrücklich den „Außen-einsatz“.

Außer der 6860 5G präsentierte AVM auf dem MWC auch einen neuen Router für Provider: Die Fritzbox 7682 holt das Internet per Telefonkabel, und zwar gemäß DSL-Super-Vectoring (Profil 35b bis 300 Mbit/s) oder G.fast (Profil 212 bis 1 Gbit/s). Letzteres ist für Fiber-to-the-Basement-Installationen interessant, wo die Glasfaser im Keller endet und das Internet über Telefonleitungen im Haus weiterverteilt wird. Funkseitig spricht die 7682 Wi-Fi 6 und 7 mit vier MIMO-Streams in zwei Funkbändern (maximal 1200 und 5760 Mbit/s brutto). Außerdem hat sie je zwei Ethernet-Ports mit bis zu 2,5 und 1 Gbit/s sowie Fritzbox-typisch eine integrierte DECT-Basis für Telefonie und Smart-Home-Funktionen.



Bild: AVM

**AVMs Fritzbox 6860 5G ist für Fixed-Wireless-Access gedacht und holt bis zu 1,3 Gbit/s per 5G-Mobilfunk herein.**

AVMs WLAN-Repeater sollen per Firmware-Update demnächst auch als Mesh-Master arbeiten können. So können Fritz-Mesh-Nutzer ihre WLAN-Infrastruktur weiterbetreiben, falls der Provider die gestellte Fritzbox durch einen anderen Routertyp ersetzt. (ea@ct.de)

## Frische Wi-Fi-7-Basen

Lancom zeigte wie AVM auf dem Mobile World Congress neue WLAN-Hardware: Der nordrhein-westfälische Netzwerkhersteller präsentierte auf der Messe zwei WLAN-Access-Points für die jüngst aus der Taufe gehobene WLAN-Spezifikation IEEE 802.11be alias Wi-Fi 7. **Die Geräte richten sich an Firmenkunden und heißen LX-7500 und LX-7300.**

In den weißen Gehäusen zur Wand- und Deckenmontage stecken bei beiden Modellen Wi-Fi-7-Chips für 2,4, 5 und 6 GHz sowie ein vierter Scan-Radio. Letz-

teres schweift regelmäßig über alle drei Bänder, ohne dabei den WLAN-Betrieb der anderen Chips zu stören, und kann laut Lancom bösartige Access-Points erkennen, die nur vorgeben, zum Firmennetz zu gehören. Außerdem werden die Daten zur automatischen Kanalwahl und von Lancoms Netzausbalancierungssoftware Active Radio Control (ARC) eingesetzt.

Der LX-7300 liefert zwei MIMO-Streams pro Frequenzband; der LX-7500 funk mit vier Streams. Beide Basen besitzen zwei Kupfer-Ethernet-Ports: einmal 10 Gbit/s, einmal 2,5 Gbit/s. Die Ports können mittels Link-Aggregation simultan genutzt werden. Die Spannungsversorgung läuft über Power-over-Ethernet. Während der LX-7300 auf nur einem Port PoE-fähig ist, kann der LX-7500 redundant auf beiden Ports versorgt werden.

Der Marktstart der LX-7000-Modelle ist für Sommer 2024 geplant. Im Gespräch mit c't erklärte Lancom, dass sich beide Geräte sowohl hard- als auch softwaretechnisch noch in der Entwicklung befänden. (amo@ct.de)



Bild: Lancom

**Lancoms neue LX-7000-Modelle sollen rasante Datenraten zur Luft liefern. Dafür haben beide Modelle je einen 10-Gigabit- und einen 2,5-Gigabit-Ethernet-Port.**

## Kurz & knapp

Exsys' EX-60114, eine durch ihre PCIe-Anbindung leistungsbeschränkte **Vier-Port-Multigigabit-Netzwerkkarte, hat einen verbesserten Nachfolger** bekommen: Die EX-60115 mit vier 2G5-Ports für 146 Euro soll **auf allen Anschlüssen gleichzeitig vollen Durchsatz** erlauben. Sie hat vier Intel-NIC-Chips i225V, die der PC über PCIe 3.1 mit vier Lanes steuert.

Delock treibt mit der 81260, einer **Multigigabit-PCIe-Karte** auf Basis des Realtek-Chips RTL8126, die LAN-Geschwindigkeit hoch: Sie **transportiert gemäß NBase-T bis zu 5 Gbit/s**, was ein Netgear-Switch bestätigte, scheiterte aber im c't-Kurztest mit manchen Gegenstellen an der nächst-niedrigeren Stufe von 2,5 Gbit/s und fiel auf 1 Gbit/s herunter. Der Anbieter konnte unseren Fehler nicht nachstellen, geht ihm aber nach.

# EU-Kommission leitet Verfahren gegen TikTok ein

**Befördert TikTok Verhaltensküchte bei Minderjährigen? Diesen Verdacht hegt die EU-Kommission und ermittelt förmlich im Rahmen des Digital Services Acts gegen den Videodienst.**

Nur zwei Tage, nachdem der Digital Services Act (DSA) voll wirksam wurde, kam das sogenannte European Board of Digital Services zu seiner konstituierenden Sitzung in Brüssel zusammen. Im Board koordiniert sich die Kommission mit den nationalen Aufsichtsbehörden (Digital Services Coordinators, DSC), um ihre Maßnahmen abzustimmen. Einige DSA-Vorschriften können sogar ausschließlich vom Board durchgesetzt werden, etwa der Krisenreaktionsmechanismus. Für Deutschland nahm eine Vertreterin der Bundesnetzagentur teil, die hierzu lande bald offiziell als DSC fungieren soll.

Das Treffen startete gleich mit einem Knall: Die EU-Kommission in Person von Binnenmarktkommissar Thierry Breton teilte mit, dass sie ein formelles Verfahren gegen TikTok eröffnet hat. Für die Kurzvideoplattform gelten die DSA-Regeln bereits seit Ende August 2023, weil sie als sehr große Plattform identifiziert wurde. Adressat des Verfahrens ist die EU-Nie-

derlassung TikTok Technology Limited in Dublin. Bereits seit September 2023 untersucht die EU-Kommission, ob TikTok den Jugendschutzvorschriften im DSA nachkommt.

Offensichtlich hat sich nun der Verdacht erhärtet. Man prüfe im Verfahren unter anderem die „systemischen Risiken im Hinblick auf tatsächliche oder vorhersehbare negative Auswirkungen, die sich aus der Gestaltung des TikTok-Systems ergeben, einschließlich algorithmischer Systeme, die Verhaltensküchte fördern und/oder sogenannte Kaninchenloch-Effekte verursachen können“. Außerdem stehe die Altersüberprüfung im Fokus, die möglicherweise den hohen Risiken nicht angemessen sei. Auch die vorgewählten Datenschutzeinstellungen seien Untersuchungsgegenstand.

Die Kommission will erst einmal „weiter Beweise sammeln“ und könne sich „dabei beispielsweise auf zusätzliche Auskunftsersuchen, Befragungen oder Inspektionen stützen“, teilte sie mit. Mit der Verfahrenseröffnung hat sie alle Untersuchungen zu möglichen Jugendschutzverstößen von TikTok an sich gerissen. Die DSCs der Mitgliedsstaaten sind nun davon entbunden, wie sie im Boardmeeting erfuhrten. (hob@ct.de)

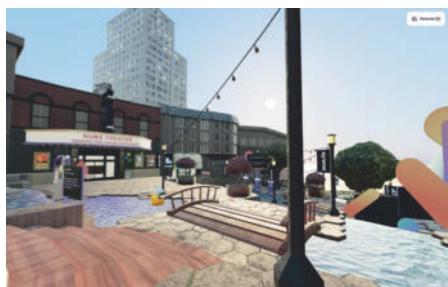


Bild: EU-Kommission

Am 19. Februar trafen sich Vertreter der DSA-Aufsichtsbehörden erstmalig am runden Tisch in Brüssel, um ihre Maßnahmen zu koordinieren.

# Veränderungen bei Mozilla

Mitchell Baker hat ihren Posten als CEO der Mozilla Corporation verlassen. Ihre Nachfolge hat Laura Chambers übernommen, die seit drei Jahren Mitglied im Verwaltungsrat des Unternehmens sitzt. Kurz nach diesem Wechsel wurde ein internes Memo bekannt, das einige Veränderungen ankündigt. So werde man die Virtual-Community-Plattform Hubs (siehe c't 13/2021, S. 116) einstellen und das Engagement bei seiner Mastodon-Instanz mozilla.social und seinem VPN-Dienst herunterschrauben. Stattdessen wolle man sich auf Firefox und KI konzentrieren. (jo@ct.de)



**Mozilla stellt seine virtuelle Meeting-Plattform Hubs ein.**

# Bluesky kommt ins Fediverse

Bluesky hat in einem Blogeintrag erläutert, dass sein gleichnamiger Dienst jetzt dezentral arbeitet. Das bedeutet, dass User nicht mehr einen Account auf dem Server von Bluesky einrichten müssen, sondern ihre Daten selbst hosten können.

Daher liegt die Idee nahe, Bluesky mit dem Fediverse zu verknüpfen. Genau das plant der Entwickler Ryan Barrett. Er will Bluesky an sein Projekt Bridge Fed anbinden. Damit verbindet er das Fediverse bereits mit dem IndieWeb, einem anderen verteilten sozialen Netzwerk.

Barretts Vorhaben wird im Diskussionsforum seines Projekts bei GitHub kontrovers diskutiert. So gibt es Stimmen aus beiden Lagern – Bluesky und Fediverse – gegen eine Verknüpfung. Barrett hat auf diese Kritik reagiert. Er will seine Bridge so gestalten, dass Benutzer sich damit einverstanden erklären müssen, dass Nutzer aus dem jeweils anderen Netzwerk ihren Beiträgen folgen können. (jo@ct.de)

# Schlappe für Chatkontrolle

**Der Europäische Gerichtshof für Menschenrechte hat die Schwächung abhörsicherer Ende-zu-Ende-Verschlüsselung verboten. Der von der EU-Kommission vorgelegte Gesetzesvorschlag zur sogenannten Chatkontrolle gerät damit weiter in Bedrängnis.**

In einem Urteil vom 13. Februar hat der Europäische Gerichtshof für Menschenrechte zugunsten des Telegram-Nutzers Anton Podchasov entschieden, dass die Schwächung abhörsicherer Ende-zu-Ende-Verschlüsselung alle Nutzer und deren Recht auf freie Meinungsäußerung gefährdet und gegen die Europäische Menschenrechtskonvention verstößt. Podchasov hatte 2018 gegen die russische Regierung geklagt, nachdem diese vom Betreiber des Messengers gefordert hatte, verschlüsselt versandte Nachrichten zu entschlüsseln.

Das Gericht begründete die Entscheidung wie folgt: Die Verschlüsselung helfe Bürgern und Unternehmen, sich gegen Cyberangriffe und den Verlust sensibler Daten zu schützen. Eine Hintertür würde die Sicherheit der elektronischen Kommunikation aller Nutzer gefährden. Schließlich gebe es Mittel, Verdächtige gezielt zu überwachen. Der EU-Abgeordnete Patrick Breyer kommentierte, dass „mit diesem grandiosen Grundsatzurteil“ die von der EU-Kommission zur Chatkontrolle gefor-

derte Überwachung der privaten digitalen Kommunikation eindeutig illegal sei.

Ende-zu-Ende-Verschlüsselung in Messengern wie WhatsApp oder Signal gewährleistet die Privatsphäre digitaler Kommunikation. Ende-zu-Ende-verschlüsselte Nachrichten kann nur der jeweilige Empfänger lesen, auch der Messengerbetreiber kann sie nicht einsehen. 2022 hat die EU-Kommission einen Gesetzentwurf vorgelegt, der diesen Schutz der Privatsphäre untergraben würde. Die sogenannte Chatkontrolle sieht vor, die gesamte digitale Kommunikation der EU-Bürger nach sogenanntem CSAM (Child Sexual Abuse Material) zu durchleuchten. Auch die eigentlich inhärent private Kommunikation per verschlüsseltem Messenger wäre betroffen.

In der Praxis ließe sich das auf zwei Arten umsetzen: Indem man die Verschlüsselung mit einer Hintertür aufbräche oder Chats direkt auf den Endgeräten durchleuchtete. Beides bedeutete eine Aushebelung der Verschlüsselung und damit das Ende der privaten Kommunikation im Netz. Eine Mehrheit der EU-Regierungen hat den Gesetzesentwurf unterstützt, eine kleine Gruppe, darunter Deutschland, hat ihn bislang blockiert. Im März beraten die EU-Innenminister erneut.

Anbieter großer Plattformen wie Meta, Google oder Microsoft durchleuch-



Bild: Silas Stein/cpa-Bildfunk

**Die Schwächung sicherer Ende-zu-Ende-Verschlüsselung digitaler Kommunikation verstößt laut einem Urteil des Europäischen Gerichtshofs für Menschenrechte gegen die Europäische Menschenrechtskonvention.**

ten Nutzerinhalte freiwillig nach CSAM. Die Scans sind möglich, weil etwa Chats in sozialen Netzwerken wie Instagram derzeit nicht standardmäßig Ende-zu-Ende-verschlüsselt sind. In der EU ist diese Überwachung privater Kommunikation nur aufgrund einer Ausnahmeregelung erlaubt, die kürzlich auslaufen sollte. EU-Parlament und EU-Rat haben sich am 15. Februar auf eine Verlängerung bis April 2026 geeinigt. Unabhängig davon hat Betreiber Meta im Dezember 2023 begonnen, die standardmäßige Ende-zu-Ende-Verschlüsselung privater Chats in Facebook Messenger einzuführen. (kst@ct.de)



## CodeMeter – Ein endloser Erfolgskreislauf für Ihr Unternehmenswachstum

**SCHÜTZEN SIE IHRE SOFTWARE**  
mit besten Verschlüsselungs- und Obfuscations-Technologien

**ERFÜLLEN SIE WÜNSCHE**  
Ihrer Kunden mit vielseitiger und skalierbarer Lizenzierung

**PROFITIEREN SIE**  
von Ihrer Arbeit auf globaler Ebene wieder und wieder

Treffen Sie uns!



**embeddedworld**  
Exhibition & Conference

Halle 4, Stand 168

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



**SECURITY  
LICENSING**

**PERFECTION IN PROTECTION**

## Datenschützer leiten Verfahren gegen die Schufa ein

**Der österreichische Datenschutzverein NOYB geht rechtlich gegen die Schufa vor. Er wirft dem Unternehmen Kundenmanipulation bei Datenauskünften an Verbraucher vor.**

Die Datenschutzaktivisten von NOYB („non of your business“) haben beim hessischen Datenschutzbeauftragten Anzeige gegen die Schufa erstattet. Diese hindere mit manipulativen Designs ihrer Website Menschen daran, eine kostenlose Auskunft über gespeicherte Daten nach Artikel 15 DSGVO zu bestellen. Stattdessen bewerbe sie ausschließlich die sogenannte „Bonitätsauskunft“ für derzeit 30 Euro.

NOYB hält bereits die Namensgebung für irreführend, da die Schufa die kostenlose Auskunft als „Datenkopie“ bezeichne und das Wort „Auskunft“ für das Bezahlprodukt missbrauche. Die Datenschützer monieren außerdem, dass die Schufa Verbrauchern davon abrät, die kostenlose Auskunft mit Dritten wie Vermietern zu teilen. Stattdessen verweist sie auf ein dafür gedachtes gesondertes Zertifikat im Bezahlprodukt. Dieses bewirbt die Schufa unter anderem damit, dass Vermieter damit anders als in der kostenlosen Auskunft nach DSGVO keinen Einblick in sensible Daten wie den Basisscore erhalten.

Den Score in der kostenlosen Auskunft berechnet die Schufa außerdem nicht tagesaktuell, sondern er bildet den Stand zum Quartalsbeginn ab. Branchenscores etwa für Banken gibt die Schufa darin nur an, wenn sie solche bis zu zwölf Monate zuvor an Geschäftskunden übermittelt hat.

Für NOYB hält die Schufa damit absichtlich Daten zurück, die sie im Bezahlprodukt mitliefert. Dieses enthält die aktuellen Werte am Bestelldatum. NOYB stößt sich zudem an dessen schnellerer Lieferung. Die Schufa selbst gibt ein bis drei Tage für den Postweg an, der PDF-Versand erfolgt im besten Fall in Minuten. Die kostenlose Auskunft braucht hingegen vier bis sieben Tage. Sämtliche Unterschiede treffen laut NOYB insbesondere Menschen, die ihre Kreditwürdigkeit gegenüber neuen Vermietern nachweisen müssen.

Die Schufa bestreitet die Vorwürfe umgehend. Nach ihrer Rechtsauffassung zählen die Scores nicht zu den schützenswerten Daten nach Artikel 15 DSGVO. Sie übererfülle ihre Pflicht also sogar. Auch der Versand erfolge innerhalb der gesetzlichen Fristen. Darüber werden vermutlich Gerichte entscheiden. Auch die geplante Änderung im Bundesdatenschutzgesetz (c't 5/2024, S. 47) könnte die Schufa künftig zu mehr kostenloser Transparenz zwingen. (mon@ct.de)

## Gremium soll Bargeld schützen

Die Bundesbank hat ein nationales „Bargeldforum“ gegründet. Außer dem Institut gehören ihm die Verbände der Kreditwirtschaft, des Einzelhandels, des Verbraucherschutzes, der Geld- und Wertleistungsdienstbranche und der Automatenbetreiber an. Das Forum soll „Bargeld als effizientes und allgemein verbreitetes Zahlungsmittel erhalten“.

Das Gremium soll demnach helfen, dass Bargeld weiterhin ein akzeptiertes Zahlungsmittel bleibt und dass es überall zu bekommen ist. Damit reagiert die Bundesbank auch auf eine Auftragsstudie zur Zukunft des Bargeldes (c't 4/2024, S. 30). Darin sprachen sich 93 Prozent der Teilnehmer dafür aus, auch künftig selbst entscheiden zu wollen, ob sie bar oder elektronisch bezahlen.

Der Verbraucherzentrale Bundesverband (vzbv) forderte in einem eigenen Papier eine Akzeptanzpflicht für Bargeld. Die (bisher legale) Praxis einiger Händler, Cash per Aushang auszuschließen, solle verboten werden. Zudem müssten Bürger barrierefrei und ohne lange Wege an Bargeld kommen. Der Trend gehe derzeit in die andere Richtung. (mon@ct.de)

## ADAC-Karten gehen an Solaris

Der ADAC wechselt die **Partnerbank für die Visa-Kreditkarten**, die Mitglieder in ihren Mitgliedsausweis integrieren können. Laut einer E-Mail an die betroffenen 1,3 Millionen Kunden löst die Berliner Solaris die bisher zuständige Landesbank Berlin (LBB) ab. Bis zum dritten Quartal 2024 sollen Inhaber eine neue Kombikarte von Solaris erhalten.

ADAC und Solaris hatten die Übernahme bereits im Sommer 2022 vereinbart. Die Bank suchte aber länger als geplant nach Investoren für das notwendige höhere Eigenkapital. Dieses deckt vor allem die Risiken von Zahlungsausfällen. Zudem kontrolliert seit Ende 2022 ein Sonderbeauftragter der Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht (BaFin), ob Solaris ausreichend gegen Geldwäsche sowie Identitäts- und andere Betrüger vor geht. Diese Sonderaufsicht schreckt Investoren zusätzlich ab. (mon@ct.de)



Die Datenschutzaktivisten von NOYB werfen der Schufa rechtswidrige Praktiken bei Datenauskünften vor.

# Hürdenlauf statt Datenschutz

Von Hartmut Gieselmann



**G**roße KI-Firmen wie OpenAI sind um ihr Image und ihre Vertrauenswürdigkeit ebenso bemüht wie der Bankangestellte in der Filiale um die Ecke: „OpenAI ist bestrebt, durch den Schutz von Kundendaten, Modellen und Produkten, Vertrauen in unser Unternehmen und unsere Plattform aufzubauen.“ heißt es auf der Webseite des US-Konzerns. Schaut man sich allerdings die konkreten Umsetzungen der Datenschutzfunktionen an, kommen einem Zweifel an der Seriosität.

Dass die Unternehmen übersichtliche und leicht bedienbare Benutzeroberflächen entwickeln können, beweisen sie, wenn es darum geht, neue Konten und Aboverträge abzuschließen. Da geht alles fix auf Knopfdruck. Will man OpenAI allerdings verbieten, ChatGPT mit den eigenen Konversationen zu trainieren, wird es kompliziert.

Statt eines Klicks in den Einstellungen muss man sich zum Untermenü „Datenkontrollen/Chatverlauf & Training“ hängeln. Darin auf den kleingedruckten Satz „Erfahren Sie mehr“ klicken und in der neu erscheinenden englischen FAQ bis zum Punkt „What if I want to keep my history on but disable model training?“ scrollen. Dann im Fließtext auf das unterstrichene „privacy portal“ klicken, im neu aufpöppenden Fenster „Do not train on my content“ anklicken und seine Mailadresse eingeben. Danach zum Mailclient wechseln und in der dort angezeigten Mail auf einen Link klicken. Im Browser bestätigen, dass man verstehe, dass das Trai-

ningsverbot nur für künftige Konversationen gelte, sein Land aus einer Liste heraussuchen und auf „Confirm Request“ klicken. Wieder zum Mailclient wechseln und auf zwei Bestätigungsmaile warten. Die erste bestätigt, dass der Antrag eingegangen ist, die zweite – Hurra, nur eine Minute später –, dass ChatGPT künftig nicht mehr mit meinen Konversationen trainieren würde. Das sind 14 Schritte, wo eigentlich ein Klick genügen könnte, wenn OpenAI den Datenschutz wirklich ernst nähme. Offensichtlich wollen sie nicht, dass sich irgendein Nutzer gegen das Training wehrt.

Immerhin: Man muss kein Fax losschicken. Aber selbst nach der schriftlichen Bestätigung bleiben Zweifel: Wer sich die Abo-Angebote unter „Mein Plan“ anschaut, liest dort: Man müsse von ChatGPT „Plus“ für 20 Dollar im Monat auf „Team“ für 300 Dollar im Jahr wechseln und mindestens einen zweiten Teampartner finden, der ebenfalls 300 Dollar im Jahr zahlt. Erst dann seien die „Teamdaten [...] standardmäßig vom Training ausgeschlossen“.

Undurchsichtig sind auch OpenAIs Angaben zur neuen „Memory-Funktion“. Diese soll Konversationen speichern und für neue Gespräche nutzen. Fragt man ChatGPT nach der Memory-Funktion und wie man die dort gespeicherten Informationen kontrollieren und löschen kann, stellt sich der Chatbot plötzlich dumm. Er fragt, über welches Interface man auf ihn zugreife und verweist auf allgemeine Informationen von vor einem Jahr. In den Einstellungen von ChatGPT steht jedenfalls nichts von einer zusätzlichen Memory-Funktion.

In seinem Blog-Beitrag verharmlost OpenAI seine Datensammlung am Beispiel eines Kindergeburtstags:

Wäre es nicht toll, wenn sich ChatGPT im Gespräch daran erinnern würde, dass Deine Tochter früher von Quallen geschwärmt hat, und auf die Frage, welche Einladungskarten es für die Geburtstagsparty gestalten soll, DALL-E Quallen mit Partyhüten malen lässt?

Abgesehen davon, dass laut AGB Jugendliche unter 13 Jahren ChatGPT nicht nutzen dürfen, verniedlicht dieses Beispiel die Größe des Problems: OpenAI sammelt mit ChatGPT Tag für Tag höchst umfangreiche Informationen über die Interessen, Vorlieben und die Gesprächsführung der 100 Millionen Nutzer, die sich jede Woche mit dem Sprachbot unterhalten. Sein über die mobile App kostenlos nutzbarer Voicechat sammelt zudem Stimmprofile ein. Mit diesen Daten ließen sich durchaus umfangreiche Persönlichkeitsprofile erstellen, die sich für gezielte Werbung, bei Vertragsverhandlungen oder auch für politische Kampagnen eignen.

Wäre Anhäufung dieses immensen Datenschatzes nicht schon problematisch genug, führt sie zu abstrusen Weltherrschaftsphantasien. Denn das damit verbundene KI-Training verschlingt unvorstellbare Ressourcen. Der Chef von OpenAI, Sam Altman, trommelt derzeit bei Geldgebern, Industriepartnern und Regierungen für Investitionen in Höhe von 7 Billionen US-Dollar (sic!), um auf der ganzen Welt gigantische Serverzentren aus dem Boden zu stampfen. Dagegen sind die von Microsoft im schönen Rheinland geplanten Hyperscaler (siehe Seite 16) nichts als „Peanuts“. 30 Jahre nachdem dieser Begriff zum Unwort des Jahres erklärt wurde, ist die Sprache zwar bereinigt, der Größenwahn in den Köpfen wuchert jedoch weiter.

# **Windows bekommt sudo**

**Windows 11 bekommt den bei unixoiden Betriebssystemen gängigen Befehl sudo zur Be-rechtigungserhöhung.**

Microsoft hat einen sudo-Befehl für Windows entwickelt und vorgestellt – zunächst können ihn Teilnehmer der Betatest-Community Windows Insider ausprobieren, wenn sie Vorabversionen von Windows 11 im Updatekanal „Canary“ oder „Dev“ installieren. Läuft auf dem PC mindestens Build-Nummer 26052, kann man den Befehl in der Einstellungen-App unter „System/Für Entwickler“ aktivieren. Der sudo-Code selbst ist Open Source und bei GitHub verfügbar; bei Microsoft Learn ist der Befehl dokumentiert (siehe [ct.de/ye13](https://ct.de/ye13)).

Das Windows-sudo hat trotz der Namensgleichheit nicht allzu viel mit dem Unix-Vorbild zu tun. In seiner ersten Fassung ist es kaum konfigurierbar; es kennt lediglich drei verschiedene Betriebsmodi. In der Standardeinstellung „in einem neuen Fenster“ öffnet sudo `programmname.exe` ein neues Fenster, in dem das aufgerufene Programm mit erhöhten Rechten läuft. Dieses Verhalten ist mit dem Standard-Windows-Befehl `runas` vergleichbar. Mit der Einstellung „Inline“ hingegen verhält sich sudo ähnlich wie auf Unix-ähnlichen Systemen: Der Prozess mit erhöhten Rechten läuft im aktuellen Konsolenfenster.

Der Modus „Mit deaktivierter Eingabe“ entspricht der Einstellung „Inline“, allerdings nimmt der Prozess keine Tastaturreingaben entgegen.

Die drei Modi bieten unterschiedliche Sicherheitslevel. Speziell im Inline-Modus könnte Schadcode versuchen, den sudo-Prozess mit erhöhten Rechten zu manipulieren. Bei deaktivierter Eingabe wird die Angriffsfläche zumindest etwas verkleinert, da keine manipulierten Eingaben möglich sind.

Es stellt sich die Frage: Wozu das Ganze, wenn es doch mit den Befehl runas ein ganz ähnliches Bordmittel gibt? Verglichen mit runas gibt es allerdings drei Unterschiede. Erstens unterstützt runas keinen Inline-Modus – der Befehl öffnet stets ein neues Fenster. Zweitens eignet sich das microsoftsche sudo bislang ausschließlich zur Rechteausweitung auf Administrator-Level; bei runas kann man ein beliebiges lokales Benutzerkonto zur Ausführung angeben. Microsoft hat allerdings schon angekündigt, eine Ausweitung auf beliebige Benutzerkonten mit einem späteren Update nachzuliefern. Und drittens erfolgt die Rechtebestätigung bei sudo ausschließlich per Benutzerkontensteuerung (UAC-Dialogfester), während runas die Kennworteingabe in der Konsole unterstützt. (jss@ct.de)

**sudo-Doku und -Quellen: ct.de/ye13**

# Sonderheft: c't Windows-Projekte

Das c't-Sonderheft aus dem Themenbereich Windows ist ab sofort erhältlich. Auf 146 Seiten geballten Windows-Wissen lesen Sie Praxisanleitungen zu bewährten c't-Projekten wie WIMage, Restrict'or und c't-KeyFinder. Auch das c't-Notfall-Windows ist in der aktuellen 2024er-Version dabei. Und natürlich gehts nicht nur um diese Tools. So zeigen wir etwa, wie Sie die Sicherheitsfunktion AppLocker auch ohne Enterprise-Abo nutzen, was beim Herunterfahren eines Windows eigentlich passiert oder was die unscheinbare Taschenrechner-App alles kann. Zudem beantworten wir immer wieder aufkommende Fragen zum Microsoft-Konto und zur Laufwerksverschlüsselung BitLocker.



c't Windows-Projekte ist ab sofort erhältlich – online via [shop.heise.de](http://shop.heise.de) und im Zeitschriftenhandel. Die Papierversion kostet 14,90 Euro, die digitale Ausgabe 12,99 Euro. Das Bundle aus digitaler und gedruckter Ausgabe gibt es zum Preis von 19,90 Euro. ([jss@ct.de](mailto:jss@ct.de))

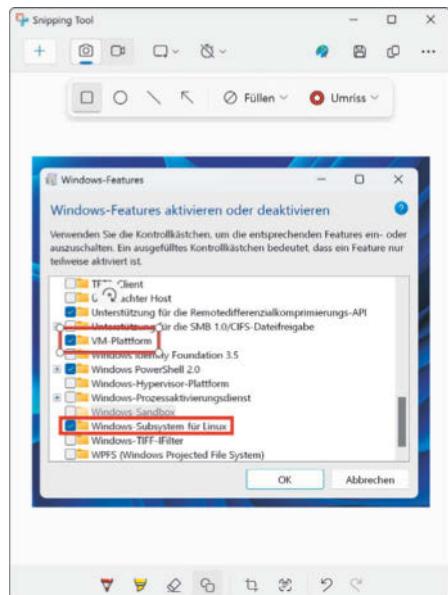
## Drei neue App-Funktionen

Microsoft versieht drei Windows-Standard-Apps mit **mehr Funktionen**, die zunächst in allen Kanälen des Betatestprogramms Windows Insider zu haben sind. Die Screenshot-App Snipping Tool bekommt die Option, Kreise, Ovale und Rechtecke direkt einzufügen. Das ist praktisch, um für Umrandungen und Markierungen nicht erst Paint oder eine andere Bildbearbeitung öffnen zu müssen. In den kommenden Wochen dürfte Microsoft die neue Funktion des Snipping Tool für die Allgemeinheit freigeben.

Eine weitere Änderung betrifft den Editor notepad.exe. Per Kontextmenü kann man künftig einen markierten Textbereich mit der Bitte um Erklärung an die KI-Assistenzfunktion Windows Copilot übergeben. Allerdings: Der Copilot ist bis Redaktionsschluss in EU-Ländern offiziell noch gar nicht verfügbar. Bis auf Weiteres ist die neue Editor-Funktion also bloß theoretischer Natur.

Außerdem bekommt die Funktion für die Fleckenkorrektur in der Windows-Fotoanzeige ein Update. Sie heißt künftig „Generatives Löschen“ und soll – wie der Name bereits andeutet – generative KI-Funktionen verwenden, um realistischere Ergebnisse zu erzielen.

(jss@ct.de)



Mit dem Snipping Tool kann man künftig Kreise, Ovale und Rechtecke direkt in Screenshots einfügen.

## Survival-Hype hält an: Pacific Drive & Nightingale

Mit Pacific Drive und Nightingale sind im Februar zwei weitere Survival-Games erschienen, die allerdings mit eigenen Ideen aus dem immer gleichen Sammeln-Craften-Bauen-Trott ausbrechen.

Pacific Drive gibt dem Survival-Genre einen Dreh in Richtung Roadmovie: In einer abgeriegelten Zone im Nordosten der USA häufen sich physikalische Anomalien, Radioaktivität und angriffslustige Drohnen. Wir werden dort hineingezogen und sind auf eine rostige Schrottkarre als Basis angewiesen. Anstatt sesshaft zu werden und eine immer komfortablere Basis zu bauen, bleibt nur, immer wieder den fahrbaren Untersatz zu reparieren.

Unterwegs sammeln wir mit passendem Werkzeug Material, um das klapprige Gefährt mit besseren Fahrzeugteilen auszustatten. Übrigesc Material landet in Kisten auf dem Rücksitz und eine Art mobile Werkbank hilft dabei, neue Teile und Werkzeuge herzustellen. Mit etwas Glück trägt uns der Wagen von einer sicheren Station zur nächsten, auf der Suche nach einem Weg aus der Zone.

Das Spiel von Ironwood Studios aus Seattle ist seit dem 22. Februar 2024 für rund 30 Euro auf Steam und im Epic Games Store für Windows erhältlich sowie für PlayStation 5. Im Test lief die Steam-Demo auch mit Proton unter Linux.



**Steampunk-Optik und ein fantastisches Feenreich:** In Nightingale erkundet man prozedural generierte Welten.

Bereits am 20. Februar 2024 ist das Survival-Open-World-Game Nightingale des kanadischen Studios Infexion Games in den Early Access auf Steam gestartet. Durch den Kollaps eines rätselhaften Portals strandet man in dieser ans viktorianische Zeitalter angelehnten Fantasy-Spielwelt in einem Feenreich. Allein oder gemeinsam kann man nun durch weitere Portale prozedural generierte Feenwelten erkunden. Ganz Survival-Genre typisch sammelt man Ressourcen, baut Werkzeuge, Waffen und allerlei andere Dinge und errichtet eine Basis. Zaubersprüche und Gegenstände mit magischen Eigenschaften helfen beim Überleben in diesem Online-Game, einen Offlinemode gibt es derzeit nicht. Nightingale ist für Windows auf Steam erhältlich und kostet 29 Euro. (lmd@ct.de)

**Links & Videos:** [ct.de/ycht](http://ct.de/ycht)

### Kurz & knapp

Neu bei c't zockt: In unserem Indie-Gaming-Kanal auf YouTube haben wir **Keep-Up Survival** angespielt (Video siehe [ct.de/ycht](http://ct.de/ycht)). Im Survival-Spiel des deutschen Entwicklers Witte's Studio schlägt sich die einzige Überlebende ganz allein durch.



Medienberichten zufolge **will Nintendo nicht vor 2025 einen Nachfolger für seine Switch-Konsole auf den Markt bringen**. Die Hardware der aktuelle Nintendo Switch ist fast sieben Jahre alt und wurde nur 2021 durch ein OLED-Display erneuert.

Der Koop-Shooter „**Helldivers 2**“ ist ein **Überraschungshit**, doch die Server waren nicht darauf ausgelegt. Die Entwickler des schwedischen Studios Arrowhead stocken derzeit die Kapazitäten auf, um dem Ansturm gerecht zu werden. Bis zu 457.649 Aktive waren laut SteamDB gleichzeitig auf den Servern anzutreffen.

## Die Zukunft der Virtualisierung erwartet Sie

Zuverlässige Virtualisierung von Hyper-V bis Proxmox VE

Die Welt der IT wandelt sich täglich. Umso wichtiger ist es, rechtzeitig in zukunftsfähige Lösungen zu investieren. Mit den Virtualisierungs-Lösungen von Thomas-Krenn ist Ihre IT-Infrastruktur bereit für die Herausforderungen von morgen. Ob Proxmox VE oder Hyper-V – wir finden die optimale Lösung für Ihre individuellen Virtualisierungs-Anforderungen.



Jetzt Lösungen entdecken:  
[thomas-krenn.com/virtual](http://thomas-krenn.com/virtual)

**THOMAS  
KRENN®**  
IT's people business

# Verbrannte Erde

## Apple stoppt Progressive Web Apps in der EU

**Der Digital Markets Act der EU fordert für alle Browser einer Plattform gleiche Rechte. Apple setzt diese Forderung auf iOS um, indem es den Funktionsumfang beschneidet, sodass in der EU auf iPhones bald keine Progressive Web-Apps mehr laufen.**

Von Dušan Živadinović

Mit Erscheinen von iOS 17.4, das Apple für März angekündigt hat, endet das Leben von Progressive Web Apps (PWA) auf iPhones innerhalb der Europäischen Union. Das bestätigte Apple Mitte Februar auf seiner Developer-Website nach mehreren Anfragen (siehe ct.de/y966). Testern der Betaversion des iOS 17.4 war zuvor aufgefallen, dass die Funktion fehlte und PWA stattdessen in Apples Browser Safari liefen. Apple begründet den Schritt mit notwendigen Anpassungen an den Digital Markets Act (DMA) der EU. Doch es hätte auch andere Optionen als solch eine destruktive Reaktion gegeben.

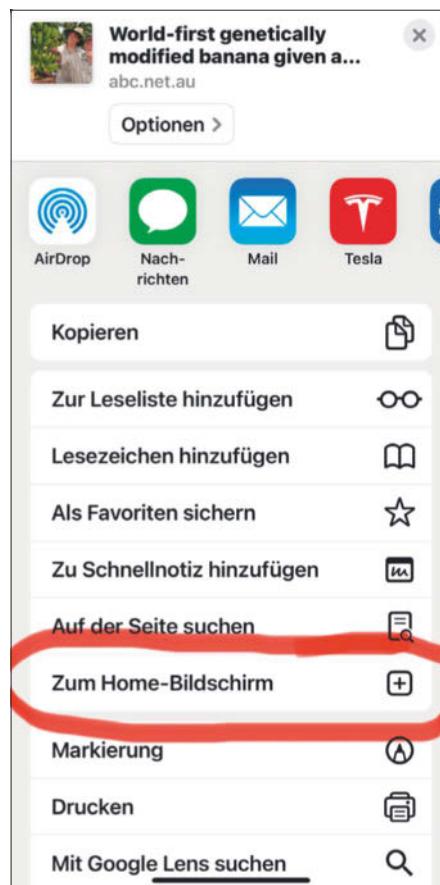
Auf iOS-Versionen bis 17.3x lassen sich Webanwendungen auf dem Homescreen ablegen und ähnlich bedienen wie native Apps. PWA können Daten auf dem iPhone ablegen und Push-Mitteilungen aufs Display bringen. Deshalb sind sie für Entwickler verlockend, die keine native iOS-Anwendung schreiben wollen.

Nun muss Apple aber gemäß dem DMA anderen Browserherstellern auf iOS gleiche Rechte einräumen und das bedeutet auch, dass diese Apples WebKit nicht mehr verwenden müssen. Deshalb gestattet Apple ab iOS 17.4 fremde Web-Engines auf dem iPhone. Doch zugleich nimmt der Konzern die Öffnung zum Anlass, um in der EU die PWA abzuwürgen.

iOS habe traditionell Homescreen-Webanwendungen ausgeführt, „indem es

direkt auf WebKit und dessen Sicherheitsarchitektur aufsetzt“, erklärt Apple in seinen Entwicklerunterlagen (ct.de/y966). Auf diese Weise nutzen solche Web-Apps bisher das Sicherheits- und Datenschutzmodell für native Apps auf iOS, einschließlich der Isolierung des Speichers und der Systemfunktionen beim Zugriff auf datenschutzrelevante Funktionen.

Doch ohne diese Sicherheitsvorkehrungen könnten „böswillige Web-Apps Daten anderer Web-Apps lesen und deren Zugriffsrechte missbrauchen, um ohne Zustimmung des Nutzers auf Kamera, Mi-



Bisher lassen sich auf iPhones beliebige Webseiten als Progressive Web-Apps auf dem Home-Bildschirm ablegen und ähnlich nativen Apps nutzen. Ab iOS 17.4 würgt Apple diese Funktion in der EU ab.

krofon oder Standortdaten zuzugreifen“, rechtfertigt sich der Konzern.

Unterm Strich sei nach der Öffnung für fremde Web-Engines keine Möglichkeit mehr vorhanden, das System zu schützen. „Um die komplexen Sicherheits- und Datenschutzbedenken im Zusammenhang mit Web-Apps, die alternative Browser-Engines verwenden, auszuräumen, müsste eine völlig neue Integrationsarchitektur geschaffen werden, die es derzeit in iOS nicht gibt.“ Das sei angesichts der anderen Anforderungen des DMA „und der sehr geringen Nutzerakzeptanz von Home-screen-Web-Apps“ zu aufwendig. „Um die Anforderungen des DMA zu erfüllen, mussten wir daher die Funktion der Home-screen-Web-Apps in der EU entfernen.“

Genau genommen äußert sich der DMA zu Web-Apps gar nicht. Und ebenso wie Apples WebKit bisher einen Schutzaum um sensible Daten und Elemente gezogen hat, könnte Apple Hersteller anderer Browser-Engines zu gleichen Sicherheitsvorkehrungen verpflichten, um dann PWA wenigstens mit Verzögerung wieder zuzulassen. Davon ist aber keine Rede.

Entwickler stehen nun vor dem Dilemma, entweder auf iPhone-Nutzer als Kunden zu verzichten oder Mehraufwand zu treiben, um bereits laufende Web-Apps neu als iOS-Apps zu implementieren.

Dagegen führt der Konzern ins Feld, das Aus für PWA habe nur „minimale Auswirkungen auf den Funktionsumfang“. iOS-Nutzer in der EU könnten „weiterhin über ein Lesezeichen direkt von ihrem Startbildschirm aus auf Websites zugreifen“.

### Web-Apps verschwinden, Daten auch

Doch das ist ein schwacher Trost, weil mit dem Ende der Web-Apps auch die zugehörigen Daten vom iPhone verschwinden. Apple hätte den Schaden begrenzen können, wenn es wenigstens den Entwicklern, die auf iOS umsteigen wollten, eine Anpassungsfrist gelassen hätte, um gespeicherte Nutzerdaten zu retten. Insgesamt wirkt die Beschneidung trotzig, denn Apple hat erst im Sommer die PWA-Funktionen für iOS und macOS ausgeweitet.

Die EU-Kommission dürfte Apples Schritt geknickt zur Kenntnis nehmen. Nun folgt Apple zwar der Aufforderung, sein iOS für fremde Browser-Engines zu öffnen, aber Nutzer und Entwickler zahlen einen Preis dafür.

(dz@ct.de) ct

Apples Reaktion auf den DMA: [ct.de/y966](http://ct.de/y966)

# WebAssembly macht Traefik v3 gelenkiger

**Der Reverse Proxy Traefik ist beliebt bei Docker-Nutzern und läuft in vielen Kubernetes-Clustern. Traefik v3 bringt viele neue Features, die das Routingtalent fit für die Zukunft machen sollen.**

Wer viel mit Anwendungen in Containern arbeitet, stolpert früher oder später über Traefik. Viele Docker-Nutzer verdrahten mit dem Reverse Proxy ihre Container, der vollautomatisch TLS-Zertifikate von Let's Encrypt besorgt und verlängert. In Kubernetes-Clustern sorgt Traefik dafür, dass Anfragen an den richtigen Container durchgereicht werden und ist bei c't oft die erste Wahl, wenn es darum geht, einen Webdienst ins Internet zu hängen (siehe ct.de/ygz5).

In Traefik v2, das die Entwickler 2019 veröffentlicht haben, wurde der Reverse Proxy durch sogenannte Middlewares deutlich flexibler. Das sind kleine Hilfsprogramme, die eine Anfrage zwischen dem Erstkontakt mit Traefik („Entry-Point“) und dem Ziel der Anfrage („Service“) modifizieren. Die Middleware namens BasicAuth fragt beispielsweise Nutzernamen und Passwort ab, bevor sie eine Anfrage an einen Webserver durchreicht. Wer eine Funktion bei den Traefik-Middlewares vermisste, war bislang auf den Go Interpreter Yaegi angewiesen, um Traefik neue Tricks beizubringen.

Jetzt haben die Entwickler den ersten Release Candidate von Traefik v3 veröffentlicht. In Traefik v3 können Nutzer Plug-ins und Middlewares erstmals mittels HTTP-Wasm (WebAssembly) erweitern. Im Gegensatz zu Yaegi sind Entwickler damit nicht auf Go beschränkt, sondern können in Rust oder C programmieren, um Traefik an ihre Bedürfnisse anzupassen. Das neue Feature macht Traefik zukunftssicher und erleichtert es Entwicklern, schneller auf neue Anforderungen in der Cloud zu reagieren.

Das Kubernetes Gateway-API ist inzwischen der Standard, um Anfragen in einen Kubernetes-Cluster zu routen und funktioniert jetzt auch mit Traefik v3. Die HTTP/3-Funktionen in Traefik 3 sollen jetzt produktionsreif sein. Außerdem haben die Entwickler OpenTelemetry integriert, um Metriken und Logs zu erfassen. Die Entwickler wollen den kommenden Wechsel für die Nutzer so problemarm wie möglich gestalten und haben bereits eine ausführliche Anleitung zum Umstieg veröffentlicht (siehe ct.de/ygz5). (ndi@ct.de)



Bild: traefik.io

**Der Release Candidate von Traefik v3 ist ein guter Anlass, um sich mit den neuen Funktionen vertraut zu machen.**

jetzt produktionsreif sein. Außerdem haben die Entwickler OpenTelemetry integriert, um Metriken und Logs zu erfassen.

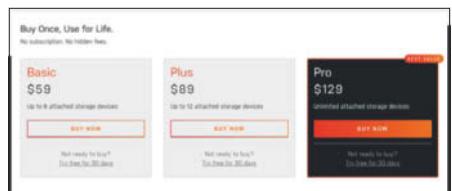
Die Entwickler wollen den kommenden Wechsel für die Nutzer so problemarm wie möglich gestalten und haben bereits eine ausführliche Anleitung zum Umstieg veröffentlicht (siehe ct.de/ygz5). (ndi@ct.de)

**Anleitung zum Umstieg auf Traefik v3: ct.de/ygz5**

## Unraid as a Service

Lime Technology, das Unternehmen hinter der proprietären NAS-Distribution Unraid, folgt dem Branchentrend und hat den **Wechsel auf ein Abomodell angekündigt**. In einem Blogeintrag fassen die Entwickler die Änderungen am Geschäftsmodell zusammen, nachdem einige Informationen bereits ihren Weg in die Community gefunden hatten. Konkrete Preisangaben bleiben sie aber bislang schuldig.

Noch wirbt das Unternehmen auf seiner Website mit dem Slogan „Buy Once, Use for Life“ und bietet Unraid mit unterschiedlichen Lizenzen an, die die Anzahl der Festplatten begrenzen. Wer Unraid „Basic“ für 59 US-Dollar kauft, kann bis zu sechs Festplatten nutzen, Unraid „Plus“



**Die Lösung „Buy Once. Use for Life“ gilt bei Unraid bald nur noch für Altkäufer.**

(89 US-Dollar) erlaubt bis zu zwölf Festplatten und „Pro“ für 129 US-Dollar setzt kein Limit an Festplatten.

Künftig ersetzt „Starter“ die „Basic“-Lizenz, mit der man bis zu vier Festplatten anschließen kann, sie soll dafür aber günstiger werden. Mit „Unleashed“ kann man beliebig viele Festplatten anschließen und sie soll etwa so viel kosten wie die bisherige „Plus“-Lizenz.

Der Knackpunkt: Beide Lizenzen versorgt der Hersteller nur für ein Jahr mit Aktualisierungen. Wer nach dem Ablauf Updates für ein weiteres Jahr bekommen will, muss dafür einen Preis zahlen, den das Unternehmen „optional“ nennt. Wer will, könnte die Software schließlich auch ohne Aktualisierungen weiter nutzen. Davon raten wir ab, denn wer will für einen Netzwerkspeicher schon Software betreiben, deren Sicherheitslücken nicht mehr gestopft werden?

Der Wechsel auf das Abomodell bedeute keine Konsequenzen für Käufer der bisherigen Lizenzen. Die werden weiterhin ohne zusätzliche Kosten dauerhaft mit Updates bedacht. (ndi@ct.de)

## Streit bei nginx führt zu Fork

Max Dounin, einer der Hauptentwickler des Open-Source-Webservers nginx, **hat das Projekt nginx geforkt** und führt die Entwicklung unter dem Namen freenginx fort.

Dounin wirft dem Unternehmen F5 vor, mit bestehenden Sicherheitsrichtlinien im nginx-Projekt gebrochen zu haben, indem sie einen Bug im experimentellen HTTP/3-Code als Sicherheitslücke deklariert und eine CVE-Nummer vergeben haben. F5 hatte nginx im Jahr 2019 gekauft und operiert selbst als CVE-Numbering-Authority (CNA). Dounin und weitere Entwickler vertreten die Position, dass das Problem laut den Sicherheitsrichtlinien als gewöhnlicher Bug gelte und keine Ausnahme verdiene.

Auf der Website freenginx.org schreiben die Entwickler, sie wollen das Projekt vor dem Einfluss durch Unternehmen bewahren. Max Dounin lebt in Russland und hatte zuletzt als Freiwilliger zum nginx-Projekt beigetragen. F5 zog sich 2022 als Reaktion auf den russischen Angriffskrieg aus dem Land zurück. (ndi@ct.de)

# Geschwindigkeitsrekord durch neue Speicherchips

**Die neuen Speicherchips der Crucial-SSD T705 reizen erstmals die Spezifikation des PCIe-5-Anschlusses annähernd aus und schaffen rekordverdächtige Transferraten etwa für die Videobearbeitung.**

Entscheidend für den Geschwindigkeitszuwachs gegenüber der T700-Reihe ist die Schnittstellengeschwindigkeit der NAND-Flash-Speicherchips: Diese lag zuvor bei 2,0 Gigatransfers pro Sekunde (GT/s). Nun hat Crucials Muttergesellschaft Micron offenbar ausreichend Chips produziert, die auch die nächste, 20 Prozent schnellere Geschwindigkeitsstufe von 2,4 GT/s schaffen. Die Preise der T705 beginnen bei knapp 230 Euro für die 1-TByte-Version ohne Kühlkörper und enden bei knapp 800 Euro, für die man 4 TByte und einen schwarzen Kühlkörper bekommt. Alle Kapazitätsstufen der T705 sind doppelseitig bestückt, was jedoch praktisch

nur beim Einbau in enge Notebooks eine Rolle spielt.

Wir hatten bereits die Gelegenheit, die T705 mit 2 TByte zu testen. Dabei konnten wir die vom Hersteller versprochenen 14,5 GByte/s knapp erreichen, beim Schreiben kamen wir auf 12,73 GByte/s und damit sogar ein klein wenig über den beworbenen Wert. Bei Zugriffen auf zufällige Adressen kam die SSD im Test auf rund 1,4 beziehungsweise 1,5 Millionen IOPS (Input/Output Operations Per Second). Diese Geschwindigkeiten hielten die SSD über eine Minute lang aufrecht. Nach zwei Minuten Dauerlast und 1,5 übertragenen TByte erreichte die SSD im offenen PC 81 Grad Celsius und drosselte spezifikationsgemäß auf 5,7 GByte/s, bei 90 Grad Celsius soll sie aus Sicherheitsgründen abschalten. Wie bei der T700 nutzt Crucial den Phison-Controller E26, der bislang in praktisch allen 5.0er-SSDs steckt. Mit den 14,5 GByte/s ist dessen Leistungsgrenze jedoch erreicht.



**Der Kühlkörper der Crucial T705 ist, gemessen an den riesigen Kühlturen anderer PCIe-5.0-SSDs, mit nur 20 Millimeter Höhe recht klein. Seine Kühlleistung sollte trotzdem für alle Alltagssituationen ausreichen.**

Crucial hatte schon bei der T700 einige Monate Vorsprung vor anderen Herstellern. Es ist also auch diesmal zu erwarten, dass gleich schnelle SSDs anderer Hersteller noch folgen. (ll@ct.de)

## Sharkoon-Case in schicker Holzoptik

Mit einer **Frontverkleidung in Holzoptik** will Sharkoon sein PC-Gehäuse Rebel C70G/M RGB von der üblichen drögen Bürooptik abheben. Der Midi-Tower nimmt Mainboards im ATX-Format und kleiner auf und hat eine separate Kammer für das Netzteil. Unter dem Holzgrill sorgen drei Lüfter mit RGB-LEDs für eine stimmungsvolle Optik, ein weiterer saugt am hinteren Gehäuseende die warme Luft wieder ab.

Im Gehäuse finden drei Festplatten oder SSDs im 2,5- oder 3,5-Zoll-Format Platz, der CPU-Kühler darf 16,5 Zentimeter hoch und die Grafikkarte bis zu 40 Zentimetern lang sein. Maximal elf 120-Millimeter-Lüfter soll man montieren können, in der Front und unter dem Deckel ist Platz für 360-Millimeter-Radiatoren von Wasserkühlungen.

An der Oberseite gibt es je eine Buchse für USB-C und Headset-Klinkenstecker (TRRS) sowie zwei USB-A-Anschlüsse. Alternativ zur Glasseitenwand gibt es eine Version mit metallinem Lochgitter für besser durchlüftete Systeme. Beide Varianten sind bereits erhältlich und kosten circa 115 Euro. (csp@ct.de)



**Bild: Sharkoon**  
Das Sharkoon Rebel C70G RGB mit seiner Holzoptikfront gibt es auch als etwas schlichteres C70M RGB ohne gläserne Seitenwand.

## BIOS-Updates für AMD-Ryzen-PCs

Im Security Bulletin AMD-SB-7009 meldete der CPU-Hersteller AMD eine Reihe von Sicherheitslücken in Systemen mit Ryzen, Epyc und Ryzen Embedded. Unter anderem könnten Angreifer dadurch den Flash-Speicher für das UEFI-BIOS manipulieren.

Während einige Serverfirmen nun **BIOS-Updates gegen diese Sicherheitslücken** bereitstellen, sind die Lücken bei vielen Desktop-PC-Mainboards bereits in aktuellen BIOS-Versionen geschlossen. Ryzen-Besitzer sollten anhand der Liste unter ct.de/yev3 prüfen, ob ihre Systeme ein Update brauchen und gegebenenfalls, ein Update von der Website des Herstellers einspielen.

Üblicherweise finden Sie auf den Downloadseiten der Mainboard-Hersteller auch einen Hinweis darauf, auf welcher AGESA-Version das jeweilige BIOS basiert. Einfach auslesen lässt sich die AGESA-Version mit Tools wie CPU-Z, HW-Info64 oder AIDA64 nur, wenn der Hersteller sie hinterlegt hat. (csp@ct.de)

# Intel und TSMC planen „1,4 Nanometer“-Chipfertigung

**Sowohl Intel als auch TSMC wollen ab 2026 Chips mit ihren jeweiligen Fertigungsverfahren Intel 14A und TSMC A14 produzieren.**

Die großen Chip-Auftragsfertiger kündigen neue Verfahren an, um Prozessoren mit noch mehr Transistoren, höheren Rechenleistungen und neuen Funktionen herzustellen. TSMC veröffentlichte die Fortführung der Roadmap bereits Ende 2023, nun folgte Intel: Beide Auftragsfertiger wollen ab 2026 Halbleiter mit Strukturen von nominell 1,4 Nanometern produzieren, also von 14 Ångström. Daher nennen die Firmen ihre Herstellungsverfahren 14A beziehungsweise A14. Direkt vergleichbar sind die unterschiedlichen Techniken nicht, aber es sollen Transistoren mit ähnlichen Abmessungen und elektrischen Eigenschaften herauskommen.

Intel fertigt derzeit Chips mit „Intel 4“, das einst ein 7-Nanometer-Prozess war; Performance und Flächenbedarf sollen aber mit TSMC N4 und Samsung SF4 vergleichbar sein. TSMC produziert seit 2023 N3, etwa für Apple, und Samsung SF3. Intel will noch dieses Jahr mit Intel 20A zum ebenfalls geplanten TSMC N2 aufschließen und mit Intel 18A sogar überholen. Der nächste Schritt folgt dann mit 14A/A14, Samsung erwägt SF1.4 ab 2027.

Intel will für 14A erstmals Lithografie mit extrem ultravioletter Strahlung (EUV) und hoher numerischer Apertur (High-NA) einsetzen. TSMC bleibt bei A14 bei herkömmlicher EUV-Lithografie, aber mit Mehrfachbelichtung (Multipatterning).

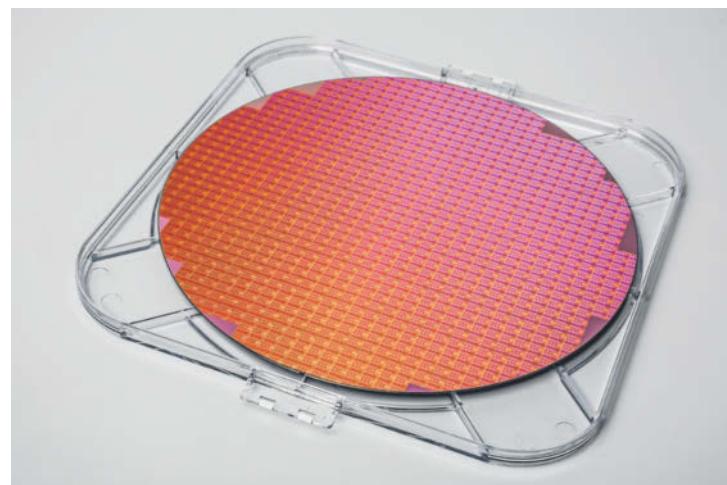
Während Intel seine weiteren Pläne noch nicht verkündet hat, plant TSMC mit weiteren Verkleinerungen alle zwei Jahre: 2028 steht A10 an, dann folgen A7, A5, A3 und A2 bis 2036.

Mit Intel 18A bringt Intel eine neuartige Stromversorgung für die Funktionsblöcke auf dem Chip namens PowerVias, die andere Firmen Backside Power Delivery (BPD) nennen. Dabeilaufen Leitungs-

pfade für Strom auch senkrecht durch den Wafer hindurch, um auf der anderen Seite mehr Platz für Datenleitungen zu schaffen. TSMC will BPD erst später einführen.

Beide Firmen haben aber auch neuartige Feldeffekttransistoren (FETs) entwickelt, bei denen der leitende Kanal in mehrere feine Schichten aufgeteilt ist, die allseitig von der Gate-Elektrode umschlossen sind: Gate All Around (GAA). BPD und GAA-FETs sollen die Performance künftiger Chips deutlich steigern. Später sind dann übereinander gestapelte GAA-FETs sowie der Einsatz sogenannter 2D-Materialien angedacht.

(ciw@ct.de)



Intel fertigt zurzeit Chips mit „Intel 4“-Technik wie diese CPU-Chiplets für den Core Ultra 100 (Meteor Lake).

IT-Security 90% ...

**CAk**  
Cyber Akademie

## Mal wieder Zeit für ein Update?

Aktualisieren Sie Ihr IT-Wissen mit unseren Online-Trainings wie z.B.

- » Cybersecurity Incident Management
- » Abwehr von Cyberangriffen
- » BSI-Grundschutz in der Praxis

[www.cyber-akademie.de](http://www.cyber-akademie.de)



# Bit-Rauschen

## OpenAI-Chef Altman will die Chipbranche umkrepeln

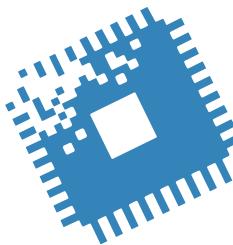
**Die KI-Firma OpenAI giert nach mehr Rechenleistung und spricht über Billioneninvestitionen. Intel patzt bei seinen Compilern und kündigt 1,4-Nanometer-Technik an. AMD meldet Sicherheitslücken und ARM neue Serverkerne.**

Von Christof Windeck

Der KI-Hype galoppiert weiter: Sam Altman, Chef der ChatGPT-Firma OpenAI, will angeblich das ganz große Rad drehen. Nach Informationen des Wall Street Journal sucht er Investoren, um mit der wahnsinnigen Summe von 7 Billionen US-Dollar die Halbleiterbranche umkrepeln. Dabei geht es wirklich um Billionen, nicht um eine Fehlübersetzung von „billion“. Diese Geschichte stützt sich zwar nur auf die üblichen „informierten Kreise“, aber trotzdem lässt sich einiges daraus lesen.

Denn bisher verdienen viele Entwickler und Betreiber von großen KI-Modellen damit noch kein Geld. So ist beispielsweise OpenAI einerseits stolz darauf, innerhalb von nur zehn Jahren auf über 2 Milliarden US-Dollar Umsatz hochgeschossen zu sein. Experten schätzen jedoch, dass diesen Einnahmen ein Mehrfaches an Ausgaben gegenübersteht. Erst in einer glorreichen Zukunft will OpenAI mit dann verbesserten KI-Modellen richtig absahnen.

Der Haken: Bisher fehlt die Rechenleistung. Nvidia kann gar nicht genug KI-Rechenbeschleuniger liefern und die der Konkurrenz waren lange nicht gut genug. Wenn OpenAI für den Erfolg aber tatsächlich viel mehr Chips braucht, dann wird es schwierig. Denn mal eben so auf die Schnelle lässt sich auch mit sehr viel Geld keine bessere Halbleiterbranche aus dem



Boden stampfen. Vom Reißbrett bis zur Chip-Fab dauert es Jahre, ganz abgesehen von den nötigen Fachleuten, Zulieferern und Materialien. Und der Nvidia-Erfolg kam nicht etwa über Nacht, sondern in diesem Jahr feiert die CUDA-Schnittstelle zur Programmierung der Rechenbeschleuniger schon ihren 17. Geburtstag.

Somit ist bisher nicht erkennbar, in welchem Zeitrahmen sich der Rechen- und Ressourcenbedarf für immer größere KI-Modelle mit den damit erzielbaren Einnahmen in lukrativen Einklang bringen lassen wird.

### KI-Enttäuschung

Die Praxistauglichkeit der KI enttäuscht bisher, wenn man als Beispiel auf den Microsoft Copilot blickt, hinter dem ja die Technik der eng mit Microsoft verbandelten Firma OpenAI steckt. Nach den Erfahrungen der c't-Kollegen Stefan Wischner und Jan-Keno Janssen (siehe ct.de/ytce) fällt der teuer zu bezahlende Copilot zurzeit selbst mit Stützrädern noch vom Fahrrad – er funktioniert schockierend schlecht.

Trotzdem gelingt es Microsoft, sich als KI-Innovator zu verkaufen und bekam daher aus der Politik viel Lob für die An-

kündigung, satte 3,2 Milliarden in Deutschland zu investieren, siehe Seite 16. Das Geld soll unter anderem in riesige Rechenzentren im Rheinischen Braunkohlerevier fließen. Am Ende fließt das meiste davon jedoch wohl wieder in die USA, denn das Teuerste an den Rechenzentren dürften die Server sein und darin wiederum die Halbleiter von AMD, Intel und Nvidia.

Microsoft gehört zu den großen Nvidia-Kunden und hofft auf bevorzugte Belieferung mit den knappen KI-Beschleunigern. Außerdem hat Microsoft den eigenen KI-Chip Maia 100 entwickelt, der sich sogar fürs Training von KI-Modellen eignen soll.

Die Microsoft-Rechenzentren in Nordrhein-Westfalen sollen „mehrere Hundert“ Megawatt (MW) Strom verbrauchen, das ist eine bisher in Deutschland noch seltene Größenordnung. Unter anderem in Berlin und Hanau sind aber Rechenzentren ähnlicher Dimension geplant.

Bisher ist kein Ende des KI-Hypes in Sicht. Der Börsenwert von Nvidia liegt bei über 1,8 Billionen US-Dollar, zwischenzeitlich war er höher als der des Handelsgiganten Amazon. Sogar die Aktie des Serverzulieferers Supermicro durchbrach kurz die 1000-Dollar-Marke.

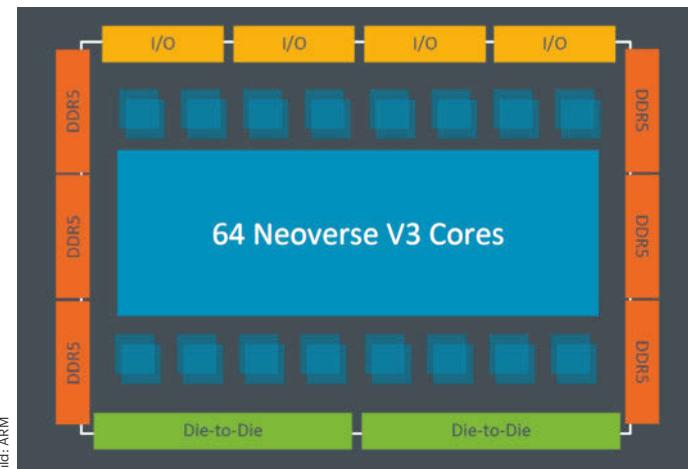
### Baubremse

Intels Fertigungssparte „Intel Foundry“ setzt voll auf KI und zog erste Aufträge fürs Chip-Packaging an Land. Man munkelt, von Nvidia, weil TSMC keine Kapazitäten mehr hat. Vor allem konnte Intel melden, für Microsoft mindestens einen Chip mit Intel-18A-Technik fertigen zu dürfen. Man habe mittlerweile Vorverträge im Wert von insgesamt rund 15 Milliarden US-Dollar



**Intels Fertigungssparte will ab 2026 Chips mit 1,4-Nanometer-Strukturen produzieren, genannt Intel A14. TSMC plant die eigene 14A-Technik, Samsung ab 2027 SF1.4.**

Bild: Intel



**ARM offeriert stärkere CPU-Kerne für Server, nämlich Neoverse V3, N3 und E3. Ein Neoverse-V3-Prozessor soll rund 50 Prozent schneller sein als einer mit N2-Kernen.**

nicht die Rechenwerke der Prozessoren, sondern den Zugriff auf den Flash-Speicher für das UEFI-BIOS der Mainboards. Die Firmware muss unzulässige Zugriffe darauf blockieren, damit sich der BIOS-Code nicht manipulieren lässt. Die meisten der Lücken lassen nur bei physischem Zugriff auf betroffene Systeme ausnutzen und teilweise sind dazu sogar Admin-Rechte nötig. Bei Desktop-PCs im Büro oder daheim sind sie also weniger gefährlich als bei Notebooks, die sensible Daten speichern. Vor allem bei Servern gilt ein von böswilligen Admins manipulierbares UEFI-BIOS als hohes Sicherheitsrisiko.

## Zen-5-Spekulationen

Anfang Februar veröffentlichten AMD-Programmierer neue Patches für kommende Linux-Kernels. Diese Codeschnippsel beschreiben Funktionen der ab Herbst erwarteten Ryzen- und Epyc-Prozessoren mit Zen-5-Kernen. Aus den Linux-Patches lasen Experten heraus, dass die AVX-Einheiten der Zen-5-Kerne manche Befehle deutlich schneller verarbeiten können als ihre Vorgänger. Allerdings lässt sich daraus kaum ableiten, wie stark die Performance dadurch steigen wird.

Doch Mitte Februar erschienen angebliche Benchmark-Messungen von frühen Zen-5-Mustern. Demnach legte die Geschwindigkeit im Singlethreading-Lauf des Cinebench um rund 40 Prozent zu. Das wäre ein enorm hoher Leistungssprung, der bei einem CPU-Generationswechsel bisher selten aufgetreten ist. Wer die Messungen durchgeführt hat und unter welchen Bedingungen, ist aber unklar. Es handelt sich also um Spekulationen, die jedoch die Vorfreude auf einen heißen Hardwareherbst anheizen.

## AMD-Sicherheitslücken

Zum Patchday am 13. Februar meldete AMD im „Security Bulletin“ AMD-SB-7009 insgesamt vier Sicherheitslücken, die fast alle Prozessoren mit Zen-Kernen betreffen: Ryzen ab Ryzen 3000, Athlons und Epcys ab der ersten Generation. Mehrere davon gehören zur höchsten Risikostufe „High“. Die Flicken gegen die Lücken kommen in Form von BIOS-Updates, in denen jüngere Versionen der AMD-Firmwarekomponente AGESA stecken. Für einige Ryzen-Mainboards wurden die Patches bereits mit BIOS-Updates Ende 2023 ausgespielt, aber für viele Serverboards kamen sie jetzt erst heraus.

Die Fehler hatte die US-Sicherheitsfirma IOactive aufgedeckt. Sie betreffen

ARM kündigt die nächste Generation der „Neoverse“-Kerne für Serverprozessoren an, und zwar in den Varianten V3, N3 und E3. Sie sollen deutlich schneller rechnen als ihre Vorgänger N2 und V2. Letztere setzen derzeit unter anderem Nvidia (Grace, 72 × Neoverse V2), Amazon (Graviton4, 96 × V2) und Microsoft (Cobalt 100, 128 × N2) ein. Amazon Graviton3, Ampere Altra/Altra Max und der Rhea-Prozessor der European Processor Initiative (EPI/SiPearl) nutzen noch Neoverse N1/V1.

(ciw@ct.de) ct

**MS Copilot bei c't3003, spec.org: ct.de/ytce**

eingesammelt. Ab 2026 will Intel auch Chips mit nominell kleinsten Strukturen von 14 Ångström beziehungsweise 1,4 Nanometern fertigen, also mit der Technik namens „Intel 14A“, siehe Seite 41.

Zur KI-Euphorie passt schlecht, dass Intel die neue Chipfabrik in Ohio etwas später in Betrieb nehmen will als zuvor geplant. Auch TSMC und Samsung strecken angeblich die Zeitpläne für ihre neuen US-Fabs. Konkrete Gründe nennen die Firmen zwar nicht, aber Branchenkenner schätzen die Nachfrage in vielen Bereichen schwächer ein als erhofft, aber die Baukosten sind hoch.

Die Intel-Fab in Magdeburg wird vermutlich sehr ähnlich aufgebaut sein wie die in Ohio. Für Magdeburg holt Intel gerade die ersten Baugenehmigungen ein. Gegner des Projekts dürften die Gelegenheit nutzen, um ihre Kritik vorzubringen. Ein Fertigungswerk braucht nun einmal Ressourcen wie Energie, Wasser und Material, verursacht Verkehr und stößt auch Gase aus. Das passt nicht jedem Anwohner, trotz der schönen Arbeitsplätze.

Intel kämpft derzeit noch an anderen Fronten: Wie in c't 5/2024 berichtet, verlor man in Deutschland eine Patentklage gegen die US-Firma R2 Semiconductors. Darin ging es um Schutzrechte für interne Spannungsregler in Intel-Prozessoren. In den USA kam R2 damit nicht durch, aber in Deutschland darf Intel einige ältere Prozessoren bis zur Generation Alder Lake (Core i-12000) nicht mehr verkaufen. Das ist zwar ärgerlich, aber laut Intel kein großer finanzieller Schaden.

Peinlicher ist für Intel, dass das Industriegremium Standard Performance Evaluation Corporation (SPEC) eine Benchmark-Schummelei rügte. Es geht um mehr als 1000 SPEC-CPU2017-Resultate, die

nun als ungültig gebrandmarkt wurden. Laut SPEC baute Intel in eine ältere Version des Compilers oneAPI-DPC++/C++ unzulässige Optimierungen ein. Dieser Trick beschleunigte den Teilbenchmark namens xalancbmk dermaßen stark, dass das Gesamtergebnis eines SPEC-CPU-2017-Laufs um 4 bis 9 Prozent anstieg. Dabei habe die Optimierung außerhalb des Benchmarks keine nennenswerten Effekte, beschleunigt also andere Programme nicht auch.

Die Schummelei traf vor allem SPEC-Benchmarkwerte der Anfang 2023 vorgestellten Xeon-SP-Typen der vierten Generation Sapphire Rapids. Beim Nachfolger Emerald Rapids kam durchweg eine neuere Compilerversion ohne verbotene Optimierungen zum Einsatz. Als Strafe und zur Abschreckung löscht die SPEC die falschen Benchmarkdaten nicht, sondern belässt sie einem Vermerk für jeden sichtbar in der Datenbank unter spec.org (siehe ct.de/ytce).

## Neue ARM-Serverkerne

ARM kündigt die nächste Generation der „Neoverse“-Kerne für Serverprozessoren an, und zwar in den Varianten V3, N3 und E3. Sie sollen deutlich schneller rechnen als ihre Vorgänger N2 und V2. Letztere setzen derzeit unter anderem Nvidia (Grace, 72 × Neoverse V2), Amazon (Graviton4, 96 × V2) und Microsoft (Cobalt 100, 128 × N2) ein. Amazon Graviton3, Ampere Altra/Altra Max und der Rhea-Prozessor der European Processor Initiative (EPI/SiPearl) nutzen noch Neoverse N1/V1.

## Winziger Chip hilft, Implantate aufzuladen

**Für die kabellose Energieversorgung von insbesondere minimalinvasiven Hirnimplantaten hat Imec die bisher kleinste Ultraschall-Stromversorgung realisiert.**

Auf der International Solid-State Circuits Conference hat der Nanoelektronikanbieter Imec gemeinsam mit der TU Delft Mitte Februar einen sehr kleinen Stromerzeuger vorgestellt. Der besteht aus einem Mikro-Ultraschallwandler mit piezoelektrischen Elementen (PMUT, piezoelectric micromachined ultrasonic transducer), der einfallende Ultraschallwellen in Strom umwandelt, und einer zusätzlichen präzisen Strahlausrichtung. Diese liegt auf einem eigenen Chip, der gerade einmal  $0,75 \times 1,88$  Millimeter misst und in 65-Nanometer-CMOS-Technik gefertigt wird. Damit kann das System den Wandler auf Ultraschallwellen mit einem Eingangswinkel bis zu 53 Grad einstellen und somit Bewegungen und Lageveränderungen zur Ultraschallquelle ausgleichen.

In dieser Konfiguration könnte das Bauteil in Zukunft Ultraschallwellen von außen empfangen und damit die kabellose Stromversorgung von Implantaten absichern. Das könnte laut Imec insbesondere für Implantate unter der Schädel-

decke wichtig werden, etwa EEG-Sensoren direkt auf der Großhirnrinde, die hautnah die Hirnaktivität messen. Gerade in diesem Bereich kann eine invasive Verdrahtung viele Probleme hervorrufen.

Laut Hersteller ist der Proof of Concept mit der drahtlosen Ultraschall-Stromversorgungseinheit nicht nur das bisher kleinste, sondern zudem auch das energieeffizienteste unter den vergleichbaren

Systemen. Um einen kompakten Aufbau zu ermöglichen, verzichteten die Entwickler für die Strahlausrichtung auf den Einsatz externer Kondensatoren. Stattdessen nutzt ihr Chip „parasitär“ die Kapazitäten des Ultraschallwandler-Arrays. Ultraschalltechnik könnte somit in Zukunft sowohl der Datenübertragung als auch der Energieversorgung minimalinvasiver Implantate dienen. (agr@ct.de)

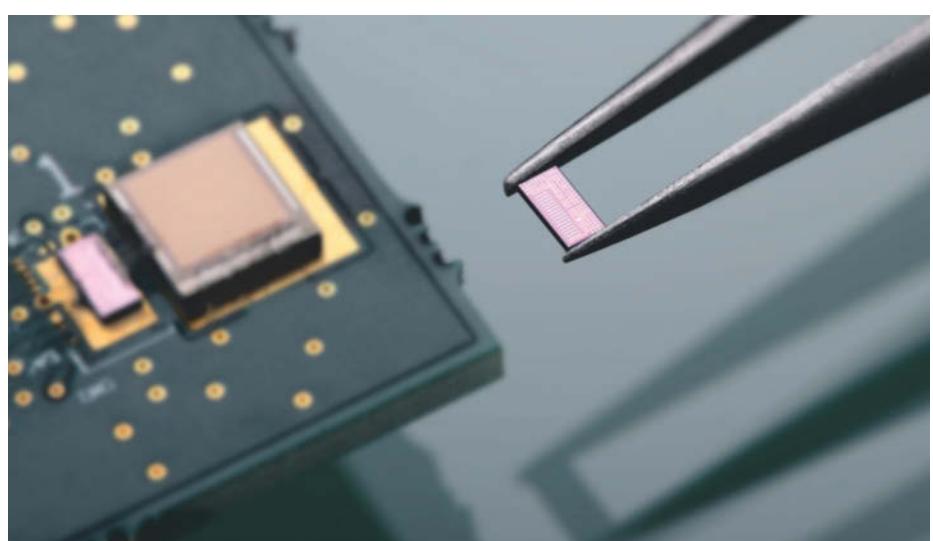


Bild: Imec

**Der kleine Chip (im Vordergrund) richtet im Stromerzeuger (im Hintergrund) den Ultraschallwandler aus und optimiert so die Energieaufnahme.**

## Hermetische Echokammern

Den **Effekt sich gegenseitig verstärkender einseitiger Ansichten** in sogenannten Echokammern untersuchten Joshua Newell und Dimitrios Gounaris an der University of Michigan an Posts zum Klima-

wandel auf der Plattform X. Mithilfe von ChatGPT klassifizierten sie über 7,4 Millionen Tweets als Äußerungen von Menschen, die den Klimawandel leugnen und denen, die ihn als Tatsache akzeptieren. Zudem erkundeten die Forscher die Struktur des Social-Media-Netzwerks.

So belegen die Ergebnisse nicht nur einen recht hohen Anteil der US-Bevölkerung von 14,8 Prozent, die den Klimawandel abstreiten, die Forscher entdeckten anhand geokodierter Tweets auch Hochburgen. Vor allem aber offenbart die Studie, dass die „Denier“ und die „Believer“ weitgehend getrennte X-Gemeinschaften bilden, Echokammern, die die einheitliche Meinung der Teilnehmer zementieren. Eine Interaktion zwischen den Meinungsgruppen findet demnach kaum statt. (agr@ct.de)

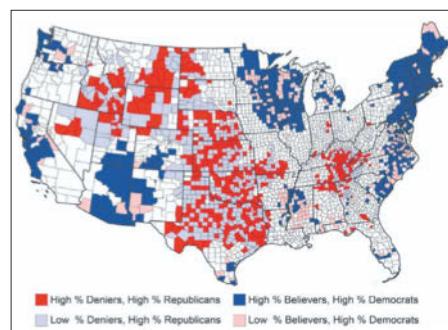


Bild: University of Michigan

**Klare Überschneidungen zeigten sich zwischen Klimawandelleugnern und Wählern der Republikaner in den USA.**

## Computercluster im Orbit

Edge-Computing auf der Raumstation ISS: Zum dritten Mal hat Hewlett Packard Enterprise einen Spaceborne-Computer auf die internationale Forschungsstation im Orbit geschickt. Der Cluster umfasst Server der HPE-Baureihen Edgeline und ProLiant sowie mehr als 130 Terabyte Flash-Speicher. Mit dem neuen Hochleistungsrechner können die Astronauten Mess- und Beobachtungsdaten nahezu in Echtzeit auswerten, das Datenvolumen zur Bodenstation ist massiv gesunken. Mit dem neuen Rechner sind nun auch Versuche mit Machine-Learning-Modellen und dem **Einsatz von künstlicher Intelligenz im All** geplant, die insbesondere für Mond- und Marsmissionen interessant werden könnten. (agr@ct.de)

# Luftnummer

## Akkutechnik auf Calcium-Luft-Grundlage

**Gängige Akkus gründen auf dem Leichtmetall Lithium, das auf Kosten von Umweltschäden gewonnen wird. Überraschend spannen nun zwei Forschungsteams das chemisch wunderschöne, aber weit günstigere Calcium als Stromspeicher ein.**

Von Dušan Živadinović

Die Entwicklung von Hochleistungsakkus auf Lithiumgrundlage gilt als eine der Heldenataten beharrlicher Forscher. Dafür gab es 2019 den Nobelpreis in Chemie, denn erst die Lithium-Ionen-Akkus ermöglichen tragbare Geräte wie Smartphones und Notebooks sowie Elektroautos mit brauchbarer Reichweite.

Doch Lithium (Li) hat Nachteile. Beispielsweise kommt es hauptsächlich in abgelegenen Gebieten vor und beim Abbau wird sehr viel Wasser verunreinigt. Deshalb suchen viele Forschungsgruppen nach Alternativen auf Basis anderer Metalle.

Darunter erscheint Calcium (Ca) attraktiv, weil es rechnerisch höhere Kapazität als Lithium verspricht und in der Erdkruste als das fünfhäufigste Element gilt. Gegenüber Lithium kommt es rund 2000-mal häufiger vor (Ca: 41.500 ppm, Li: 20 ppm), etwa als Kalkstein ( $\text{CaCO}_3$ ), und lässt sich viel leichter abbauen.

Bisherige Akkus auf Basis von Calcium sind aber ineffizient und weisen nur geringe Kapazitäten unter 200 mAh pro Gramm und Entladestensionen unter 2,6 Volt auf. Das liegt an den chemischen Eigenschaften von Calcium. Beispielsweise entstehen bei Calciumoxidakkus an der Kathode chemisch träge Verbindungen, die übliche Elektrolyte nur zu kleinen Teilen wieder auftrennen (Dissoziation). Deshalb wandert beim Aufladen wenig Calciummetall zur Anode zurück. Auch neigt Calcium dazu, mit Elektrolytbestandteilen isolierende Schichten zu bilden. Mit bisher üblichen Elektrolyten klappt die Dissoziation erst ab 75 °C in wünschenswertem Umfang.

Den Durchbruch bringen nun optimierte Elektrolyte, in denen die trügen Verbindungen schon bei Raumtemperatur dissoziieren. Das zeigen gleich zwei For-

schungsteams aus China (siehe ct.de/ychz).

Shitao Geng und Xiaoju Zhao von der Shanghai Jiao Tong University beschreiben einen Calciumchloridakku, der auf einer reversiblen Kathoden-Redox-Reaktion gründet. Das  $\text{CaCl}_2$  löst sich in einer Elektrolytmischung, die unter anderem Lithium-di-Fluoro-Oxalat-Borat (LiDFOB) enthält. LiDFOB kennt man bereits länger als starkes Lösungsmittel für  $\text{CaCl}_2$ .

Der Akku liefert eine hohe Entladestension von 3 Volt, weist eine hohe Kapazität von 1000 mAh pro Gramm auf und funktioniert noch bis hinunter zu 0 °C. Allerdings nennen die Autoren weder die Leistung bei 0 °C, noch die maximale Anzahl an Ladezyklen.

### Koaxialer Akku

Lei Ye und Mitarbeiter der Fudan-Universität in Shanghai haben ihren Calciumakku als koaxiale Textilfaser aufgesetzt. Die innen liegende Anode besteht aus einer dünnen, mit metallischem Calcium beschichteten Kernfaser aus Kohlenstoffnanoröhrchen. Ein Elektrolytgel umschließt die Anode. Es besteht unter anderem aus Tetrafluoroborat, Dimethylsulfoxid und Calcium-bis-Trifluoro-Methansulfonimid. Nach Aufbringen des Gels auf die Anode polymerisiert es unter UV-Licht und umschließt so die Anode dauerhaft. Ein Geflecht aus Kohlenstoffnanoröhrchen, die Kathode, umhüllt schließlich das Gel und die Kernfaser.

Beim Entladen fließen Calciumatome von innen nach außen, geben je zwei Elektronen ab und verbinden sich mit dem Luftsauerstoff zu Calciumperoxid ( $\text{CaO}_2$ ). Beim Laden läuft der Prozess umgekehrt ab:  $\text{CaO}_2$  gibt sein Sauerstoffmolekül ab und metallisches Ca kehrt zurück zur Anode. Auch dieser Prozess läuft dank der speziellen Elektrolytmischung bei Raumtemperatur ab. Die Kapazität der Labormuster geben die Forscher mit rund 500 Milliamperestunden pro Gramm an. Rund 700 Ladezyklen seien möglich.

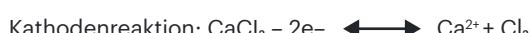
Von einer Serienreife sind beide Entwicklungen noch weit entfernt. Aber besonders der Ansatz von Ye und Mitarbeitern erscheint interessant, weil sich die flexiblen Nanoröhrchen wie Textilfasern verweben lassen. Denkbar seien daher Sensoren oder andere Elektronik, die Strom aus der Kleidung bezieht.

(dz@ct.de) ct

**Calciumakkus:** ct.de/ychz

### Calciumakku mit optimiertem Elektrolyt

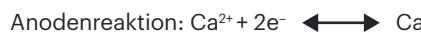
Die bei Calciumoxidbatterien anfallenden Verbindungen sind chemisch träge, sodass Akkus auf Calciumbasis bisher ineffizient waren. Den Durchbruch bringen optimierte Elektrolyte, in denen sich die trügen Verbindungen weit besser lösen.



Kathode: Grafit



Anode: Calciummetall



## Kostenlose Filmklassiker

[wikiflix.toolforge.org](http://wikiflix.toolforge.org)

[heise.de/-9625568](http://heise.de/-9625568)

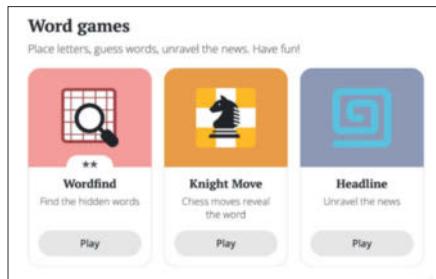


Es gibt laut Wikidata mehr als 33.000 gemeinfreie Filme. Zu rund 1300 davon ist die Videodatei frei abrufbar, entweder bei Wikimedia Commons, dem Internet Archive oder YouTube. Klassiker wie Sergei Eisensteins Panzerkreuzer Potemkin (1925) zählen dazu, Fritz Langs Metropolis (1927) oder auch Charade (1963) mit Cary Grant.

**WikiFlix** erschließt diese cineastischen Schätze und weniger bekannte gemeinfreie Werke jetzt erstmals systematisch – ein Gratis-Videodienst, der die Filme nach Land, Genre, Regisseur oder Schauspielern erschließt. Bei **heise online** findet sich ein Interview mit Magnus Manske, der die Plattform programmiert hat. (jo@ct.de)

## Pausenpuzzles

[puzzlepass.io](http://puzzlepass.io)



Bei **Puzzle Pass** finden sich Puzzlesklassiker wie Sudoku, Tents & Trees, ein englischsprachiges Wortfindenpuzzle und Memory ebenso wie exotischere Spielchen: Bei „Oh h1“ etwa

geht es darum, Kästchen in einem Raster so einzufärben, dass sie bestimmte Bedingungen erfüllen. Und bei „Headline“ muss man eine englischsprachige Schlagzeile entziffern, die sich Buchstabe für Buchstabe in einem zweidimensionalen Raster schlängelt. Die mehr als ein Dutzend Spiele stehen gratis bereit, für ein paar der Spiele ist eine kostenlose Anmeldung erforderlich. Die Site ist die Demonstrationsplattform des Unternehmens 42 Puzzles, die solche Spiele als Dienstleistung für Website-Betreiber betreibt. (jo@ct.de)

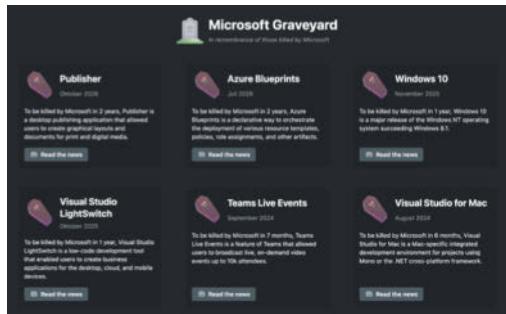
## Tech-Friedhöfe

[killedbygoogle.com](http://killedbygoogle.com)

[microsoftgraveyard.com](http://microsoftgraveyard.com)

[killedby.tech](http://killedby.tech)

Von **Killed by Google** haben wir in dieser Rubrik schon einmal berichtet. Die Website listet alle Apps und Dienste von Google auf, die das Unternehmen beendet hat oder einzustellen plant.



Es gibt auch ein Pendant für Microsoft: Der **Microsoft Graveyard** ist der virtuelle Friedhof für alle von Microsoft eingestellten Produkte – von Bob, der alternativen Oberfläche für Windows, bis hin zu Odyssey, einem nie veröffentlichten Spiel der Gaming-Schmiede Blizzard, dessen Entwicklung eingestellt wurde, nachdem Microsoft Blizzard übernommen hatte.

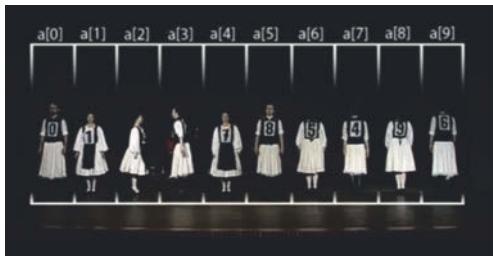
Jeder Eintrag auf dem Graveyard hat einen Grabstein, eine kurze Beschreibung des Projekts sowie einen Link auf einen News-Artikel. Produkte, die es noch gibt, deren Ende aber bereits beschlossene Sache ist, repräsentiert die Site durch einen Sarg. Der Microsoft Graveyard ist ein auf GitHub verwaltetes Gemeinschaftsprojekt, zu dem jeder beitragen kann. Aus der Taufe gehoben hat es der Entwickler Victor Frye. **Killed by** \* listet eingestellte oder abgekündigte Produkte firmenübergreifend auf: Außer Google- und Microsoft- finden sich dort auch Apple-Leichen. (jo@ct.de)

## Quicksort, getanzt

[youtube.com/playlist?list=PL0mdoKois7\\_FK\\_ySGwHBkltzB11snW7KQ&si=4dU0m2\\_-XxvjxpHw](https://www.youtube.com/playlist?list=PL0mdoKois7_FK_ySGwHBkltzB11snW7KQ&si=4dU0m2_-XxvjxpHw)

[toptal.com/developers/sorting-algorithms](https://toptal.com/developers/sorting-algorithms)

[homepages.bluffton.edu/~nesterd/apps/SortingDemo.html](http://homepages.bluffton.edu/~nesterd/apps/SortingDemo.html)



Die YouTube-Playlist **hungarian dance – sorting algorithms** bietet einen ungewöhnlichen Zugang zu Informatikinhalten. Volks-tanzgruppen tanzen dabei Sortieralgorithmen. Jeder Tänzer oder jede Tänzerin steht für eine Zahl. Indem sie während des Tanzes die Plätze tauschen, entsteht so nach und nach eine geordnete Zahlenfolge. Das ist hübsch anzusehen. Wie die Algorithmen funktionieren, erkennt man aber nicht. Dazu hilft ein Besuch bei **Toptal** oder der **Homepage von Mathematikprofessor Darryl K. Nester**. Auf der ersten Seite kann man Algorithmen gegeneinander um die Wette sortieren lassen. Und auf der zweiten kann man einzelnen, in JavaScript notierten Sortierverfahren Schritt für Schritt bei der Arbeit zusehen. (jo@ct.de)

Diese Seite mit klickbaren Links: [ct.de/y7fc](http://ct.de/y7fc)



# WIR TEILEN KEIN HALBWISSEN WIR SCHAFFEN FACHWISSEN



09.04.



## ChatGPT, Midjourney & Co. in der Praxis

Das ct-Webinar hilft, die KI-Technik zu verstehen und ihren Einfluss auf Ihre Arbeit, Ihre Branche und Ihr Unternehmen einzuschätzen.

10.04.



## KI-Schreibwerkzeuge im Praxiseinsatz

Wir zeigen Ihnen, wie Sie ein passendes KI-Schreibwerkzeug auswählen. Sie lernen, wie Sie es im Arbeitsalltag gewinnbringend einsetzen und die Ergebnisse der KI kritisch prüfen.



25.04.



## Passkeys statt Passwörter

Das Webinar erläutert, was Passkeys sind, wie sie funktionieren und wie man sie im Alltag nutzen kann. Ebenso werden Fragen hinsichtlich der Sicherheit von Passkeys geklärt.

28.05.



## Einführung ins Threat Modeling

In diesem Workshop lernen Sie Threat Modeling als leichtgewichtige Methode kennen. Sie erfahren, wie Sie zu einem „Positive Threat Mindset“ kommen, sodass Sicherheitslücken proaktiv vermieden werden.



05. – 06.06.



## 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.

22.08.



## Kluge Strukturen für Microsoft 365 entwickeln

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

Sichern Sie sich Ihren Frühbucher-Rabatt:  
[heise.de/ct/Events](http://heise.de/ct/Events)

# Unwiderruflich

## Rebuy patzt bei gesetzlichem Widerrufsrecht



**Im Onlinehandel mit Verbrauchern gilt ein unabdingbares Widerrufsrecht für Vertragsklärungen seitens des Konsumenten. Die gesetzlichen Folgen sind ziemlich eindeutig – offenbar nicht für den Gebrauchthändler Rebuy.**

Von Tim Gerber

**E**s hat ja durchaus etwas für sich, elektronische Geräte gebraucht zu kaufen. Es schont die Umwelt und man spart ordentlich Geld. Und wenn der Händler seriös ist und über die gesetzliche Gewährleistung von einem Jahr bei gebrauchtem sogar noch eine längere Garantie verspricht, sollte die Freude über ein runderneuertes Gebrauchtgerät ungetrübt bleiben.

Das dachte sich auch Ole R. und bestellte am zweiten Weihnachtsfeiertag beim Online-Gebrauchthändler rebuy.de

ein Smartphone Google Pixel 4a mit 128 GByte Speicher zu 180 Euro. Das Smartphone ging bereits am 28. Dezember in den Versand und traf am Tag darauf beim Kunden ein. Am 30. Dezember packte Ole R. das Smartphone vorsichtig aus, um es in Augenschein zu nehmen. Aber es gefiel ihm nicht und er wollte es zurückgeben.

Das ermöglicht das gesetzliche Widerrufsrecht im Onlinehandel. Es soll den Nachteil ausgleichen, den Verbraucher bei dieser Handelsart gegenüber Einkäufen in Ladengeschäften haben, da sie die Ware erst nach dem Kauf in Augenschein nehmen können. Onlinehändler sparen sich dafür die besonders in Innenstädten oft hohen Kosten für ein Ladengeschäft.

Um nun von diesem Recht Gebrauch zu machen, suchte Ole R. im Kundenportal nach einer Möglichkeit, dem Verkäufer seinen Willen, den Kaufvertrag zu widerrufen, in der vorgeschriebenen Textform zu übermitteln. Das Kontaktformular sah einen Punkt „Retoure“ vor, den Ole R. auswählte. Aber das Formular funktionierte nicht. Deshalb bemühte er nun das allgemeine Kontaktformular, um sein Anliegen zu schildern

und ein Retourenlabel zu erhalten. Als Bestätigung erhielt er eine E-Mail mit dem Text: „Bei uns ist gerade viel los. Leider kann es ein paar Tage dauern, bis wir antworten. Danke, dass du so geduldig bist!“

### Kein Anschluss ...

Doch auch in der auf den Jahreswechsel folgenden Arbeitswoche tat sich nichts. Deshalb versuchte Ole R. am 5. Januar erneut, den Kundenservice von Rebuy zu erreichen. Erst im fünften Versuch gelang es ihm, jemanden ans Telefon zu bekommen, der ihm letztlich das erforderliche Retourenlabel für den Rückversand ausstellte und per E-Mail übermittelte. So ging das bereits sorgfältig wieder verpackte Telefon noch am selben Tag auf die Rückreise zum Händler und Ole R. erwartete nun die Erstattung des Kaufpreises.

Den Eingang bestätigte Rebuy am 11. Januar. Am 15. erhielt der Kunde die Nachricht, dass man seine Retoure „ablehnt“ und das Smartphone wieder an ihn zurücksenden werde: „Das Gerät wurde durch nicht sachgemäße Handhabung beschädigt. Die Behebung von selbstverursachten

Schäden wird leider nicht von der Garantie abgedeckt“, hieß es zur Begründung. Am Rahmen sei ein Riss festgestellt worden.

Drei Tage lang klemmte sich Ole R. ans Telefon und versuchte den Verkäufer zu erreichen, um die Sache mit dem angeblich gebrochenen Rahmen zu klären. Nachdem das nicht gelang, sandte er am 18. Januar einen eingeschriebenen Brief und übermittelte den Inhalt zusätzlich per E-Mail an Rebuy. Darin forderte er den Verkäufer auf, ihm binnen sieben Tagen den vollen Kaufpreis zu erstatten, da sich der behauptete Schaden nicht nachvollziehen lasse. Er forderte eine genauere Beschreibung und Fotos an, um auf den aus seiner Sicht unberechtigten Vorwurf reagieren zu können.

Am 22. Januar erhielt Ole R. eine Ver sandbestätigung, das Smartphone war nun wieder auf dem Weg zu ihm. Entrüstet wandet sich der c't-Leser an die Redaktion und fragte, ob das so richtig sei und was er machen solle. Am 24. Januar traf noch eine Antwort per E-Mail ein: Wie ihm schon mitgeteilt worden sei, halte man an seiner „Ablehnung der Rücksendung“ fest. Bei der Überprüfung seines Gerätes hätten die Techniker einen „Fehlgebrauch“, in Form eines Risses am Rahmen festgestellt. Deshalb finde die Garantie von Rebuy in seinem Fall keine Anwendung und man könne sein Gerät nicht reparieren.

## Unzulässige Rücksendungen

Wir fragten am 1. Februar bei Rebuy an, ob man dort denn ausschließen könne, dass es sich bei dem behaupteten Riss im Gehäuse um einen Transportschaden handle. Zudem konfrontierten wir den Händler mit unserer Einschätzung der Rechtslage: Da Ole R. den Kaufvertrag rechtzeitig innerhalb der gesetzlichen Frist von 14 Tagen ab Erhalt der Ware widerrufen und das Smartphone an den Verkäufer zurückgesendet hatte, war dieses nunmehr eindeutig ins Eigentum des Verkäufers zurückgelangt.

Selbst wenn Ole R. den angeblichen Schaden verursacht hätte, gab es keinen rechtlichen Grund, ihm das Smartphone erneut zuzuschicken. In diesem Fall hätte der Verkäufer Schadensersatz verlangen müssen und wäre diesbezüglich in der Beweispflicht. Für eventuelle Transportschäden müsste ein gewerblicher Händler ohnehin selbst haften und könnte sich allenfalls an seinen Paketdienstleiser wenden.

**VORSICHT KUNDE!**

Dennoch schickte Rebuy das Smartphone am 24. Januar erneut an den Kunden, der wie bereits beim vorigen Mal die Annahme verweigert. Das hätte er übrigens nicht tun müssen. Da Rebuy ihm das Smartphone in völliger Verkennung der Rechtslage gesandt hatte und er dafür keine Verantwortung trug, musste er es lediglich aufbewahren und dem Eigentümer aushändigen. In der Praxis wird man so eine fehlgeleitete Sendung aber auch einem Paketdienst anvertrauen, wenn der Eigentümer darum bitten sollte. Insofern dürfte die Annahmeverweigerung im wohlverstandenen Interesse beider Seiten gewesen sein.

Am 8. Februar erhielten wir eine Antwort des Unternehmens auf unsere Anfrage: Nach der intensiven internen Prüfung des Vorgangs stelle man fest, dass es in dem Fall der Rücksendung von Ole R. zu einer Fehleinschätzung seitens Rebuy gekommen sei.

## Späte Einsicht

Selbstverständlich habe der Kunde das Recht, ohne Angaben von Gründen innerhalb einer Frist von 21 Tagen, die Rebuy einräumt, den Kaufvertrag zu widerrufen. Deswegen nehme man das Gerät zurück und erstatte dem Kunden vollumfänglich den Kaufpreis. Man werde sich auch persönlich bei ihm für die Unannehmlichkeiten entschuldigen.

Worin die Fehleinschätzung genau bestanden hatte, erfuhren wir leider nicht. Auch blieben die versprochene Rückzah-

lung und Entschuldigung beim Kunden weiterhin aus. Deshalb fragten wir am 15. Februar ein weiteres Mal an und erkundigten uns, wann Ole R. denn mit der versprochenen Zahlung rechnen dürfe. Darauf erhielten wir noch am selben Tag den Anruf einer Sprecherin, die sich nochmals entschuldigte. Sie räumte unumwunden Fehler aufseiten Rebuy ein und ließ uns wissen, dass es im Service gerade erhebliche Umstrukturierungen gäbe und die Retoure von Ole R. versehentlich eben nicht als Widerruf behandelt worden sei, sondern als Garantiefall.

Tatsächlich trafen dann binnen weniger Stunden noch einige wenige Zeilen der Entschuldigung ein und am folgenden Freitag ging dann auch endlich das Geld bei Ole R. ein. Mit mindestens drei Wochen Verspätung, denn laut Gesetz hat der Verkäufer für die Rückzahlung 14 Tage ab dem Zugang der Widerrufserklärung Zeit, den Kaufpreis zu erstatten. Er kann die Zahlung allerdings bis zum Eingang der zurückgesendeten Ware zurückhalten.

Fehler können passieren, aber dann muss man den entstandenen Schaden beim Kunden wieder gutzumachen versuchen. Der war hier extrem genervt durch den wiederholten Versuch, ihm einfach das Smartphone zurückzuschicken. Hinzu kam die schlechte Erreichbarkeit des Händlers, die den Kunden auch viel Zeit gekostet hat. Von der schmallippigen und wohlfeilen Entschuldigung seitens Rebuy war Ole R. deshalb ziemlich enttäuscht. „Es wäre ange-sichts der Nervvereien sicher nett gewesen, etwas anderes als einen Textbaustein zu versenden“, schrieb er uns. (tig@ct.de) ct

## Service im Visier

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

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

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

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

# Das neue Sehen

Mixed und Virtual Reality  
mit der Apple Vision Pro



<b>VR, AR, MR und die Zukunft .....</b>	<b>Seite 50</b>
<b>Apple Vision Pro im Test .....</b>	<b>Seite 52</b>
<b>Vergleich: Apple Vision Pro und Meta Quest 3 .....</b>	<b>Seite 60</b>

# Arbeiten, Spielen und Unterhaltung in VR/MR: Inhalte erscheinen dreidimensional, die Realität blendet man auf Wunsch ein oder aus, riesige Monitore schweben auch auf dem Balkon, auf dem Sofa oder in der Bahn vor einem. Das versprechen VR-Brillen schon lange, doch Apple setzt das jetzt am besten um – oder? Wir sehen nach ein paar Wochen mit der Vision Pro klarer ihre Vor- und Nachteile auch im Vergleich mit der Meta Quest 3.

Von Jörg Wirtgen

**D**ie Apple Vision Pro und die in vielen Aspekten ähnliche Meta Quest 3 beenden vielleicht endgültig die Notwendigkeit, penibel zwischen VR-, AR- und MR-Headsets zu unterscheiden, denn sie vereinen alle drei Spielarten. Ab und zu ist von XR als Oberbegriff für die drei Techniken die Rede, aber in vielen Köpfen dürfte sich längst VR als Gattungsname etabliert haben, auch wenn das der reinen Lehre nach nicht ganz stimmt.

Tatsächlich hat die Vision Pro das Zeug, wieder Begeisterung für die bestensfalls verstaubten, oft aber einfach erfolglosen Virtual-Spielarten zu entfachen, die seit Jahren höchstens in Nischen erfolgreich bestehen. Warum ihr das besser gelingt als den bisherigen (nennen wir sie mal so) VR-Brillen, und warum sie dann doch noch nicht den Durchbruch bringen wird, beschreibt der folgende Artikel ab Seite 52. Der Artikel danach ab Seite 60 zeigt, in welchen Bereichen der Hauptkonkurrent Meta Quest 3 mithält und in welchen nicht.

Beide arbeiten autonom, beide zeigen dem Träger entweder seine reale Umgebung oder eine komplett virtuelle (VR, virtual reality). Beide blenden dort virtuelle Gegenstände, App-Fenster oder Chatpartner ein (AR, augmented reality, erweiterte Realität), die ihre Position im echten Raum behalten, wenn man sich bewegt (MR, mixed reality). Beide steuert man mit Handgesten. Nicht zuletzt sind beide in Ökosysteme eingebettet, die sie mit angepassten Apps versorgen und noch nicht

angepasste halbwegs brauchbar unterstützen. Das alles wird in ein paar Jahren so selbstverständlich sein wie ein Touchdisplay am Telefon, wie ein Akku im dadurch vom PC zum Notebook mutierenden, wie ein Flachbildfernseher statt der Röhre und wie ein Internetzugang ohne Einwählen.

Datenbrillen mit weniger Funktionen werden ihre Nischen finden oder behalten, etwa für Spiele Sonys VR-Brille an der PlayStation oder SteamVR am PC und für industrielle Nischen die Varjo XR4 und die Microsoft Hololens.

Aber von den erfolgreichen Brillen wird man alles erwarten: Filme auf virtuellen 200-Zoll-Leinwänden ansehen, Gegenstände etwa zu Lehrzwecken in den Raum einblenden, stereoskopische Videos aufzeichnen, die vom Smartphone und Tablet gewohnten Apps nutzen, in 3D-Spiele abtauchen, PC-Software direkt laufen lassen oder zumindest den PC fernsteuern. Dabei möchte man entweder auf dem Sofa sitzen bleiben oder durch die Welt spazieren, und zwar ohne Sensorik im Raum zu verteilen oder Handcontroller zu benötigen. Auch muss die Brille ohne angeschlossenen PC autark funktionieren, vorzugsweise inklusive 5G statt nur WLAN.

Dass eine nagelneue 4000-Euro-Hightech-Brille wie die Vision Pro diese Ziele lange nicht perfekt erreicht, zeigt, wie viel Detailarbeit und weitere Entwicklung dafür nötig sind. Kein Wunder also, dass ältere oder günstigere Datenbrillen bestenfalls in Teilbereichen bestehen konnten, die dann auch die Differenzierung in VR, AR und MR verdient hatten.

Zutun bleibt also genug für Apple und Meta. Beispielsweise ist der sogenannte

Vergenz-Akkommodation-Konflikt noch nicht gelöst: Die Fixierung der Augen auf das Brillendisplay stört das Zusammenspiel der Augen beim Scharfstellen und stereoskopischen Sehen, was Kopfschmerzen erzeugen kann [1]. Abhilfe könnten Linsen mit variablem Fokus schaffen.

Unklar ist, welche weitere Konkurrenz Apple und Meta zu erwarten haben. Versuchen Sony oder Microsoft aufzuschließen? Was macht Google nach Glass und HTC Vive? Die Markteinführung von Samsungs geplantem Headset „Galaxy XR“ wurde einem Gerücht zufolge verschoben, nachdem Entscheidungsträger eine Vision Pro in die Hände bekamen.

Bislang sind die alltäglichen Anwendungen begrenzt. Wer will für einen Filmabend mit Freunden oder Familie schon 20.000 Euro für die Brillen ausgeben und sich dann nicht einmal vernünftig sehen und unterhalten können? Wer will so eine Brille mit auf Wanderungen schleppen oder auf Veranstaltungen tragen, um dreidimensionale Erinnerungen aufzuzeichnen? Oder die Brille als PC-Fernsteuerung nutzen, wo man doch für ihren Preis gleich mehrere 32-Zoll-Monitore bekommt – samt Schreibtisch und Multimonitorhalterung. Möglicherweise entstehen bald verlockendere Anwendungen, beispielsweise eingeblendete Statistiken bei Sportübertragungen oder Live-Konzerte in 3D.

Auch wenn einige Technik-Nerds und Singles mit kleinen Wohnungen sich schon jetzt angesprochen fühlen, dürften sich die Investition in Vision Pro und Quest 3 für Hersteller und App-Entwickler erst in ein paar Jahren bezahlt machen, wenn günstigere Nachfolger eine größere Verbreitung finden. Und wenn mehr und mehr Anwender ausschließlich mit Smartphone- und Tablet-Anwendungen auskommen: Hegen sie den Wunsch nach einem größeren Display, dürften Notebook und PC nicht die erste Wahl sein, vielleicht haben sie nicht einmal einen Schreibtisch. Näher an ihren Vorstellungen dürfte eine sagen wir mal Vision Air mit visionOS 5.0 liegen. (jow@ct.de) ct

*Die beiden folgenden Artikel erschienen zuerst auf Heise.de unter heise.de/-9629236 für Mac & i und heise.de/-9627064 für heise+.*

## Literatur

- [1] Tomislav Bezmalinović, Der Vergenz-Akkommodation-Konflikt – Was ist das?: <https://heise.de/s/PZZv1>



# Wackeliger Blick in die Zukunft

## VR/MR-Brille Apple Vision Pro im Test

Mit Skibrillen-Flair und gut 600 Gramm Gewicht ist die Vision Pro zweifellos ein großes Ding, aber sicher nicht „the next big thing“: Die erste Generation steckt voller Kompromisse. Dennoch ist die Brille eines der innovativsten Produkte der letzten Jahre. Große Apps in der eigenen Umgebung schweben zu sehen und per Fingergeste zu bedienen macht Software und Inhalte verblüffend real und im Wortsinn greifbar.

Von Leonhard Becker

W er noch keinen Kontakt mit VR-Brillen hatte, ist beim ersten Tragen der Vision Pro gewöhnlich be- bis entgeistert. Das war zumindest bei allen Kollegen der Fall, die das Headset ausprobiert haben. Aber auch alte VR-Hasen zeigten sich angetan von der hohen Auflösung der Bildschirme, der geringen Latenz und der Handgestenerkennung.

Auf der Vision Pro sehen für VR-Brillen schon länger versprochene Konzepte wie Arbeitsplätze mit im Raum positionierbaren Fenstern und die Filmwiedergabe auf riesigen virtuellen Kinoleinwänden nicht länger wie halbgare 3D-Demos aus, sondern richtig gut. Apple wettet damit auf das gar nicht so neue Konzept des Spacial Computing, des räumlichen Rechners: Man schaut gewissermaßen durch die Brille hindurch in die physische Umgebung und steuert die riesig in den

Raum eingebundete Software per Blick und Handgesten.

Das Betriebssystem visionOS verwandelt die Apps in physisch wirkende Objekte, die fest im Raum an der gewählten Stelle zu bleiben scheinen und sich durch ihren Schattenwurf in Umgebung und aktuelle Lichtsituation einfügen. Anfangs fürchtet man gar, sich den Kopf zu stoßen, wenn man durch eines dieser virtuellen Fenster hindurchläuft. Der überraschend räumliche Klang aus den kleinen, über den Ohren sitzenden Lautsprechern rundet die Illusion ab.

### Passthrough: Außenwelt mit Hintergrundunschärfe

Dabei ist die Vision Pro nicht durchsichtig. Stattdessen erfassen zwei 6,5-Megapixel-Kameras auf der Außenseite kontinuierlich die Umgebung und bringen sie auf die

beiden Displays. Das passiert mit einer praktisch nicht wahrnehmbaren Latenz von laut Apple 12 Millisekunden. Wir absolvierten mit der Vision Pro erfolgreich eine kleine Tischtennispartie – auch Fahrradfahren (auf Privatgelände) ist möglich. Weitere Sensoren vermessen die Umgebung und erfassen den Raum mitsamt Möblierung sowie Hand- und Kopfbewegungen (plus Mimik).

In diesem Passthrough-Modus sieht der Nutzer zuallererst seine physische Umgebung – statt wie bei Virtual-Reality-Brillen komplett in eine virtuelle Welt zu tauchen. Auch die eigenen Hände und andere nahe Objekte werden korrekt wiedergegeben. Digitale Elemente wie die App-Fenster erscheinen in einem virtuellen Abstand von gut einem Meter und sind gestochen scharf und sehr hell.

So kann man sich problemlos durch Haus oder Büro bewegen, Treppen steigen und einen Blick auf das Smartphone werfen, ohne die Vision Pro abnehmen zu müssen. Testpersonen berichteten übereinstimmend, dass sie sich mit aufgesetzter Vision Pro gut zuretfanden und nach einiger Zeit mitunter vergaßen, dass sie sie trugen. Bei anderen bisher für Endkunden erhältlichen Mixed-Reality-Brillen funktioniert das bei Weitem nicht so gut.

Optische Wunder sollte man aber nicht erwarten, von der normalen Augensicht ist all das noch weit entfernt: Kleine Texte etwa auf dem Smartphone sind nur mit Mühe zu entziffern. Bei Kopfdrehungen und dem Loslaufen kommt es zu deutlicher Bewegungsunschärfe und Bildwackeln. Entfernte physische Objekte – etwa beim Blick aus dem Fenster – stellt der Passthrough-Modus merklich unscharf dar. Für Kurzsichtige fühlt sich das so an, als hätten sie ihre Brille nicht aufgesetzt.

Zudem bildet die Vision Pro die Außenwelt nur abgedunkelt und merklich blasser ab. Das scheint gewollt, um bei hellen Lichtquellen nicht plötzlich zu blinzeln – und vor allem, um die digitalen Inhalte klarer hervorzuheben. In dunkleren Umgebungen wird das Kamerabild grobkörniger, ist es stockdunkel, versagt schließlich auch das Tracking.

Hinzu kommt ein begrenztes Sichtfeld, das je nach Lichtsiegel (das am Gesicht anliegende Polster) etwas enger oder weiter ausfällt. Es fühlt sich an, als würde man durch ein Fernglas schauen, und kann beengend wirken. Konzentriert man sich auf Apps und digitale Inhalte, gerät der schwarze Rand meist in Vergessenheit.

Einen konkreten Wert zum Sichtfeld nennt Apple nicht, es dürfte in jedem Fall kleiner sein als die 110 Grad, die Meta für die Quest 3 angibt.

Als Alternative zum Passthrough bietet die Vision Pro komplett virtuelle „Environments“ mit jeweils eigener Soundkulisse an, darunter landschaftlich reizvolle Orte in US-Nationalparks. Auch ein Abstecher auf den Mond ist möglich. Frei herumlaufen kann man in diesen 3D-Desktophintergründen nicht. Was sich nach einem Partytrick anhört, hat den Nutzwert, Imperfektionen und Ablenkungen der tatsächlichen Umgebung auszublenden. Ein ruhiger Bergsee mit sanftem Regengeräusch schlägt selbst das aufgeräumteste Büro als Arbeitsumgebung.

### Hochauflösende Mikro-OLEDs

Von der VR-Konkurrenz hebt sich die Vision Pro primär durch die beiden hervorragenden OLED-Mikrodisplays ab. Vermutlich handelt es sich um zwei 1,3 Zoll große Sony ECX344A, die laut iFixit mit  $3660 \times 3200$  Pixeln angesteuert werden, also 23,4 Megapixel ergeben. Die Brille berechnet nur den Bereich in voller Auflösung, auf den die per Tracking erfassten Augen gerade blicken, an den Randbereichen wird skaliert. Dieses „Foveated Scan“ beziehungsweise „Foveated Rendering“ genannte Verfahren reduziert die Datenmenge ohne sichtbare Qualitätseinbußen. Das wird durch die Pancake-Linsen vor den Displays unterstützt, die das Bild jenseits des Zentrums aufweiten. Die Kombination aus Foveated Rendering und

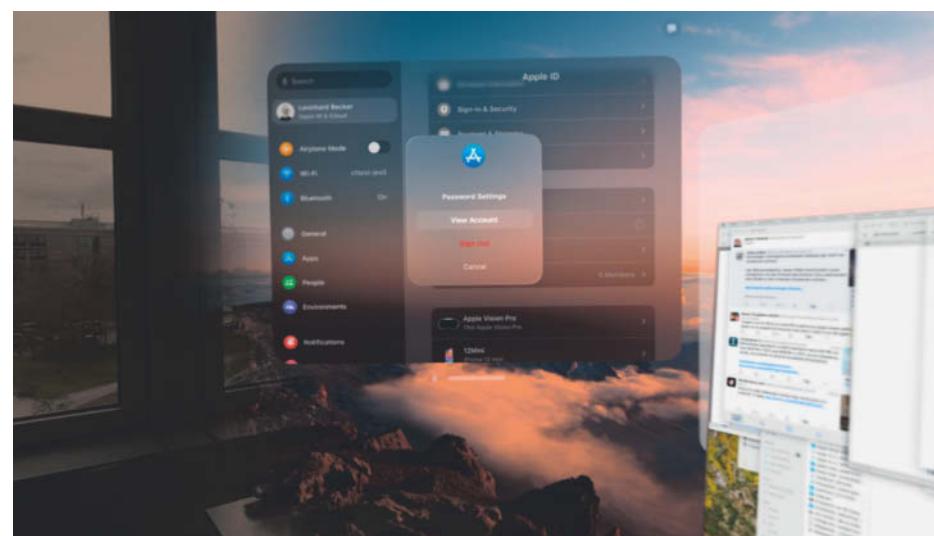
## c't kompakt

- Die Vision Pro setzt Mixed Reality und Spatial Computing besser um als bisherige VR-Brillen.
- Zu großen Teilen ist das den hervorragenden Displays geschuldet.
- Auch das Betriebssystem visionOS trägt seinen Teil dazu bei, wirkt aber wie eine Betaversion.

Linse kommt dem natürlichen Sehen sehr nahe.

Die Vision Pro zeigt dem Gegenüber ein digitales, animiertes Augenbild des Trägers („EyeSight“). Auf der Außenseite sitzt dazu ein größeres, leicht gebogenes OLED mit einer Rasterlinsenfolie, um die in Echtzeit gescannten Bilder der Augen des Trägers stereoskopisch auszugeben. Für Außenstehende wirkt das Bild dadurch dreidimensional.

Dieses Frontdisplay bleibt relativ dunkel, die digitalen Augen sind mitunter nur zu erahnen. Die Augen scheinen zudem oft zu hoch oder zu niedrig zu sitzen – irritierend. Dennoch macht das Display die Interaktionen mit einem Vision-Pro-Träger angenehmer und natürlicher. Wenn der Headset-Träger gerade Apps nutzt oder in einer virtuellen Welt steckt, verschwinden die Augen unter einem bunten animierten Schleier. Filmt oder fotografiert er seine Umgebung, wird das durch



**Der Hintergrund besteht aus der realen oder einer virtuellen Umgebung, wobei sich die „Environments“ stufenlos ein- und ausblenden lassen.**



**Das Dual-Loop-Band ist nicht so schick wie das Standardband, so trägt sich die Vision Pro aber angenehmer.**

helle weiße Elemente signalisiert. Beides dürfte derzeit jedoch noch kaum jemand verstehen. Ist der Träger allein im Raum, schaltet visionOS das Außendisplay automatisch ab.

Apropos Interaktion: Der Träger sieht im Passthrough-Modus sein Gegenüber sowieso. Steckt er in einer virtuellen Welt, blendet visionOS ein Gegenüber ins Sichtfeld ein, sobald er in dessen Richtung schaut. Das wirkt etwas gespenstisch, erspart aber Schreckmomente, falls das Gegenüber einen unvermutet antippt.

## **Design und Bedienung**

Apple setzt bei der Vision Pro auf Aluminium, Glas, viel Stoff, weiche Rundungen und vereinzelte orange Farbakzente. Das Solo Knit Band fühlt sich komfortabel an, lässt sich über ein Drehrad flexibel justieren und erlaubt es, das Headset schnell auf- und abzusetzen. Vielen Testpersonen drückte das frontlastige Gewicht – dort sitzt immerhin ein kompletter Computer mit M2-Prozessor – schnell unangenehm auf Stirn und Nase, nur wenige hielten das schmerzfrei länger als 30 Minuten aus.

Das ebenfalls mitgelieferte Dual Loop Band verteilt das Gewicht durch das zweite über den Kopf laufende Band besser – auf seine Frisur darf man allerdings keinen allzu großen Wert legen. Damit waren wir in der Lage, die Vision Pro über mehrere Stunden zu tragen.

Es gibt nur zwei Buttons, die beide auf der Oberseite der Vision Pro sitzen: eine Taste zum Einschalten und eine Krone, die sich sowohl drücken als auch drehen lässt. Diese „Digital Crown“ zoomt Environments stufenlos herein und heraus, sodass man sanft in die andere Welt gleitet und nicht ganz in den virtuellen Raum abtauchen muss: Es bleibt möglich, am Bergsee

zu arbeiten und zugleich die physische Tastatur auf dem Schreibtisch zu sehen. Die Krone steuert auch die Lautstärke.

Wie bei Apple gewohnt fühlt sich die Hardware hochwertig an. Der Designzauber täuscht jedoch nicht darüber hinweg, dass die Vision Pro eine penible Handhabung erfordert. Das Lichtsiegel haftet magnetisch am Headset. Hebt man damit die Brille an, kann das schwere Vorderteil leicht zu Boden krachen. Fasst man dagegen die Front an – und daran führt kaum ein Weg vorbei –, verschmieren die Finger nicht nur das Außendisplay, sondern mitunter auch die Kameras und Sensorik. Das wiederum kann Passthrough-Modus und Handtracking beeinträchtigen. Wohlweislich liefert Apple ein Putztuch mit.

Kurzsichtige benötigen beim Tragen des Headsets spezielle Korrekturgläser in der passenden Stärke, die bislang nur Zeiss in den USA anbietet. Alternativ setzt man sich Kontaktlinsen ein. Für Weitsichtige führen Apple und Zeiss Lesegläser für die Vision Pro im Programm. Welche Korrekturgläser in Deutschland verfügbar sein werden, ist noch nicht bekannt. Wer physische Objekte in einem Abstand von rund 1,5 Metern ohne Brille scharf sehen kann, darf auch in der Vision Pro zureckkommen.

## **Laufzeit und externer Akku**

Der Akku ist ausgelagert, er ist über einen an Lightning erinnernden proprietären



**An der Unterseite der Vision Pro sitzen zwei Kameras für das Handtracking. Weitere Kameras zeigen nach vorne und zum Augentracking nach innen.**



# FREITAG IST C'T-TAG!\*

Jetzt 5x c't lesen

für 23,25 €  
statt 30,25 €\*\*

\*\* im Vergleich zum Standard-Abo

30 %  
Rabatt!



Mesh-WLAN aus  
Einfach, schnell

Fritzbox & Co. im Test - Einrichtung

Kostenlose Firmware-Tools

Neue Einsteiger-Notebooks

Foto-Test



Einrichtung & Co. in den Top-Abonnementen - Technik entdeckt

Kostenlose Firmware-Tools

Neue Einsteiger Notebooks

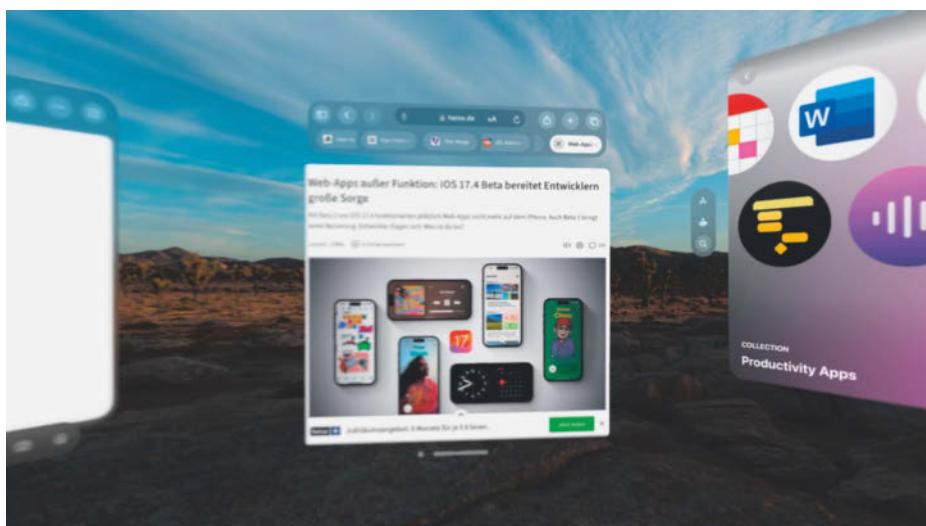
Foto-Test

Jetzt bestellen:

[ct.de/meintag](http://ct.de/meintag)



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



**Vor den realen oder virtuellen Hintergrund setzt visionOS die App-Fenster. Der 2D-Screenshot kann nicht vermitteln, wie gut das in 3D aussieht. Die Unschärfe an den Rändern liegt am Foveated Rendering, das man als Träger der Brille nicht störend wahrnimmt.**

12-Pin-Anschluss am linken Ohrbügel mit dem Headset verbunden. Das geflochtene Kabel zum Akkupack ist nur knapp 1,20 Meter lang. Damit lässt sich der Akku in der Hosentasche verstauen, wo er im Betrieb mitunter spürbar warm wird. Liegt er auf dem Schreibtisch und man steht plötzlich auf, reißt man ihn herunter und der Akku zerrt unangenehm am Kopfbügel. Vergisst man den Akku nach dem Absetzen des Headsets in der Hosentasche, befördert man beim Aufstehen die Vision Pro schnell von Tisch oder Couch direkt auf den Boden. Das sind keine theoretischen Szenarien, sondern das passierte alles im Testeinsatz – mehrfach, glücklicherweise ohne bleibende Schäden an der Brille.

Die Batterie hält im Schnitt beim Einsatz von Apps rund 2,5 Stunden, bei der 3D-Filmwiedergabe knapp drei Stunden. Erreicht der Ladestand 0 Prozent, bleiben noch 30 Sekunden, um das Headset abzuziehen. Den freundlichen Hinweis darauf sollte man ernst nehmen, denn schaltet sich die Vision Pro ab, wird einem buchstäblich schwarz vor Augen. Der Akku lädt mit dem beigelegten 30-Watt-Netzteil eher lahms. Mit einem stärkeren zieht er gut 50 Watt und ist nach rund einer Stunde voll. Apple empfiehlt, die Vision Pro bei Nichtnutzung am Strom hängenzulassen, weil sie im Standby-Modus zum Aktualisieren von Apps und Synchronisieren 2 bis 5 Watt benötigt.

Statt einen 200 US-Dollar teuren zweiten Akku bei Apple zu kaufen, greift man besser zu einer Powerbank, die den

Apple-Akku per USB-PD lädt. Zusätzlicher Vorteil: Damit lässt sich nahtlos weiterarbeiten – denn Hot-Swapping ist nicht vorgesehen, sondern die Brille geht komplett aus, sobald man den Akku abzieht.

### Schnittstellen, M2-Chip

Außer WLAN (Wi-Fi 6, also kein 6-GHz-Band) und Bluetooth besitzt die Vision Pro keine weitere Schnittstelle. Bluetooth dient zur Kommunikation mit anderen Apple-Geräten und zur drahtlosen Anbindung von Eingabegeräten und Kopfhörern.

Apples aktuelle Magic Keyboard und Magic Trackpad ließen sich problemlos verbinden. Die älteren Versionen mit wechselbaren Batterien unterstützt die Vision Pro nicht, ebenso bleiben sämtliche Bluetooth-Mäuse inklusive Apples Magic Mouse außen vor. Bei Game-Controllern scheint sich alles verbinden zu lassen, womit auch iOS spricht, also etwa Xbox- und PlayStation-Controller.

Bei Bluetooth-Kopfhörern ist man ebenfalls nur mit Apple-respektive Beats-Modellen auf der sicheren Seite, die anderer Hersteller haben wir nicht gekoppelt bekommen. Speziell für die Vision Pro ausgelegt sind ausschließlich Apples aller-neueste AirPods Pro 2 (die Modellvariante mit USB-C-Akkukästchen): Sie unterstützen verlustfreies Audio und haben eine besonders geringe Latenz.

In den USA ansässige Mitglieder von Apples Entwicklerprogramm können sich einen „Developer Strap“ zum gesalzenen Preis von 300 US-Dollar bestellen: Dahn-

ter versteckt sich ein rechter Ohrbügel mit samt integriertem Lautsprecher und einem USB-C-Anschluss. Derzeit ist er hauptsächlich dafür gedacht, die Vision Pro mit den auf einem Mac laufenden Entwickler-Tools wie Xcode zu verbinden, was ebenso drahtlos möglich ist.

Die Vision Pro läuft mit 16 GByte Arbeitsspeicher und dem gleichen M2-Chip, der auch im MacBook Air und iPad Pro seinen Dienst tut. Im Alltagseinsatz konnten wir den Prozessor nicht spürbar an die Grenze bringen. Bei VR-Spielen, längeren Video-Calls oder aufwendigen virtuellen Umgebungen pustet die Vision Pro aber heiße Luft aus den an der Oberseite liegenden Lüftungsschlitzten. Das macht es im Stirnbereich warm und schwitzig.

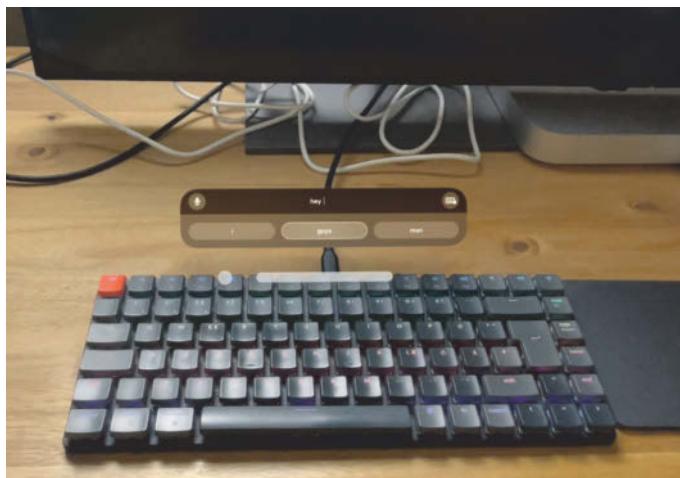
### visionOS – Apples sechstes Betriebssystem

visionOS ist letztlich iPadOS mit 3D-Elementen. iPhone- und iPad-Nutzer finden sich also unmittelbar zurecht, zumal vertraute Apple-Apps wie der Browser Safari, iMessage, Fotos, Notizen, Musik und TV gleich im Raum erscheinen und die per iCloud synchronisierten persönlichen Daten enthalten.

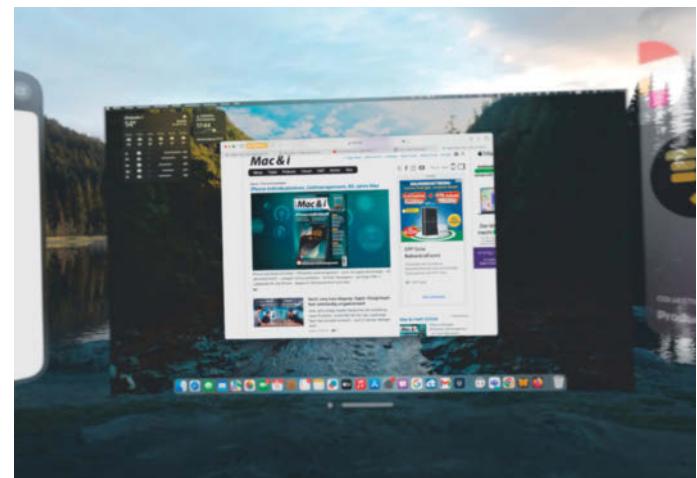
Die meisten Apps öffnen sich als ein neues 2D-Fenster im Raum und lassen sich dort relativ frei positionieren, vergrößern und verkleinern sowie wieder schließen. Sie verharren an der vom Nutzer gewählten Stelle im echten Raum: Das jeweilige Fenster-Setup bleibt also beispielsweise im Büro zurück, wenn man zum Feierabend nach Hause fährt und ist am nächsten Morgen dort wiederzufinden. Allerdings darf man sich darauf nicht verlassen: Einen Neustart oder Absturz überdauern solche Fensterkonfigurationen nämlich nicht.

Zudem arbeitet die Positionierung nicht fehlerfrei: Die im zweiten Stock zurückgelassenen App-Fenster können einem bei der Rückkehr ins Büro schon im Erdgeschoss begegnen. Daher funktioniert es vorerst nicht, seine Umgebung dauerhaft um virtuelle Elemente wie digitale Wandbilder oder ein Whiteboard zu ergänzen.

Apps und Spiele können aber auch 3D-Modelle mitbringen, sie übernehmen dafür den kompletten virtuellen Raum und andere Apps werden ausgeblendet. Solche Virtual-Reality-Anwendungen, die einen in eine komplett immersive virtuelle Welt versetzen, gibt es bislang kaum. Apps müssen für Handtracking und In-



Über einer per Bluetooth oder wie im Foto per Mac-Fernsteuerung angebundener physischen Tastatur blendet visionOS ein virtuelles Fenster ein, das unter anderem die Vorschläge der Autokorrektur zeigt.



Die Vision Pro arbeitet als virtuelles Display an einem macOS-Rechner, dessen Tastatur und Trackpad man dann nutzt – dank „Universal Control“ steuert man damit auch die übrigen visionOS-Apps.

formationen über die Umgebung erst um Zustimmung bitten. Sensible Daten wie die Blickrichtung werden nur vom Betriebssystem verwaltet und weder mit Apps noch mit Apple geteilt, verspricht der Hersteller. Auch auf die Außenkameras können Dritt-Apps derzeit nicht zugreifen.

Anders als bei iPadOS sind wir auf keine Begrenzung für die Anzahl offener Fenster gestoßen. Das ist erfreulich, unterstreicht aber eines der größten Mankos des Betriebssystems: visionOS 1 fehlt jegliche nennenswerte Fensterverwaltung. Nutzer können lediglich alle offenen Fenster durch Gedrückthalten der Krone einsammeln und im Blickfeld einblenden. Die Apps stapeln sich dann wild übereinander und lassen sich nur erreichen, indem man alle darüber liegenden Fenster einzeln zur Seite schiebt oder schließt – ein frustrierendes Unterfangen. Essenzielle, aus macOS und iPadOS vertraute Tastenkürzel wie Cmd+Tab zum schnellen Wechsel der aktiven App funktionieren in visionOS nicht, auch gibt es weder Stage Manager noch eine Ansicht, die analog zu „Mission Control“ in macOS alle geöffneten Fenster zeigt.

An vielen Ecken fühlt sich visionOS noch rau und eher nach einer Version 0.9 an. Bugs und Darstellungsfehler sind an der Tagesordnung, ebenso wie Abstürze bei intensiver Nutzung. Aktuell ist es nicht einmal vorgesehen, Apps auf dem Homescreen umzusortieren.

## Augen- und Hand-Tracking

Vorrangig steuert man visionOS per Augen- und Handtracking: Man betätigt

einen Button, indem man ihn anschaut und Zeigefinger und Daumen zusammenführt; man scrollt und betätigt Regler, indem man die zusammengeführten Finger bewegt; hält man die Finger länger zusammen, öffnet sich ein Kontextmenü.

Das funktionierte im Test präzise, wenn das Setup stimmt: Die Vision Pro sollte optimal vor den Augen sitzen, eine Erstkalibrierung stimmt auf den Träger ab, der Augenabstand muss richtig eingestellt sein. Die Linsen richtet die Vision Pro automatisch auf den Abstand der Augen aus, das kurze Prozedere muss man aber öfter zur Feinabstimmung wiederholen.

Die indirekte Steuerung per Blick und Geste fühlt sich anfangs an, als würde man Software durch Gedankenkraft steuern. Im Alltag wird das aber schnell zu einer nervenden Produktivitätsbremse: Jedes Element, das man anwählen möchte, will zuerst genau fixiert werden. Aktionen lassen sich nur konzentriert Schritt für Schritt ausführen. Wer mit den Augen schnell weiterspringt, bevor er per Geste klickt, erntet frustrierende Fehleingaben.

In für visionOS optimierten Apps funktionierte das Augentracking gewöhnlich gut, weil die Bedienelemente genug Abstand voneinander haben. Im Browser und bei iPhone- und iPad-Apps wird es allerdings schnell zum Glücksspiel, welches Element man trifft.

Für die Gestenerkennung sind die nach vorn, seitlich und unten ausgerichteten Kameras der Vision Pro zuständig. Theatralisches Gefuchtel in der Luft ist über-

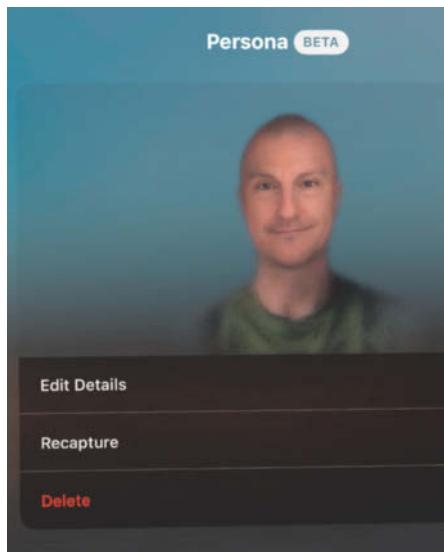
flüssig, das Headset bemerkte unsere Gesten auch dann zuverlässig, wenn die Hände auf dem Tisch oder dem Schoß ruhten. Allerdings gerieten unsere Hände im Alltag beispielsweise bei Kopfdrehungen leicht aus dem Blickfeld der Vision Pro. Weil sich nicht sofort erschließt, warum eine Geste dann nicht funktioniert, nagt das am Vertrauen in diese Steuermethode.

Alternativ zieht man Fenster und Eingabeelemente nah heran und bedient sie direkt, indem man mit dem Finger vor sich in die Luft auf das virtuelle Bedienelement tippt. Auch für kurze Tastatureingaben ist das ein gangbarer Weg – allerdings mühsam mit Einfinger- statt Zehnfingersystem, zudem fehlen elementare Funktionen wie „Eingabe widerrufen“. Textänderungen, Cursor-Positionierung und die Textauswahl geraten mit Augen- und Handtracking somit zum ärgerlichen Geduldsspiel.

Besser funktioniert, eine echte Tastatur und ein Magic Trackpad per Bluetooth zu koppeln. Per Tastenkürzel klappt es dann auch mit dem Undo. Viele andere vom iPad vertraute Keyboard-Shortcuts funktionieren in visionOS ebenfalls. Als Alternative ist Apples solide Diktierfunktion mit an Bord. Virtuelle Tastatur, Diktierfunktion und Siri unterstützen vorerst nur Englisch.

## macOS-Fernsteuerung

Die meisten Arbeiten und Workflows, die sich auf dem iPad erledigen lassen, funktionieren grundsätzlich auch in visionOS. Für alles darüber hinaus lässt sich die Vision Pro als großes virtuelles Display für



### Zwischen gruselig und beeindruckend: Mangels Selfiekamera erscheint der Träger in Videokonferenzen als digital erzeugtes Abbild – Persona genannt.

einen Mac einsetzen: Der Bildschirminhalt des eigenen – mit derselben Apple-ID verknüpften – Computers erscheint so in variabler Größe als 2D-Fenster neben den visionOS-Apps. Um die Verbindung zu initiieren, blickt der Vision-Pro-Träger auf sein MacBook, worauf ein Connect-Button erscheint, der die Verbindung aufbaut. Im Test erschien der Button längst nicht immer zuverlässig. Alternativ kopiert man im visionOS-Kontrollzentrum, was bei Desktop-Macs sowieso der einzige Weg ist.

Einmal per Bluetooth und WLAN aufgebaut, liefen die Direktverbindungen problemlos, Eingaben auf der Mac-Peripherie wurden direkt ausgeführt. Ein Highlight dabei ist „Universal Control“: MacBook-Tastatur und Trackpad sind nicht nur in der macOS-Oberfläche verwendbar, sondern auch direkt in den anderen geöffneten visionOS- respektive iOS-Apps. Mac- und iPad-Nutzer kennen diese Option bereits, mit der sich bis zu drei Apple-Geräte von denselben Eingabegeräten aus bedienen lassen.

Der physische Mac-Bildschirm schaltet sich automatisch ab, was das Arbeiten an sensiblen oder persönlichen Dateien im öffentlichen Raum ermöglicht. Mehrere Displays sind nicht möglich, der Mac sieht die Vision Pro als einzelnen Monitor mit maximal  $5120 \times 2880$  Pixeln. visionOS skaliert das bei Macs mit Apple-Chip auf 4K herunter, bei Intel-Macs auf 3K. Insgesamt sieht das weniger knackig aus als

auf einem echten 27-Zöller mit 5K, aber wir konnten gut an dem virtuellen Display arbeiten. Pixelgenaue und farbtreue Arbeiten erfordern weiter einen physischen Monitor.

### Irisscan Gastmodus, Personas

Als biometrische Authentifizierungsmethode ist ein Irisscan namens Optic ID eingebaut, der bei uns noch einen Tick schneller als Face ID auf dem iPhone arbeitete. Er entsperrt nicht nur die Vision Pro, sondern erlaubt es auch, Apps zu laden und Käufe per Apple Pay zu bezahlen. Laut Apple werden die durch die Infrastruktakameras erfassten Daten nur in abstrakter Form und ausschließlich lokal auf dem Gerät gespeichert. Eine andere zentrale Sicherheitsfunktion fehlt der Vision Pro im Moment: Sie lässt sich nicht über „Wo ist?“ orten und somit auch nicht aus der Ferne löschen.

Damit auch andere Personen die Vision Pro ausprobieren können, gibt es einen Gastmodus. Er beschränkt wahlweise den Zugriff auf Apps und passt das Augen- und Handtracking an. Um das Gerät regelmäßig an die gleichen Personen weiterzugeben, taugt er nicht, weil alle Einstellungen nach dem Absetzen sofort verworfen werden.

Weil die Vision Pro keine Selfiekamera hat, können Besitzer für Videokonferenzen ein digitales Abbild ihres Gesichtes erstellen, die sogenannte Persona. Sie halten dazu die Brille mit der Außenseite vor ihr Gesicht, das ganze Prozedere nimmt nur einmalig eine gute Minute in Anspruch.

Teams, Zoom und andere Apps, die sonst die Webcam oder Selfiekamera nutzen, bekommen – mit Erlaubnis des Nutzers – die Persona als live animierten Videofeed zugespielt. Die Persona ahmt die Mimik des Trägers nach und überträgt auch vor dem Gesicht ausgeführte Gesten, wobei die Hände schweben und die Arme fehlen. Auch feine Mimik wird wiedergegeben, sodass Personas im Idealfall wie eine gutes 3D-Computerspielabbild des eigenen Gesichts aussehen. In Videomeetings mit echten Menschen fühlte sich die Persona ungewöhnlich an, aber Videokonferenzen mit anderen Personas empfanden wir schnell als legitimes Kommunikationsmittel.

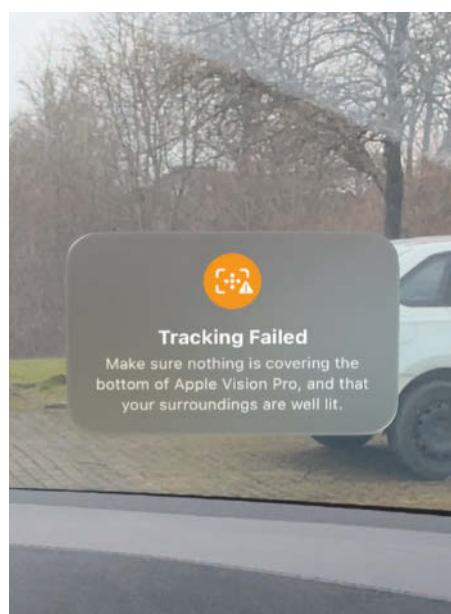
Apple weist ungewöhnlich deutlich darauf hin, dass es sich um eine Beta handelt; derzeit scheint es beispielsweise Probleme mit Bärten zu geben, auch ist es

nicht möglich, mehrere Personas mit verschiedener Kleidung oder Frisur zu erstellen.

### Apps und Entertainment

Rund 1000 für visionOS angepasste Apps gibt es bislang. Zu den größten Drittentwicklern gehört Microsoft: Teams, Word, Excel und PowerPoint sind im App Store zu finden und machen eine gute Figur in visionOS. Von Apples Standard-Apps fehlen zum Beispiel Kalender, Karten und Pages, sie laufen nur als iPad-App.

Erst wenige Apps nutzen die 3D-Fähigkeiten der Brille aus und stellen große virtuelle Modelle in den Raum. Besonders immersiv lädt der Mars-Rover Perseverance zur Erforschung ein. Voyager zeigt 3D-Modelle von Flughäfen und bindet Echtzeitdaten der Flugzeuge ein, die so direkt in der eigenen Umgebung starten und landen. Beeindruckend sind auch die Augmented-Reality-Modelle, die Jigspace – ein Tool für 3D-Präsentationen – ins Wohnzimmer stellt. Zu den wenigen interessanten Spielen gehören die ansprechend umgesetzten 3D-Brettspiele in Game Room von Resolution, das Spielestudio will auch sein populäres Demeo noch auf visionOS bringen. Auch ist es möglich, etwa per Steam Link die 2D-Spiele vom Gaming-PC im lokalen Netzwerk



Im Zug oder Auto (als Beifahrer) können Tracking-Warnungen verhindern, dass man die Vision Pro nutzt. Manchmal hilft der Travel-Modus, wenn man ihn trotz der Warnungen denn eingeschaltet bekommt.

zu streamen. Erste Apps machen die Vision Pro zum HDMI-Monitor für andere Konsolen, erfordern aber schnell kostspielige Workarounds wie eine hochwertige Video-Capture-Card und einen Mac – oder einen NDI-Converter.

Außer dem üblichen Streamingangebot an 2D-Inhalten hat Apple auch 3D-Filme in seiner TV-App zum Kaufen (inklusive 2D-Version) und zum Leihen integriert. Die Qualität variiert von Film zu Film, zudem kam es zumindest bei einigen Kollegen schon in den ersten Minuten zu „Motion Sickness“, sprich Unwohlsein. Der sonstige Einsatz der Vision Pro löste bei ihnen erfreulicherweise keinerlei Übelkeit aus. Derzeit ist bei Disney+, Netflix und YouTube noch nichts von 3D zu sehen. Als „Immersive Video“ führt Apple erste in 8K gefilmte 180-Grad-Videos im Programm (siehe im Folgeartikel S. 60).

Von der hohen Auflösung der Vision Pro profitieren besonders Filme und Serien: Zum allerersten Mal sieht eine virtuelle Kinoleinwand in einem Headset so scharf aus wie in der echten Welt – und man hat sogar freie Platzwahl. 4K-Inhalte in Dolby Vision und Dolby Atmos sind ein entsprechender Genuss. Das können in dieser Größe selbst teure Heimkino-Setups nicht leisten.

In anderen VR-Headsets zu beobachtende Lichtspiegelungen in den Linsen direkt vor den Augen sind auch bei der Vision Pro störend zu bemerken, besonders in kontraststarken Situationen. Am unteren Blickrand erscheinen dann teils milchig weiße, teils bläuliche Schlieren. Zu den Workarounds aus Foren zählt, den Film lieber in einer hellen virtuellen Umgebung abzuspielen, was die Schlieren zumindest abschwächt.

## Spatial Videos und unterwegs

Mit den 6-Megapixel-Kameras der Vision Pro lassen sich „Spatial Photos“ und „Spatial Videos“ anfertigen, sprich räumlich wirkende stereoskopische Aufnahmen. Gerade persönliche Fotos oder Videos wirken dadurch viel greifbarer, je nach Motiv intensiver und emotionaler. In 2D machen die Fotos und Videos der Vision Pro allerdings nicht viel her, sie sind quadratisch, eher blass und mit nur  $2560 \times 2560$  Pixeln (Foto) respektive  $2200 \times 2200$  Pixel (Video) aufgelöst.

Besitzer eines iPhone 15 Pro (Max) sind ebenfalls in der Lage, Spatial Videos zu filmen, allerdings nur in Full HD. Solche Videos vermitteln einen etwas schwächeren Raumeindruck als die mit der Vision Pro gefilmten Aufnahmen.

In Fahrzeugen lässt sich die Vision Pro nur eingeschränkt verwenden: Beim Losfahren bewegt man sich im normalen Modus sofort durch die statischen App-Fenster hindurch und lässt sie zurück. Das Headset spuckt zudem verschiedene Tracking-Warnmeldungen aus, weil es die Umgebung nicht mehr richtig erfassen kann. Im fahrenden Zug konnten wir die Vision Pro nach einem Neustart aufgrund der ständigen Tracking-Warnungen gar nicht erst bedienen.

In einem speziell für das Flugzeug gedachten Reisemode platziert das Betriebssystem die virtuellen Fenster fest im Blickfeld des Nutzers und ignoriert dadurch die stete Ortsveränderung. Dieser Modus lässt sich auch im Auto oder Zug aktivieren – wenn man es denn schafft. Doch auch dann ließen Vibrationen etwa durch eine schlechte Fahrbahndecke Apps und Fenster so stark zittern, dass wir sie nicht mehr richtig erkennen und bedienen konnten. Dreht man den Kopf, um aus dem Seitenfenster zu blicken, erscheint eine Tracking-Warnung und die virtuellen Fenster verschwinden. Bei kurvigen Strecken und plötzlichen Spurwechseln lauert Übelkeit.

## Fazit

Spatial Computing ist gekommen, um zu bleiben, daran lässt Apples neue Hard-

warekategorie wenig Zweifel. Allein die großen App-Fenster in der eigenen Umgebung will man schnell nicht mehr missen. Räumliche Erinnerungsfotos und immersive Videos stellen ein faszinierendes Medium dar, das bisherige 2D-Inhalte flach und leblos wirken lässt. Die Wiedergabe von Filmen und Serien auf einer riesigen Leinwand ist zudem überzeugend.

Zum Anfang macht die Vision Pro primär dem Fernseher Konkurrenz – sowie dem iPad. Sollte es Apple in fernterer Zukunft schaffen, die Technik in eine normale Brillenform zu packen, bekommt sie das Potenzial zum iPhone-Killer. Bis dahin ist noch ein weiter Weg, nicht nur in Hinblick auf grundlegende Verbesserungen, die visionOS benötigt: Große App-Anbieter werden Anreize brauchen, um die neue Plattform mit einer bis auf Weiteres winzigen Nutzerschaft zu unterstützen.

Technikenthusiasten, die die Kompromisse offenen Auges in Kauf nehmen, bekommen mit der Vision Pro den spektakulärsten Computer, den man derzeit für 4000 Euro kaufen kann, und begleiten eine neue Plattform bei der Geburt. Alle anderen sollten darauf warten, dass Apple die Hardware leichter, alltagstauglicher sowie viel günstiger macht.

(jow@ct.de) ct

**Videos und weitere Infos:** [ct.de/yrtv](http://ct.de/yrtv)



**Die Fotos der Vision Pro halten in 2D bei Weitem nicht mit denen eines iPhones mit. Die Spatial-Sicht auf der Brille selbst erzeugt aber einen guten Raumeindruck.**



# Realitätscheck

## Vergleich: Apple Vision Pro und Meta Quest 3 im Alltag

**Die Apple Vision Pro fürs Arbeiten, die Meta Quest 3 für Spiele? So einfach ist es nicht. Wir haben im Alltag getestet, welche VR-Brille sich für welche Anwendung eignet. Und nicht immer hatte das teure Apple-Gerät die Nase vorn.**

**Von Jan Philipp Wöbbeking**

**O**b Apple Vision Pro für vermutlich 4000 Euro oder Meta Quest 3 ab 550 Euro, technisch gesehen sind beide Headsets VR-Brillen, die das von Frontkameras und Sensoren erfasste Bild

mit Computergrafik ergänzen. Meta preist die Quest 3 zwar als eierlegende Wollmilchsau für VR-Spiele, Produktivität und soziale Treffpunkte wie Horizon Worlds an, doch bislang dominieren Gaming- und Fitness-Apps [1]. Apple hingegen sieht die Vision Pro als räumlichen Computer (Spatial Computer), auf dem sich vor allem herkömmliche 2D- und 3D-Inhalte und iPad-Apps im Raum verteilen. All das ohne störendes Pixelraster wegen des Micro-OLED-Displays.

### Das Headset als Arbeitsgerät

Anders als die Quest 3 ist die Apple Vision Pro also ganz auf Arbeiten und Multitasking ausgerichtet. Während Meta mit kleinen Fortschritten wie drei Browserfenstern oder der Nutzung von YouTube während eines Spiels wirbt, ist Apple schon viel weiter. Nutzer der Vision Pro verteilen und skalieren virtuelle Monitore nach Belieben in der Wohnung. Sie platzieren etwa drei

Safari-Fenster über einem Monitor, öffnen daneben E-Mails oder setzen ein räumlich pumpendes Herzmodell für Medizinstudenten auf den Couchtisch. Zoom, Microsoft Teams oder einzelne Facetime-Gesprächspartner lassen sich sogar ins Zimmer nebenan ziehen, solange das WLAN mitspielt. Die anderen Fenster verharren in ihrem Raum und bleiben dort, bis man sie an einem anderen Ort platziert – sogar mit einem passenden Schatten darunter. Anders als bei Meta ist zu Beginn nicht einmal eine Raumseinrichtung nötig. Stattdessen aktualisiert sich das über die Umgebung gelegte Drahtgitter fortlaufend.

Eine wichtige Rolle spielt dabei das Zusammenspiel von Hand- und Augentracking: Der Blick zielt aufs gewünschte Symbol und das Zusammentippen von Daumen und Zeigefinger fungiert als Mausklick. Noch während sich beide Finger berühren, öffnet sich die gewünschte Datei oder Anwendung. Bei weiter ent-

fernten virtuellen Objekten werden sogar die eigenen Hände und Arme davor eingebendet. Die Quest 3 soll das erst nach einem kommenden Update beherrschen.

Trotz großer Fortschritte ist Metas Handtracking lange nicht so flüssig und unkompliziert wie bei Apple. Der Quest 3 fehlt das Augentracking komplett, daher sind Eingaben nicht so bequem möglich wie mit der Vision Pro. Auch beim Handtracking der Quest 3 bestätigt man Aktionen per Berührung von Daumen und Zeigefinger, muss vorher aber mit den Händen auf das gewünschte Icon gezielt haben. Auf räumliche Eingaben reagiert die Quest 3 nicht so verlässlich wie die Vision Pro. Mal bleibt etwas hängen, mal gibt es längere Ladezeiten. Gelegentlich kippt bei Trackingunterbrechungen sogar kurz das ganze Bild zur Seite. Nicht gerade angenehm für den Magen.

### Präzisionsvorteil Quest 3

Kommen dagegen die Controller der Quest 3 ins Spiel, lässt sich mit dieser deutlich präziser arbeiten. Wer schnell oder sehr genau arbeiten muss, erhält mit den griffigen Sticks und Knöpfen bessere Werkzeuge als für die Apple Vision Pro, für die es VR-Controller nicht einmal optional gibt. Ihr grundsätzlich gutes Handtracking ist nicht akkurat genug für schnelle Bewegungen. Dies zeigt sich beispielsweise in der App „Djay“, in der theoretisch jeder zum Discjockey wird. In der Praxis folgen die Fader den Fingern viel zu langsam, um ernsthaftes Mixen, Cuts oder Scratches zu ermöglichen. Nur für einfache Übergänge, Backspins oder Effekte ist die Umsetzung gut genug.

Quest-3-Besitzer haben viele Möglichkeiten, das Desktopbild ihres Rechners in die virtuelle Welt zu übertragen, etwa drahtlos mit „Virtual Desktop“. Apps wie „Immersed“ oder das hauseigene „Horizon Workrooms“ bieten zusätzlich Meetings oder sogar Co-Working-Spaces. Im virtuellen Arbeitszimmer von Meta lassen sich die umgedrehten Controller als Stift verwenden und Bluetooth-Keyboards drahtlos einbinden. Alternativ öffnet man ein Kamerafenster zu einer kabelgebundenen Tastatur, mit der man den gespielten PC bedient. All das funktioniert wahlweise in virtuellen Büros oder in der Mixed-Reality-Durchsicht.

Metas Avatare im Comicstil wirken recht schlicht, bieten in Meetings aber einen klaren Vorteil: Obwohl die Quest 3 nicht über das Gesichts- und Augentra-

cking der Quest Pro verfügt [2], erinnert die Gesprächssituation eher an ein reales Treffen, als es in flachen Videokonferenzen der Fall ist. Auch ohne direkten Blickkontakt vermittelt die Körpersprache der räumlich sichtbaren Figuren das Gefühl, dem Gesprächspartner direkt gegenüberzusitzen. Aktiviert man Passthrough, bewegen sich die Avatare durchs reale Zimmer. Manchmal leiden sie dabei unter Bugs wie stocksteif ausgebreiteten Armen (T-Pose).

### Die Apple-Brille wird zum Computer

Unsere Facetime-Calls mit der Apple Vision Pro verliefen angenehmer. Sie bietet statt räumlicher Avatare zwar nur flache Fenster mit sogenannten Personas an. Diese können sich aber durchaus sehen lassen: Trotz kleiner Unschärfe an den Rändern und in der Frisur sehen die Porträts ihren Vorbildern sehr ähnlich und sind detailreich animiert. Selbst Zungenbewegungen ahmen sie nach. Die Personas sind nicht nur in Facetime-Anrufen verfügbar, sondern auch für Apps anderer Entwickler wie Zoom. Teams-Konferenzen von Microsoft verliefen reibungslos, obwohl die Animationen der Personas noch etwas albern anmuten.

Microsoft-Apps wie Word, Excel und PowerPoint ließen sich fehlerfrei mit Hand, Auge und dem physischen Magic Keyboard bedienen. Microsofts KI-Assistent Copilot hingegen erzeugte nur manchmal wie gewünscht Text oder Bilder. Auf der Apple-Brille hat Microsoft aber immerhin echte Office-Apps abgeliefert, die mit Einschränkungen auch offline funktionieren.

Die Office-Anwendungen für Quest laufen hingegen nur im Browser und setzen zwingend eine Internetverbindung voraus. Auch die in Teams integrierte Kolaborationsplattform Mesh stellt auf der Quest-Plattform hohe Einstiegshürden auf, da sie ein Business-Pack oder eine Premium-Lizenz erfordert.

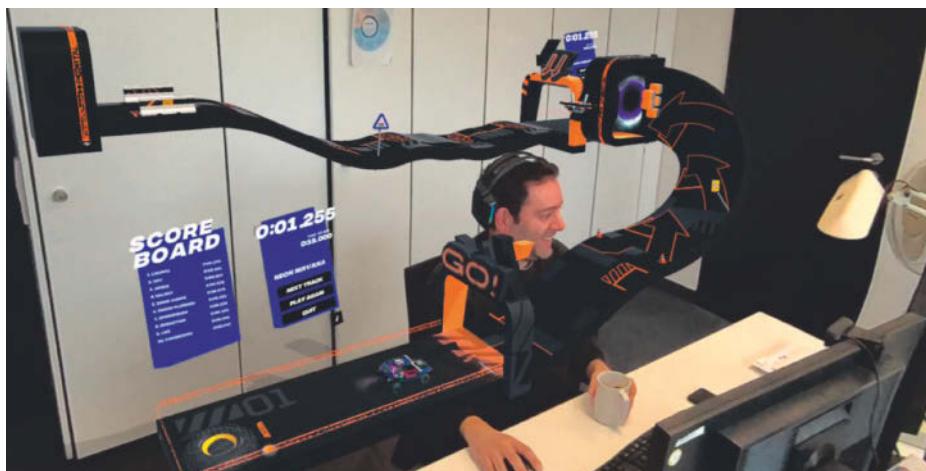
Produktivitätsanwendungen sind auf der Vision Pro Mangelware. „Immersed“ befindet sich noch in der Entwicklung und ein Gegenstück zu „Horizon Workrooms“ gibt es nicht. Wirstellten jedoch schnell fest, dass die Apple Vision Pro solche Programme gar nicht benötigt. Hier wird das Betriebssystem selbst zum virtuellen Desktop. Anstatt das Rad neu zu erfinden, bringt die Apple Vision Pro Facetime, Teams, den Safari-Browser oder auch Brainstorming-Apps wie Mindnode und Freeform in den räumlichen Computer.

### Das Metaverse muss warten

Wer möchte, projiziert zusätzlich auch das Bild seines Macs auf einen großen, virtuellen Schirm (ab macOS Sonoma). Er lässt sich dann leider nicht mit Hand- und Augen-Eingaben bedienen. Trotzdem ist die Einbindung nützlich, etwa bei hardwareungrigen Anwendungen wie Videoschnittprogrammen. Mit einem MacBook Pro (16 Zoll, 2019) litt die Verbindung in unserem Test unter starkem Ruckeln. Ein MacBook Pro mit Apples M2-Chip ließ sich dagegen flüssig und verlässlich spiegen. Zusätzlich gibt es laut Apple bereits rund eine Million kompatibler iPad-Apps, die auf einem schwelbenden Tablet starten. Ohne haptische Rückmeldung ist ihre



„Voyager“ auf der Apple Vision Pro zeigt den Echtzeitverkehr realer Flughäfen als räumliches Modell.



**Die Meta Quest 3 legt große Strecken auch mal durch das ganze Büro – wie hier in „Track Craft“.**

Bedienung nicht ganz so präzise, aber trotzdem passabel.

Obwohl Meta nicht müde wird, das kommende Metaverse anzupreisen, in dem sich zahlreiche Avatare online treffen, ist auf der Quest 3 die Auswahl der Social-Apps überschaubar. Metas eigenes „Horizon Worlds“ ist in Deutschland gar nicht verfügbar. Erfolgreiche Alternativen sind „Rec Room“ mit seinen toll umgesetzten Kreativtools und das (auf Quest eingeschränkte) „VR Chat“ mit seinen wild verkleideten Nutzern. Auf der Apple Vision Pro herrscht in diesem Bereich noch tote Hose: „VR Chat“ ist nicht geplant, „Rec Room“ immerhin in Arbeit.

### **Unterhaltung in Mixed Reality**

Dass die Vision Pro fürs Arbeiten und nicht fürs Spielen gebaut wurde, offenbart sich spätestens, wenn man doch mal mit ihr spielen will. Für Rhythmussspiele wie die missratene Umsetzung von „Synth Riders“ ist die Latenz des Handtrackings zu hoch. Die herbei schwebenden Kugeln und Linien lassen sich einfach nicht exakt genug im Takt treffen. So gut Apples Handtracking im Menü funktioniert, so schlecht erfasst es rapide Bewegungen. Blitzschnelle Handkantenziehe werden in „Super Fruit Ninja“ gar nicht erkannt.

Spaß machen nur langsame Titel wie Tribands skurriles „What the Golf“ oder die Brettspielsammlung „Game Room“ vom Mixed-Reality-Spezialisten Resolution Games („Demeo“). Wer will, kann bei den unterstützten Titeln auch Facetime-Gesprächspartner herausfordern.

Die Quest 3 hingegen bietet präzise Controller, Handtracking für schnelle Bewegungen, eine viel größere Spielebiblio-

thek und gelungene Mixed-Reality-Updates. Zusätzlich taugt die Quest 3 auch als Headset am Spiele-PC, entweder per USB-Kabel oder drahtlos im selben Netzwerk. Bei der Apple Vision Pro funktioniert eine solche Verbindung derzeit nur mit der experimentellen Version der App „ALVR“. „Virtual Desktop“ und „iVRy“ arbeiten ebenfalls an Apps für das PC-VR-Streaming zur Vision Pro. Allerdings dürfte das Fehlen von Controllern hierbei Probleme bereiten.

In unserem Test bestätigte sich dagegen das Versprechen, dass sich die frei platzierbaren Bildschirme der Vision Pro hervorragend zum Spielen herkömmlicher Titel eignen. Als Abonnent von Apple Arcade haben wir einfach einen Xbox-Controller angeschlossen und iPad-Titel mit flüssiger Performance gespielt.

Das Streaming klassischer Spiele ist mit der Apple-Brille etwas eingeschränkt:

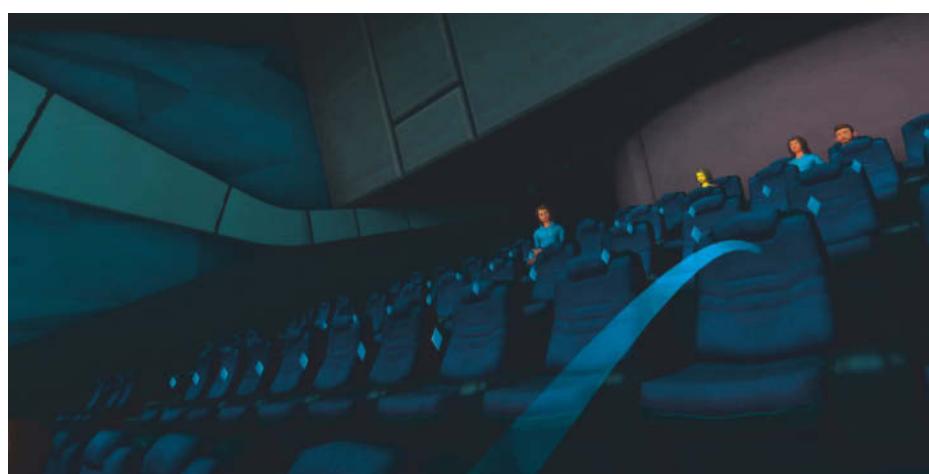
Die Xbox-App unterstützt kein Cloud-Streaming wie auf der Quest 3, sondern nur von der eigenen Konsole. Wer eine Verbindung zur eigenen Playstation 5 aufzubauen möchte, muss auf Apps anderer Anbieter wie „Mirrorplay“ zurückgreifen. Valves „Steam Link“ ist bereits verfügbar, sodass wir erfolgreich vom lokalen Gaming-PC auf ein virtuelles iPad streamen konnten.

### **Das Headset als Heimkino**

Für Cineasten und Couch-Potatoes präsentiert sich die Apple Vision Pro ebenfalls stark. Das Micro-OLED-Bild ohne sichtbares Pixelraster simuliert eine riesige Heimkinoleinwand und unterstützt Dolby Vision sowie HDR10. Im Abstand von vier Metern platzierten wir eine rund acht Meter breite Leinwand, die sogar durch die physischen Grenzen der Wand ragte. Ein beeindruckendes, farbenprächtiges Erlebnis mit angenehm räumlichen Klang, das nur bei starken Kontrasten von Linsenspiegelungen gestört wird. Die rund 150 zum Start verfügbaren 3D-Kinofilme profitieren besonders vom klaren Bild, da keine dunklen Polarisations- oder Shutterbrillen nötig sind.

Die Helligkeit reicht zwar nicht ganz an die hochwertigeren Fernseher oder die der Playstation VR 2 heran, dafür ist aber das Bild um ein Vielfaches klarer und sauberer als mit Sonys VR-Brille. Die Quest 3 muss sich klar geschlagen geben, da das Pixelraster bei  $2064 \times 2208$  Pixeln leicht sichtbar bleibt. Der Filmgenuss auf der Quest 3 ähnelt eher dem Blick auf einen großen 720p-Fernseher mit einem klaren Bild.

Prominente native Streaming-Apps auf Apple Vision Pro sind Apple TV+ und



**In der Streaming-App „Immersed“ für die Quest 3 gibt es virtuelle Kinosäle mit freier Platzwahl.**

Disney+. Amazon arbeitet an einer Umsetzung für Prime Video. Netflix hingegen hat sich öffentlich gegen eine Vision-Pro-App ausgesprochen, sodass man auf den Browser ausweichen muss. Besitzer der Quest 3 sind bei nativen Streaming-Apps im Vorteil: Während die Apps von Netflix und Prime Video nach dem Start kaum gepflegt wurden, bieten „Meta Quest TV“ und die YouTube-App eine schöne Auswahl an 3D-Filmen, 180-Grad- und 360-Grad-Videos.

### Neue „Immersive Videos“ von Apple

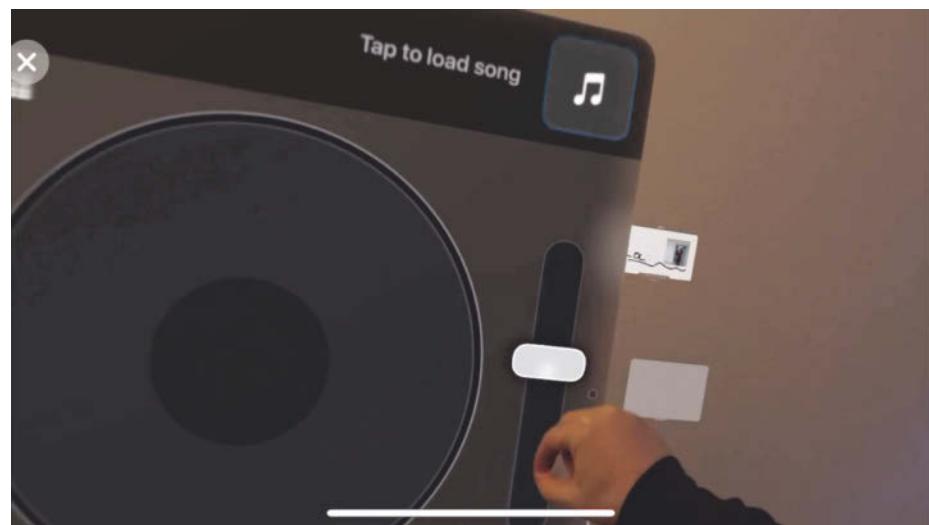
Auf der Vision Pro lassen sich YouTubes alte Rundum-Inhalte nicht konsumieren, zumal Nutzer der Videoplattform vorerst auf den Browser oder „Juno for YouTube“ ausweichen müssen. Apple empfindet die Formate als zu veraltet für die Möglichkeiten der Vision Pro. Stattdessen sollen die neuen „Immersive Videos“ aus der Apple-TV-App Eindruck schinden. Kurze Animationsfilme oder eine 3D-Doku über eine Hochseilartistin wirken tatsächlich etwas detailreicher als die altbekannten Formate, obwohl sie nur in eingeschränkten 180 Grad zu sehen sind.

Gesellige Filmfans finden auf der Quest 3 übrigens eine größere Auswahl an Film-Apps wie „Bigscreen“. Darin lassen sich nicht nur eigene Dateien mit anderen Zuschauern streamen. Es stehen auch individuelle Kinosäle zur Verfügung.

### Hürden beim Sport- und Erotik-Konsum

WebXR-Anwendungen, also VR im Browser, stecken auf der Apple Vision Pro noch in den Kinderschuhen. Browser-Apps wie „Immersive Hands“ lassen sich bereits plattformübergreifend im Browser bedienen, viele andere sind für die Bedienung ohne Controller nicht geeignet. Ein Reddit-Aufschrei über Probleme mit Porno-seiten erwies sich als unbegründet. Wer in den App-Einstellungen von Safari alle WebXR-Features aktiviert, dürfte mittlerweile auf vielen Erotikportalen an VR-Inhalten gelangen.

Für Live-Sport und Konzerte bietet sich auf der Apple Vision Pro ein enormes Potenzial. Ihre frei platzierbaren Bildschirme könnten nicht nur Statistiken, sondern auch 3D-Modelle von Rennstrecken ins Zimmer einblenden. Ob oder in welcher Form die interaktiven Angebote von NBA, MLB oder PGA Tour nach Deutschland kommen, ist noch unklar. Auch auf der



In „Djay“ sieht man die Latenz von Apples Hand-Tracking bei schnellen Bewegungen: Die Hand ist schon unten, der Regler noch oben.

Quest sind große Sport-Apps wie „Xtadion“ hierzulande nicht verfügbar. In den USA ermöglichen sie bereits gemeinsame „Watch Parties“ kostenpflichtiger NBA-Matches.

### Fazit

Die kostspielige Apple Vision Pro ist ein Segen für alle, die Mixed Reality produktiv nutzen wollen. Endlich gibt es ein System mit flüssigem Multitasking und durch-

dachter Hand- und Augenbedienung. Apps und Fenster lassen sich im ganzen Haus verteilen und bleiben bis zu einem Neustart an ihrem Platz. Käufer von Apples Premium-Headset müssen sich nicht in ausgelagerte Desktop-Apps einarbeiten, sondern nutzen einfach das, was sie bereits von iOS-Plattformen kennen. Unterm Strich wirkt diese Lösung wesentlich eleganter und einsteigerfreundlicher als die der Konkurrenz.

Die für einen Bruchteil des Preises erhältliche Quest 3 hinkt in diesem Punkt weit hinterher. System-Update 62 ermöglicht zwar endlich den Wechsel zwischen mehreren gespeicherten Räumen, diese müssen aber vom Benutzer eingerichtet werden und bieten ein weit weniger flüssiges Erlebnis. Für den Konsum von Filmen und Medien auf virtuellen Bildschirmen bietet die hochauflösende Vision Pro ebenfalls das größere Potenzial.

Für Mixed-Reality-Spiele und Fitness bleibt die Quest 3 aber das Headset der Wahl. Ihre Controller eignen sich viel besser für präzise, latenzarme Eingaben und auch das Handtracking kommt mit schnellen Bewegungen besser klar. Außerdem ist der Spieletypologien von Meta viel größer als der von Apples Produktiv-Headset.

(rbr@ct.de) ct

### Apple Vision Pro und Meta Quest 3 im Vergleich

Headset	Apple Vision Pro	Meta Quest 3
Hersteller, URL	Apple, apple.com/de	Meta, meta.com/de
SoC	Apple M2 + R1	XR2 Gen 2
RAM	16 GByte	8 GByte
Akku / Laufzeit	k. A. / 2,5 h	k. A. / ca. 1,9 h
Auflösung pro Auge	3680 × 3140 Pixel	2064 × 2208 Pixel
Display / Bildwiederholrate	Micro OLED / 90, 96, 100 Hz	LCD / 90, 120 Hz
Linsen	Pancake	Pancake
Augenabstand	51-75 mm (stufenlos)	53 mm-75 mm (stufenlos)
Eye-Tracking	✓	–
Gesichtsausdruck-Tracking	✓	–
Passsthrough	farbig (maßstabsgetreu)	farbig (maßstabsgetreu)
Controller	–	passiv mit 1 × AA-Batterie
Lieferumfang	30-W-Netzteil + -kabel, Cover, Light-seal, Putzlappen	2 Handcontroller, 18-W-Netzteil + -kabel
Gewicht Headset / Controller	600 g / –	515 g / 126 g
Preis	3500 \$ (256 GByte), 3700 \$ (512 GByte), 3900 \$ (1 TByte)	550 € (128 GByte), 700 € (512 GByte)
✓ vorhanden	– nicht vorhanden	k. A. keine Angabe

### Literatur

- [1] Jan Philipp Wöbbeking, Realitätsverschmelzer, Meta Quest 3 im Test: Mixed Reality schon vor der Apple Vision Pro, c't 24/2023, S. 50
- [2] Jan-Keno Janssen, Metaverse-Vehikel, 430 vs. 1800 Euro: VR-Headsets Pico 4 und Meta Quest Pro im Test, c't 25/2022, S. 114



# Großkühltürme

## Große Tower-Kühler für CPUs bis 280 Watt Abwärme im Test

**Intel und AMD drehen die Leistungsaufnahmeschraube immer weiter. Einige aktuelle CPUs setzen über 250 Watt um. Die beiden Doppel-Tower-Kühler Cooler Master MA824 und Corsair A115 versprechen, selbst solche Hitzköpfe zu bändigen.**

Von Benjamin Kraft

**E**s mutet aberwitzig an, was die CPU-Schmieden ihren aktuellen Spitzenmodellen an Leistungsaufnahme zugestehen oder besser: zumuteten, um im Rennen um den längsten Benchmark-Balken das letzte Quäntchen an Performance herauszuholen. AMDs 16-Kerner Ryzen 9 7950X darf bis zu 230 Watt aus dem Netzteil saugen, Intels K-Prozessoren der Reihen i7 und i9 gar bis zu 253 Watt.

Um diese auf eine kleine Fläche konzentrierte Hitze abzuführen, ist eine gute Kühlung nötig. Und entgegen der landläufigen Meinung muss es keine Wasserkühlung sein; große, schwere Luftkühler pa-

cken das auch. Als Referenz gilt beispielsweise der Noctua NH-D15. Cooler Master und Corsair wollen ihm mit dem Master Air MA824 Stealth und dem A115 Konkurrenz machen.

Im Aufbau ähneln sich die drei Kühler: Sie haben zwei Kühltürme, die via Verdampferröhrchen (vulgo: Heatpipes) mit der CPU-Kontaktplatte verbunden sind. Zwischen den Türmen rotiert jeweils ein Lüfter, ein zweiter liegt bei und kann vorn oder hinten an den Kühler eingehängt werden. Sie sind für alle CPU-Fassungen der letzten Jahre ausgelegt, bei AMD also für AM4 und AM5 (alle Ryzen-Generationen). Der Intel-Support reicht von der ersten Core-i-Generation Jahrgang 2009 bis zur aktuellen. Außerdem sind sie allesamt sehr hoch – ihre 165 Millimeter sind exakt das Limit vieler Midi-Tower; interessierte Käufer sollten ihr Gehäuse unbedingt vorher ausmessen.

Die Unterschiede liegen im Detail: Der Corsair A115 hat sechs Heatpipes, seine zwei 140-Millimeter-Lüfter lassen sich auf gerasterten Schienen auf und ab bewegen, beispielsweise um Übertakter-RAM mit hohen Kühlblechen genug Raum zu geben, und wiegt 1630 Gramm. Cooler Masters MA824 Stealth bringt 80 Gramm weniger auf die Waage, hat acht Heatpipes

und kleinere Lüfter. Die können sogar stillstehen, wenn das Mainboard das unterstützt. Der innenliegende ist ein 135-Millimeter-Modell, der anklippbare sogar nur ein 120er. Auch er lässt sich hoch genug anbringen, damit Arbeitsspeicher mit aufragendem Kühlkörper darunter passt. Wir haben es mit den höchsten DDR5-Riegeln in unserem Bestand versucht, den ADATA XPG Lancer Blade mit einer Bauhöhe von 3,4 Zentimetern. Bis zu 42 Millimeter gehen laut Hersteller, beim A115 bis zu 56 Millimeter. Die variable Höhe setzt voraus, dass das Gehäuse entsprechende Kopffreiheit bietet, da man so die eingangs für den Midi-Tower genannten 165 Millimeter Höhe überschreitet.

Als Handreichung zur Montage legt Cooler Master ein kleines Heftchen mit Piktogrammen bei, Corsair verlinkt stattdessen via am Karton aufgedrucktem QR-Code eine Anleitung auf der Produktseite sowie ein dort eingebettetes englischsprachiges Video. Der Einbau geht bei beiden ähnlich einfach vonstatten: Bei Intel-Systemen steckt man eine Konterplatte mit Stiften oder Buchsen von unten durchs Mainboard, auf die man Gewindestöpsel und anschließend Montagebleche setzt, die mit Rändelschrauben befestigt werden. Hier fängt sich Corsair einen kleinen Minuspunkt ein, weil unklar bleibt, wie weit die verschiebbaren Buchsen für die jeweiligen Intel-CPUs gespreizt werden müssen. Bei AMD-Mainboards nutzt man die ab Werk montierte Konterplatte und entfernt zuvor die Halteschienen neben dem Sockel.

Auf die Bleche schraubt man dann die schweren Kühler – die Wärmeleitpaste ist bereits appliziert – und ergänzt bei Bedarf den zweiten Lüfter. Ein Y-Kabel für den Parallelbetrieb an einem CPU-Fan-Header liegt bei. Sie an zwei separaten Headern anzuschließen, ist möglich, aber nicht sinnvoll. Wer eine weniger hitzköpfige CPU als die im Testsystem hat, kann den zweiten Lüfter zum Gehäuseentlüfter umwidmen und so ebenfalls zu einem leiseren Gesamtsystem beitragen. Denn je kühler die Luft im Gehäuse, desto langsamer und leiser können die Lüfter rotieren – auch die anderer Komponenten wie der Grafikkarte.

### Testprozedere

Zunächst ermittelten wir mit unserem selbst gebauten Drehzahlinhalter die Lüfterkennlinie: Diese FPGA-Messstation liefert dem angeschlossenen Lüfter ein PWM-Si-

gnal beginnend mit 100 Prozent, liest nach fünf Sekunden das Tachosignal aus und reduziert das Tastverhältnis um fünf Prozent, um dann erneut zu messen. Bei null angekommen, wiederholt sich die Prozedur mit ansteigendem PWM-Verhältnis bis 100.

Alle weiteren Messungen machten wir im offenen Aufbau. Die Lautheit ermittelten wir in unserer schallarmen Messkabine bei den PWM-Einstellungen 25, 50, 75 und 100, die für die jeweilige Messung fest in den BIOS-Einstellungen des Test-Mainboards gesetzt wurden. Im ersten Durchlauf maßen wir mit beiden Lüftern, im zweiten mit nur einem.

Ihre Kühlfähigkeiten mussten die Doppeltürme auf einem Intel Core i7-14700K beweisen, der zu den Heizplatten unter den aktuellen CPUs zählt. Nominell führt Intel ihn als 125-Watt-Prozessor (PL1), der im Turbo-Fenster (PL2) bis zu 253 Watt umsetzen darf, und zwar 448 Sekunden lang (Tau). In der Praxis empfiehlt Intel aber inzwischen selbst den Dauerbetrieb mit 253 Watt, weshalb wir mit dieser Einstellung getestet haben. Dabei nutzen wir eine angepasste Lüfterkurve (siehe Tabelle). Der CPU heizten wir mit dem Stresstest Prime95 ein und ermittelten die Prozessortemperatur und die Drehzahl des Hauptlüfters nach 20 Sekunden sowie nach fünf und zehn Minuten Laufzeit. Zudem behielten wir im Auge, ob die CPU sich aus thermischen Gründen selbst drosselte. Anschließend ermittelten wir die Zeit für einen Durchlauf der Szene „Lone Monk“ im Renderprogramm Blender 4.0.2, wobei wir „Open Shading Language“ in den Einstellungen abwählten. Um das volle Potenzial auszuloten, wiederholten wir diese letzte Aufgabe noch einmal, nur dass dabei die Lüfter mit voller Geschwindigkeit drehten. Auch hier folgte jeweils ein zweiter Durchgang mit nur einem Lüfter.

## In der Praxis

Beide Kühler halten den Core i7-14700K ähnlich gut bei Laune. Die Temperaturen unterscheiden sich kaum und pendeln sich nach fünf Minuten bei etwas über 80 °C ein. Kurze Spitzen reichten aber bis 96 °C – und das im offenen Aufbau. Im Gehäuse ist also gute Durchlüftung wichtig. Damit liegen sie leicht über dem Niveau des Noctua NH-D15, den sie herausfordern.

Trotz des thermischen Gleichstands rendete der Prozessor in Blender unter dem Corsair A115 stets etwas schneller,

egal ob mit angepasster Lüfterkurve oder bei voller Drehzahl, ob mit einem Lüfter oder mit zweien. Beim Lüftersolo fiel allerdings auf, dass der i7-14700K mit dem Corsair-Kühler nach knapp vier Minuten kurzzeitig drosselte, in Prime95 nach etwa sechs Minuten.

Akustisch schlägt sich der Cooler Master MA824 besser. Mit zwei Lüftern sind beide Kühltürme flüsterleise, nur aus nächster Nähe hört man ein zurückhaltendes Summen. Im Gehäuse eingebaut, würde davon nichts nach außen dringen. Bis zum PWM-Tastverhältnis von 50 Prozent liegt der Cooler Master knapp über der Messgrenze, gibt bei 75 Prozent PWM noch angenehme 0,7 sone von sich, wird dann bei voller Geschwindigkeit mit 2 sone deutlich hörbar. Corsairs A115 ist in jeder dieser Stufen lauter, wenngleich er bis zum PWM-Verhältnis von 50 Prozent bei knapp 0,5 sone noch leise agiert. Bei 75 Prozent rauscht er aber bereits mit 1,6 sone und erreicht bei Vollgas laute 3,1 sone.

Mit einem Lüfter reduziert sich die Lautheit. Der MA824 Stealth gibt dann bei 75 Prozent PWM nur knapp 0,5 und im Maximum 1,7 sone von sich. Beim A115 sinkt die Lautheit bei 50 und 75 Prozent PWM auf 0,3 und 1,4 sone, bei Volldampf immerhin auf 2,4 sone. Um dieselbe Kühlleistung zu erzielen wie das Lüfterpärchen, muss der Sololüfter allerdings schneller drehen, sodass er letztlich lauter ist.

In der Render-Szene Lone Monk zeigt sich der Cooler Master MA824 mit zwei

Lüftern mit rund 0,6 sone von seiner ruhigen Seite, mit Sololüfter sind es etwa 0,8 sone; beides entspricht der Note gut. Corsairs A115 kommt mit zwei Lüftern auf eine Lautheit von etwas über 1 sone und verfehlt knapp ein gut. Mit einem Ventilator sind es 1,4 sone, was noch zufriedenstellend ist.

Die Position der Lüfter hatte übrigens in keinem Szenario eine nennenswerte Auswirkung auf Lautstärke oder Kühlleistung, selbst bei asymmetrischem Betrieb.

## Fazit

Sowohl der Cooler Master MA824 Stealth als auch der Corsair A115 sind in der Lage, eines von Intels Kleinstkochfeldern vom Schlag eines Core i7-14700K mit dauerhafter Leistungsaufnahme von 253 Watt zu kühlen. Mit zwei Lüftern schaffen sie das souverän, mit einem müssen sie sich mehr anstrengen. Sollen sie nur kurze Lastspitzen wegköhlen oder sitzen sie auf einer CPU der 125-Watt Kategorie mit niedrigerer Turboheizklasse, sind sie schon beinahe untermordert. Insofern dürfen beide als gute Alternative zum ähnlich leistungsfähigen und ähnlich teuren Noctua NH-D15 gelten.

Auf welchen die Wahl fällt, hängt vom eigenen Schwerpunkt ab. Die letzten Performanceprozentpunkte kitzelt der Corsair A115 aus dem Prozessor. Dafür bleibt der Cooler Master MA824 Stealth selbst unter anhaltender Volllast angenehm leise.

(bkr@ct.de) ct

## Tower-Kühler für Desktop-CPUs bis 280 Watt TDP

Modell	MasterAir MA824 Stealth	A115
Hersteller, URL	Cooler Master, coolermaster.de	Corsair, corsair.com
CPU-Fassungen	AMD: AM5/AM4; Intel: LGA1700/1200/115X	AMD: AM5/AM4; Intel: LGA1700/1200/115X
TDP-Limit <sup>1</sup>	280 W	270 W
Bauform / Kontaktflächenmaterial	Doppelturm + 8 Heatpipes / Kupfer	Doppelturm + 6 Heatpipes / Kupfer
Maße (B × H × T) / Gewicht	151 mm × 166 mm × 162 mm / 1550 g	153 mm × 165 mm × 155 mm / 1630 g
Lüfter (Typ / PWM)	1 × 120 (Mobius 120 / ✓) + 1 × 135 mm (Mobius 135 / ✓)	2 × 140 mm (AF140 ELITE / ✓)
Drehzahlbereich <sup>1</sup>	0-1550 U/min / 0-1950 U/min	400-1600 U/min
Wärmeleitpaste (Typ)	aufgetragen (k. A.)	aufgetragen (XTM 70)
Messwerte		
Lautstärke <sup>3</sup> PWM 25 / 50 / 75 / 100 (Note)	<0,1 sone (⊕⊕) / 0,1 sone (⊕⊕) / 0,7 sone (⊕) / 2 sone (⊖)	<0,1 sone (⊕⊕) / 0,5 sone (⊕) / 1,6 sone (⊖) / 3,1 sone (⊖⊖)
Kerntemp. Leerl. <sup>3,4</sup> / Prime95 <sup>3,4</sup> / Blender <sup>3,5</sup>	27 °C / 81 °C / 80 °C	25 °C / 81 °C / 79 °C
Renderzeit Blender 4.0.2 Lone Monk <sup>3,6</sup>	1165 (1160) s	1158 (1157) s
Bewertungen		
Anleitung / Montage / Kühlleistung <sup>7</sup>	⊕⊕ / ⊕⊕ / ⊕	⊕⊕ <sup>2</sup> / ⊕⊕ / ⊕
Preis / Garantie	110 € / 5 Jahre	115 € / 5 Jahre
Testsystem: Intel Core i7-14700K, Asus ROG Strix Z790-E Gaming WiFi, Windows 11 (23H2), Lüfterkurve: 50 °C / 20%; 70 °C / 30%; 80 °C / 70%; 90 °C / 100% <sup>1</sup> Herstellerangabe <sup>2</sup> nur online <sup>3</sup> mit zwei Lüftern <sup>4</sup> gemessen nach 5 Minuten <sup>5</sup> gemessen nach 10 Minuten <sup>6</sup> mit Lüfterkurve (bei PWM 100) <sup>7</sup> bezogen auf CPUs mit Leistungsaufnahme bis 253 Watt   ✓ unterstützt   – nicht vorhanden k. A. keine Angabe   ⊕⊕ sehr gut   ⊕ gut   ○ zufriedenstellend   ⊖ schlecht   ⊖⊖ sehr schlecht		



# Stromabnehmer

## Neue MagentaTV-Streamingbox der Telekom

**Die MagentaTV One der zweiten Generation holt nicht nur Inhalte von Streamingdiensten auf den Schirm, sondern spielt auch das Fernsehprogramm live per Internet ab. Wir haben sie getestet und klären, worin sich die Box noch von anderen Streaminggeräten unterscheidet.**

Von Stefan Porteck

Die Telekom hat ihren TV-Streaming-Dienst MagentaTV zum 15. Februar auf Version 2.0 gehoben und dazu optisch sowie technisch überarbeitet. Passend dazu gibt es eine Neuauflage der TV-Streaming-Box MagentaTV One, die demnächst in den Handel kommen soll. Sie gibt das per Ethernet oder WLAN – das moderne Wi-Fi 6 beherrscht sie aber nicht – empfangene Angebot von MagentaTV per HDMI an einen Fernseher weiter. Während die Box ein paar Zentimeter klei-

ner geworden ist, hat die Fernbedienung etwas zugelegt, was die Bedienung über den Steuerkreis und seine vier umliegenden Tasten erleichtert.

Unter der Haube hat sich wenig geändert: Der 4-Kern-ARM-Prozessor rechnet weiterhin mit 2 GHz und das neue Modell läuft wie sein Vorgänger mit Android 12 als Betriebssystem. Die Ersteinrichtung ist kinderleicht: Die Box fragt nach dem WLAN-Passwort, sofern man sie nicht via Ethernet-Kabel ins Heimnetz gehängt hat, und anschließend nach den Zugangsdaten fürs Magenta-TV-Abo.

Anschließend folgt die Anmeldung im Google-Account. Wer das nicht will, kann diesen Schritt überspringen, beschneidet die Box dann aber um wichtige Funktionen: Ohne Google-Login funktioniert die Sprachsteuerung mittels Google Assistant nicht und der Zugang zum Play Store bleibt verwehrt, sodass man keine Apps für andere Streamingdienste installieren kann.

Wer seine Unterhaltung ausschließlich aus Live-TV, den Mediatheken und dem Videoangebot der Telekom beziehen will, braucht keinen Google-Account.

### Kreisverkehr

Die neu gestaltete Bedienoberfläche sieht genauso aus wie in der MagentaTV-App für Smart-TVs oder Handys und Tablets. Die Oberfläche orientiert sich optisch und funktional an den Portalen populärer Streamingdienste und bringt zusätzlich einige Verbesserungen für den TV-Empfang: Am oberen Rand präsentiert die Box sehr prominent einige populäre Inhalte aus der eigenen Mediathek, die im Zuge der Neugestaltung von Megathek in Magenta TV+ umbenannt wurde. Dort finden sich für Abonnenten kostenlose Inhalte und auch solche, die sich gegen Bezahlung ausleihen oder kaufen lassen.

Darunter befindet sich die sogenannte Schnellstartleiste, die über sortierbare Kacheln den direkten Zugriff auf eigene Aufnahmen, Fernsehsender und Apps von Fremdanbietern erlaubt.

Noch eine Etage tiefer präsentiert die Box mehrere Thumbnail-Karussells mit Vorschlägen, trendigen Inhalten und Medien einzelner Kategorien und Genres. Hierbei werden Inhalte der eigenen Mediathek und denen der TV-Sender gemixt. Ein kleines grünes Häkchen am Thumbnail zeigt, ob der Inhalt frei empfangbar oder kostenpflichtig ist. Auch die Suchfunktion nach Sendungen oder Titeln schließt nun sämtliche Anbieter ein. So lädt die neue Oberfläche zum Stöbern ein und macht den Weg in die Mediathek von Magenta TV+ meist überflüssig.

### Vorteil Fernsehen

Sobald es um Fernsehen geht, punktet die MagentaTV One mit ihrer Fernbedienung mit beleuchteten Tasten: Mit einer TV-Taste auf der Fernbedienung schaltet man direkt ins laufende Programm. Wer sich keinen Kabelanschluss oder Sat-Anlage leisten will, bekommt im MagentaTV-Abo rund 180 TV-Sender im Stream.

Die EPG-Taste wiederum ruft den elektronischen Programmführer auf, der die laufenden und folgenden Sendungen aller Sender in einem übersichtlichen Zeitstrahl aufbereitet. Im TV-Modus lässt sich die Magenta-Box so bedienen, wie man es von herkömmlichen Receivern oder Fernsehern gewohnt ist: Mit einer Wippe auf der Fernbedienung zappt man der Reihe nach durch die einzelnen TV-Kanäle. Eine zweite Wippe ändert die Lautstärke, was wegen HDMI-CEC auf Wunsch direkt auf dem TV-Gerät oder AV-Receiver ausgeführt wird. Besonders praktisch ist der Ziffernblock auf der Fernbedienung, mit

der sich gewünschte TV-Sender direkt aufrufen lassen. So schaltet ein Druck auf die „2“ dank einer gut vorsortierten Kanalliste direkt aufs ZDF. Sender lassen sich favorisieren und die Kanalliste kann man manuell umsortieren. In unseren Tests ging das Zappen sehr flott in weniger als einer halben Sekunde und lag damit genau wie die Bildqualität auf dem Niveau von DVB-C.

Dazu gibt es einige Komfortfunktionen wie Time-Shift, was das Live-TV mit einem Tipp auf die Fernbedienung pausiert und nach einem späteren Druck auf die Play-Taste das Programm nahtlos und zeitversetzt wieder abspielt. Ebenfalls praktisch ist die Neustartfunktion, die eine bereits laufende Sendung auf Knopfdruck von vorne abspielt. Abgerundet werden die Komfortfunktionen durch einen digitalen Videorecorder. Anders als bei Festplattenreceivingern landen die Aufnahmen in der Cloud und lassen sich von dort jederzeit mit allen Geräten wiedergeben, auf denen die MagentaTV-App läuft.

## Fazit

Die optisch angepasste Oberfläche ist gelungen und anders als bei anderen Boxen werbefrei. Wer wenige Streaminganbieter abonniert hat, bekommt von der Box viele Inhalte aus den freien Mediatheken und dem Fundus, der im MagentaTV-Abo enthalten ist.

Beim Fernsehempfang schneidet die Box besser ab als Modelle anderer Hersteller, denn sie bringt im Abo eine vergleichbare Anzahl von TV-Sendern mit wie andere kostenpflichtige TV-Apps wie Waipu oder Zattoo und lässt sich wegen der guten Fernbedienung im TV-Betrieb aber besser bedienen. Mit einem Preis von rund 170 Euro war jedoch schon die Box der ersten Generation teurer als vergleichbare Modelle.

Wer bereits eine Box der ersten Generation besitzt, hat keinen Druck zum Upgrade: Der Funktionsumfang der MagentaTV-Dienste unterscheidet sich bislang nur anhand der neuen Oberfläche. Diese will die Telekom aber mittels Firmware-Up-

dates im März auch auf den älteren Boxen nachliefern, sodass sie der zweiten Generation ebenbürtig bleiben. (spo@ct.de) ct

## TV-Streamingbox

MagentaTV One	
Hersteller, URL	Telekom, <a href="http://www.magenta.tv">www.magenta.tv</a>
Modell	MagentaTV One (2. Generation)
Ausstattung	
Abmessungen (L × B × H)	11,7 cm × 11,7 cm × 3,6 cm
Lieferumfang	Fernbedienung inkl. Batterien, Netzteil, HDMI-Kabel, Netzwerkkabel
Netzwerk WLAN / Ethernet	Wi-Fi 5 / ✓
Anschlüsse	UBS-2.0-Typ-A, Ethernet (100 MBit/s), HDMI (HDCP 2.3)
Prozessor / Speicher	Quadcore ARM Cortex-A55 mit 2 GHz / 4 GByte RAM, 23 GByte Flash
Grafik	Mali-G31
Leistungsaufn. (Betrieb / Standby / Ruhezustand)	2,9 w / 2,0 w / 0,2 w
Bewertung	
Bedienung	⊕
Bild- / Tonqualität	⊕
Ausstattung	⊕
Preis	noch nicht bekannt
⊕ gut	✓ vorhanden



# MIT Mac & i IMMER AM BALL

## 2x Mac & i mit 35 % Rabatt testen!

### Mac & i – Das Magazin rund um Apple

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

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



### + Geschenk nach Wahl

z. B. Kabelbox mit Adaptern  
oder Buch Apple Junkies

Jetzt bestellen:

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





## Ruhiger Universervergrößerer

**Das QNAP-Festplattengehäuse TR-004 eignet sich nicht nur zur Erweiterung eines QNAP-NAS, sondern auch für den direkten Anschluss an PC oder Mac.**

Vier SATA-Laufwerke passen in das externe USB-Gehäuse TR-004 von QNAP, über Schalter auf der Rückseite stellt man den gewünschten RAID-Modus ein. RAID 0, 1, 5 und 10 stehen zur Verfügung, dazu JBOD, bei dem alle Laufwerke einfach hintereinander gehängt werden, und ein Single-Modus, über den der Host jedes Laufwerk einzeln anspricht. Komfortabler ist die zusätzliche Einstellung des Software-Modus, dann lässt sich das Gehäuse über Apps für macOS und Windows verwalten.

Wir haben das Gehäuse mit Seagate-Festplatten vom Typ ST12000VN0008 (Ironwolf NAS) getestet, damit wäre eine Maximalkapazität von 48 TByte drin. In QNAPs Kompatibilitätsliste (siehe ct.de/y6hv) stehen auch größere Laufwerke, etwa das 22-TByte-Laufwerk Ultrastar DC HC570 von Western Digital. Für den Einbau der 3,5-Zoll-Festplatten braucht man kein Werkzeug; wie bei solchen Gehäusen üblich entnimmt man die Laufwerksschlitten und kippt die Festplatten dort hinein. Für die Befestigung von 2,5-Zoll-Festplatten und SATA-SSDs liegen Schrauben im Karton. Die Laufwerksschlitten lassen sich mit dem beiliegenden Schlüssel gegen unbefugte Entnahme sichern – ein echter Diebstahlschutz ist dies jedoch nicht.

Unter Windows erreichten wir beim Zugriff auf ein einzelnes Laufwerk beim Lesen und Schreiben rund 245 MByte/s, im Mischbetrieb sank die Datenrate auf etwa

120 MByte/s. Auf ähnliche Werte kamen wir mit RAID 0, RAID 1 sowie RAID 5. Der Versuch, drei einzelne Laufwerke gemeinsam zu vermessen, endete in einer Kakophonie aus Festplattengeräuschen: Damit war der Controller des TR-004 hörbar überfordert, die Gesamtdatenrate sank auf weniger als 100 MByte/s. Auch unter Linux kamen wir mit dem Hardware-RAID-5 des TR-004 nicht über 215 MByte/s hinaus; nur rund 110 MByte/s beim Schreiben und bis zu 170 beim Lesen erreichten wir mit einem Software-RAID-5 unter Linux.

Verantwortlich für die doch eher geruhsame Geschwindigkeit ist der Wandlerchip im TR-004: QNAP nutzt den schon ziemlich in die Jahre gekommenen JMicron-Chip JMB393, einen 5-Port-SATA-Vervielfacher, der lediglich die vorletzte SATA-Version mit 3 Gbit/s unterstützt – netto kommen da maximal 300 MByte/s heraus. Dazu gesellt sich die langsame USB-Anbindung mit 5 Gbit/s (USB 3.2 Gen 1).

Die Verwaltungssoftware erlaubt noch ein leichtes Tuning des RAID-5-Modus: Zur Wahl stehen die Modi „Dienst zuerst (geringe Geschwindigkeit)“, „Standard (mittlere Geschwindigkeit)“ und „Resync zuerst (hohe Geschwindigkeit)“. Einen wesentlichen Geschwindigkeitsunterschied konnten wir dadurch jedoch nicht feststellen.

Die Rückseite des Gehäuses wird von einem permanent drehenden großen Lüfter beherrscht, der mit nur 0,2 Sone die Wärme der Festplatten abführt; eine Einstellungsmöglichkeit haben wir nicht gefunden. Die Leerlaufleistungsaufnahme des Gehäuses allein beträgt nach Herstellerangaben 4,17 Watt, dazu gesellt sich der Bedarf der Festplatten – mit drei Seagate-Festplatten haben wir 14,7 Watt gemessen, eine Möglichkeit zum Abschalten bei langerer Untätigkeit fehlt.

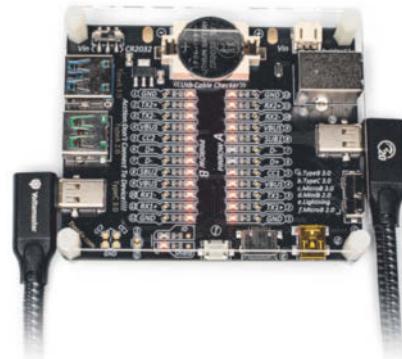
Das TR-004 ist eine relativ günstige Möglichkeit, sein NAS um vier Festplatten zu erweitern, auch als externer Speicher für einen PC ist es durchaus brauchbar. Geschwindigkeitsrekorde sollte man aber nicht erwarten. (ll@ct.de)

**RAID-Manager, Kompatibilitätsliste:**  
[ct.de/y6hv](http://ct.de/y6hv)

## QNAP TR-004

### USB-Gehäuse für vier Festplatten

Hersteller, URL	<a href="http://qnap.com">QNAP, qnap.de</a>
Systemanf.	PC oder QNAP-NAS mit USB-Port
Preis	218 €



## Anschlusskontrolle

**Ist es nur ein USB-Ladekabel oder taugt es auch für Daten? Der USB-Kabeltester von Treedix zeigt alle USB-Leitungen auf einen Blick.**

Das Platinchen hat links (USB-Port 1) drei USB-Buchsen, je eine für USB-A 2.0 und 3.0 und eine für USB-C. Der USB-Port 2 nimmt die rechte Seite und den rechten unteren Teil der Platine ein und bietet Buchsen für USB-C, USB-3.0-Type-B und Micro-B, Micro- und Mini-USB 2.0 und sogar einen Lightning-Port. Am oberen Rand fällt die CR2032-Knopfzelle auf, links von ihr gibt es einen Einschalter.

Zum Testen von USB-Kabeln und -Adaptoren verbindet man diese mit je einer der Buchsen von USB-Port-1 und 2. 24 Mini-LEDs im Zentrum der Platine zeigen umgehend die verbundenen USB-Leitungen. Wegen der Vielzahl der Port-2-Buchsen eignet sich der Treedix-Tester für die meisten gängigen Adapter. Bei einem voll beschalteten USB-C-Kabel leuchten fast alle LEDs auf beiden Seiten, aber die zentralen USB-2-Datenleitungen leuchten nur auf einer Seite, je nachdem, welcher Stecker mit Port-1 oder -2 verbunden ist.

Treedix legt der Platine eine transparente Plexiglasabdeckung sowie Abstandshalter und Schräubchen aus Kunststoff bei, wobei die unteren als Standfüße dienen. Um die Platine in feste Setups zu integrieren, kann man sie auch mit einer externen Spannung zwischen 3 und 12 Volt versorgen. Der praktische USB-Kabeltester kostet rund 16 Euro. (rop@ct.de)

## Treedix USB-Kabeltester

### Platine zur Verbindungsüberprüfung von USB-Kabeln

Hersteller, URL	Treedix, treedix.com
Lieferumfang	Batterie CR2032, Plexiglasabdeckung, Standfüße und Montagematerial, Schraubendreher
Preis	16 € (15 Euro ohne Abdeckung und Ständer)



## Grafikgrill

**Nvidia legt die GeForce RTX 3050 mit nur noch 6 GByte auf. Die ist zwar billiger, genügsamer und in Form von Palits KalmX sogar lüfterlos, aber auch viel langsamer als das Original.**

Als vierte Version der GeForce RTX 3050 könnte man die Namensgebung der 6-GByte-Version wohlwollend verwirrend nennen. Weil sie deutlich langsamer als ihre Namensschwestern ist, muss man Nvidia aber Absicht unterstellen; die Bezeichnung RTX 3040 trafe es besser.

Die hier getestete Palit KalmX mit lautloser Passivkühlung gibts für 210 Euro. Einige Modelle kosten aber nur rund 180 Euro und sind damit Nvidias billigste RTX-Grafikkarten. Als DirectX-12-Ultimate-taugliche Raytracing-Karten werden sie bei Preis und Performance von Intels Arc A300 und AMDs Radeon RX 6500/6400 noch unterboten.

Nvidia stutzt den GA107-Grafikchip auf 2304 Shader-Rechenkernchen und 96 parallele Datenleitungen zu den 6 GByte GDDR6-Speicher. Er läuft noch mit der älteren Ampere-Architektur. Drum gibts auch keine Zwischenbildberechnung über die KI-Upscalingtechnik DLSS.

Die Leistungsaufnahme ist auf höchstens 70 Watt konfiguriert, was die Performance weiter einschränkt. Im Vergleich zur RTX 3050 mit 8 GByte stand am Ende ein Minus von 30 Prozent. Verglichen mit einer GeForce GTX 1660 Super war die 3050 6GB noch um die 20 Prozent langsamer. Nur gegen die bald acht Jahre alte GeForce GTX 1060 konnte sie sich mit rund 10 Prozent Abstand durchsetzen, wobei sich das nur auf Spiele mit Raster-

grafik bezieht, Raytracing kann die GTX 1060 nicht.

Gegen eine Radeon RX 6600 kommt die 3050 6GB nicht an, ist bei Rastergrafik teils nur halb so schnell, liegt aber mit Raytracing manchmal nur 10 Prozent zurück. AMDs billige RX 6500 XT distanziert die RTX 3050 6GB dagegen sogar oft um rund 100 Prozent, ist also doppelt so schnell.

Messungen zur Geräuschentwicklung erübrigen sich, allerdings sollte man den Hinweis des Herstellers auf einen Gehäuseluftstrom ernst nehmen, denn sonst überhitzt die Karte unter anhaltender Volllast und drosselt. Im Leerlauf begnügt sich die Palit RTX 3050 KalmX mit sechs Watt an einem Full-HD-Bildschirm und 10 bis 12 Watt an 4K-Monitoren mit 60 bis 144 Hertz. Unter Volllast messen wir gut 75 anstelle der versprochenen 70 Watt, einzelne Ausschläge von wenigen Millisekunden reichten bis 90 Watt. Das ist mehr als der PCI-Express-Steckplatz liefern muss, im Test kam es dadurch aber nicht zu Problemen.

Die KalmX liefert Hersteller Palit mit je einem DisplayPort 1.4a DSC und einem HDMI-2.1-Anschluss aus. Ein dritter Bildschirm kann via beinahe totgeglaubtem Dual-Link-DVI-D angeschlossen werden. An weiterem Zubehör außer einem spartanischen Faltblatt mit Hinweis auf Treiber-Download spart der Hersteller.

Die RTX 3050 6GB ist eine raytracing-fähige Einsteiger-Grafikkarte für rund 180 Euro. Die passive Kühlung von Palit kostet etwa 30 Euro Aufpreis. Der Name führt unbedarfe Kunden leicht in die Irre und lässt auf mehr Leistung hoffen, als tatsächlich geliefert wird. Die Performance reicht für Full-HD-Gaming nur in mittlerer bis hoher Detailstufe aus. In höheren Auflösungen oder mit Raytracing geht der Karte die Puste aus. (csp@ct.de)

### Palit GeForce RTX 3050 KalmX 6GB

Spielegrafikkarte für FHD und Raytracing	
Hersteller, URL	Palit, eu.palit.com
GPU / Grafikspeicher	GA107 / 6 Gbyte GDDR6
Shader / TMUs / ROPs	2304 / 72 / 32
Länge × Höhe × Breite	168 mm × 136 mm × 40 mm
Anschlüsse	1 × DP 1,4a, 1 × HDMI 2,1, 1 × DL-DVI-D
Lautheit Leerlauf / Volllast	<0,1 sone (⊕⊕) / <0,1 sone (⊕⊕)
Spieleleistung FHD / WQHD / UHD (m. Raytracing)	○ (○) / ⊕ (⊖) / ⊖ (⊖)
Straßenpreis / Garantie	210 € / 2 Jahre
⊕⊕ sehr gut	⊕ gut
⊖ schlecht	⊖⊖ sehr schlecht

## Do KI Yourself!

Modelle anwenden und selbermachen



Heft + PDF mit 29 % Rabatt

Was muss man technisch über KI wissen? Damit beschäftigt sich dieses iX-Special und hat für jeden Wissensstand etwas im Gepäck. Erfahrene Entwickler finden Tipps zu fertigen KI-Modellen und Quellen von Trainingsdaten; Anfänger und Interessierte holt das Heft bei bei der Architektur von Sprachmodellen und der Funktionsweise von KI-Bildgeneratoren ab.

Für alle dazwischen bietet das Special Informationen, um aktuell wirklich mitreden zu können:

- ▶ Was große KI-Modelle können: So funktionieren GPT-4, Bard, Stable Diffusion und Co.
- ▶ Mit PyTorch und scikit-learn in die KI-Entwicklung starten
- ▶ Mit LangChain KI-Agenten bauen und eigene Daten nutzen
- ▶ Neuronale Suche: Finden, was wirklich gemeint ist
- ▶ Aktuelle GPUs im Leistungsvergleich
- ▶ KI und Recht: Urheberrecht, DSGVO, Data Act und AI Act
- ▶ Auch als Angebots-Paket Heft + PDF + Buch „Natural Language Processing mit Transformers“ erhältlich!

Heft für 14,90 € • PDF für 14,90 €  
Bundle Heft + PDF 20,90 €

[shop.heise.de/ix-ki](http://shop.heise.de/ix-ki)

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.



# Zentrale Anlaufstelle

## Amazon Echo Hub: Smart-Home-Bedienpanel im Test

**Amazon stellt ein Smart-Home-Dashboard namens „Echo Hub“ vor, das WLAN, Zigbee, Thread, Bluetooth und Matter unterstützt und damit zur Steuerzentrale fürs Smart Home wird.**

Von Nico Jurran

Vor rund zehn Jahren wirbelte Amazons Sprachassistentin Alexa den Heimautomationsmarkt auf: Statt über Schalter oder Touchdisplays ließen sich smarte Geräte im Haus nun mit der Stimme steuern. Doch dieses Bedienkonzept hat Grenzen – etwa, wenn man die aktuellen Zustände mehrerer Thermostate im

Haus abfragen möchte oder ein Gerät eine Reihe von Parametern bietet.

Vor einiger Zeit stattete Amazon seine Smart-Displays der „Echo Show“-Reihe mit Widgets aus, die auf ihren Bildschirmen beispielsweise den aktuellen Zustand smarter Thermostate anzeigen und über die sich per Touch Lampen direkt schalten lassen. Die Geräte bekamen sogar eine Smart-Home-Oberfläche, die jedoch recht rudimentär ausfällt und wenig ansprechend gestaltet ist.

Manch Käufer eines Echo Show dürfte gehofft haben, dass Amazon die Software seines Geräts an dieser Stelle weiterentwickelt. Stattdessen bietet das Unternehmen mit dem Echo Hub nun für 200 Euro ein dediziertes Bedienpanel fürs Smart Home mit integrierter Alexa-Steuerung an, über das sich die heimischen Smart-Home-Geräte einfach gruppieren und verwalten lassen sollen.

### Erster Blick

Optisch hat der Echo Hub nicht viel mit Amazons sonstigen smarten Displays gemein, vielmehr sieht er aus wie ein gewöhnliches Tablet. Deshalb irritiert es, dass er nicht mit einem Akku ausgestattet ist: Man kann ihn an die Wand hängen oder mit einem optionalen Ständer auf den Tisch stellen und muss ihn dann mit einem 1,8 Meter langen Kabel ans mitgelieferte 12,5-Watt-Netzteil anschließen. Will man den Hub im Heim herumtragen, verweist Amazon auf eine Powerbank, die per USB-PD sowohl 5 V/2,4 A als auch 9 V/3 A liefern muss.

Wird der Hub nicht als Bedienpanel genutzt, kann er auf seinem Bildschirm mit 8 Zoll (20,3 cm) Diagonale beispielsweise Fotos des Nutzers anzeigen lassen. Nähert sich eine Person, wechselt er auf die Smart-Home-Oberfläche. Das erkennt der Hub mit einem Infrarotsensor, er ist im Unterschied zu den Echo-Show-Geräten also nicht mit einer Kamera ausgestattet und kann folglich auch nicht zwischen Nutzern unterscheiden. Dafür ändert der Hub die Ansicht auch bei schlechten Lichtverhältnissen, während die Bildschirme bei den Echo-Show-Modellen schwarz bleiben, wenn es im Raum zu dunkel ist.

Was sofort positiv auffällt: Anders als sonst blendet Amazon beim Echo Hub bislang keinerlei Werbung ein. Das Unternehmen schweigt sich darüber aus, ob sich dies ändern könnte.

Wie Amazons Smart Displays bietet der Hub Entertainment-Funktionen, kann also etwa Musik abspielen (auch über verbundene Lautsprecher) oder ein Video von Amazon Prime Video wiedergeben. Auch Chats, etwa mit Echo Shows, lassen sich über den Hub führen, mangels Kamera ohne Video.

### Grundkonzept

Die Einrichtung des Hubs läuft wie gewohnt über ein Konto, das man bei Amazon anlegen muss. Sind Smart-Home-Geräte verknüpft, bindet der Hub sie automatisch ein. Bereits vorhandene Echo Shows erkannte der Hub im Test ebenfalls, sodass sich deren Live-Kamerabilder abrufen ließen.

Smart-Home-Geräte kann der Echo Hub auch selbst anbinden; hierfür beherrscht er neben WLAN die Protokolle Bluetooth Low Energy Mesh, Zigbee, Thread und Matter. Laut Amazon unterstützt der Hub in Europa mehr als 10.000 verschiedene Geräte. Die Einrichtung läuft



**Das Dashboard des Echo Hub bietet mit einer Seitenleiste, Shortcuts am unteren Rand und Widgets mehrere Einstiege, um alle Smart-Home-Geräte im Haus abzufragen und zu steuern.**

über den Sprachbefehl „Alexa, suche Geräte“ oder die Alexa-App auf dem Smartphone, aber nicht über die Bedienoberfläche des Echo Hub. Im Test ließ sich unter anderem eine smarte LED-Birne von Sengled problemlos über WLAN und Matter einbinden.

Wer eine Alarmanlage der Amazon-Tochter Ring nutzt, kann sie mit dem Echo Hub auch scharfstellen. Dann läuft am Bedienpanel der eventuell festgelegte Countdown ab, in dem man das Haus oder die Wohnung verlassen muss. Will man den Alarm auch über das Panel deaktivieren können, muss diese Funktion explizit in der Alexa-App freischalten. Dabei kann man den bestehenden Zugangscode der Anlage nutzen oder eine andere vierstellige PIN hinterlegen.

Der Echo Hub bietet somit den Funktionsumfang des zum Ring-System gehörenden Keypads, kann dieses aber nicht ersetzen. Denn das Keypad ist per Z-Wave-Funk mit der Alarmanlage verbunden, mit einem Akku ausgestattet und funktioniert somit auch, wenn das WLAN oder der Strom ausfällt. Der Echo Hub stellt hingegen in beiden Fällen seinen Dienst komplett ein. Immerhin weist Amazon bei der Einrichtung auf diesen Umstand hin.

## Einrichtung und Alltag

Vorhandene Geräte sortiert der Hub beim Setup in Kategorien wie Sicherheit, Klima, Lampen und Kameras ein, die sich auf dem Touchscreen des Hubs über Shortcuts am unteren Bildrand aufrufen lassen. Am linken Rand gibt es eine Liste aller Räume und verknüpfter Geräte sowie eine Abzweigung zu einer Unterseite mit allen Routinen. Der Hauptbereich besteht

schließlich aus den schon vom Echo Show bekannten Widgets, über die sich beispielsweise ein Kalender und die Wettervorhersage einblenden lassen.

Wer bereits Smart-Home-Geräte mit seinem Amazon-Konto verknüpft hat, merkt schnell, dass es sich rächt, wenn die Geräte nicht sorgfältig nach Räumen und Favoriten sortiert und um Leichen wie dauerdefekte oder entsorgte Geräte bereinigt sind. Die nötigen Einträge lassen sich über die Amazon-Alexa-App auf dem Smartphone aber einfach korrigieren und die Änderungen erscheinen nach wenigen Sekunden auf dem Panel.

Beim Setup muss man an manchen Stellen ein wenig um die Ecke denken, etwa, wenn man für die über die Ring-Alarmanlage angebundenen Fensterkontakte erst einmal eine separate Gruppe anlegen muss, um sie dann über das Smart-Home-Widget auf der Startseite angezeigt zu bekommen. Einmal ordentlich eingerichtet, ist der Echo Hub aber intuitiv bedienbar. Eingaben auf der Smart-Home-Oberfläche arbeitet das Gerät unverzüglich ab, nur bei Kommunikationsfunktionen reagiert es für unseren Geschmack zu träge.

Für kleinere Smart-Home-Installatio-nen reicht das Dashboard völlig aus. Im Test an einem System mit vielen Komponenten zeigte sich aber, dass ein 8-Zoll-Display zu klein ist: Mit einem Feld für Direktzugriffe auf zwei Kameras und einem für Statusanzeigen von vier smarten Thermostaten war die Startseite so gefüllt, dass ein Wetter-Widget nicht mehr ganz auf den Bildschirm passte und man mit dem Finger durch die Anzeige scrollen musste.

**Über den Echo Hub lässt sich auch eine verbundene Ring-Alarmanlage ein- und ausschalten. Allerdings ist das Panel nicht gegen den Ausfall von Strom oder WLAN abgesichert.**

Amazon hat angekündigt, im Lauf des Jahres individuelle Grundrisse einbinden zu können, allerdings zunächst nur in den USA. Zu hoffen ist, dass sich die Anzeige dann auch mit Icons versehen lässt, die aktuelle Zustände wichtiger Geräte wie Thermostate und Fenstersensoren anzeigen.

## Fazit

Trotz aller Möglichkeiten, die eine Sprachsteuerung bietet, wünschen sich viele Smart-Home-Fans für ihr System weiterhin ein Bedienpanel, über das man Zustände der verbundenen Geräte schnell erfassen und diese per Touch bedienen kann. Nachdem die Widgets auf dem Echo Show eher eine Behelfslösung waren, schließt Amazon mit dem Echo Hub diese Lücke und greift „klassische“ Smart-Home-Lösungen mit separater Steuerzentrale stärker an als bisher.

Tatsächlich macht der Echo Hub als Dashboard im Alltag eine gute Figur, auch wenn wir uns im Alltag eine netzstromunabhängige Lösung gewünscht hätten und es bei den Gestaltungsmöglichkeiten der Oberfläche noch Luft nach oben gibt. Die Werbefreiheit ist ein echtes Trostpfaster.

(nij@ct.de) ct

## Echo Hub

Smart-Home-Bedienpanel mit integriertem Hub	
Hersteller, URL	Amazon, <a href="https://amazon.de">amazon.de</a>
Prozessor	MediaTek MT 8169 A
Display	8-Zoll-Touchscreen (20,3 cm Diagonale), 1280 × 800 Pixel
Konnektivität	WLAN (Wi-Fi5), Bluetooth Low Energy Mesh, Zigbee, Thread, Matter
Sensoren	Passiv-Infrarotsensor (PIR-Sensor) für Annäherungserfassung, Umgebungslichtsensor
Maße, Gewicht	202 mm × 137 mm × 15 mm, 365 g
Preis	199 €

# Aufgehörcht

## DJI Mic 2: Mini-Funkmikrofon mit Noise Cancelling

**Die Sender der Funkstrecke DJI Mic 2 nehmen in höchster Qualität auf, verbinden sich per Bluetooth direkt mit dem Smartphone und können sogar Umgebungsgeräusche herausfiltern.**

Von Nico Jurran

Wer beim Filmen guten Ton will und nicht mit einem Handmikrofon oder einer Angel hantieren möchte, findet auf dem Markt heute eine Reihe von Audiofunkstrecken, bei denen ein oder zwei Ansteckmikrofone die eingefangenen Audiosignale zu einem kleinen Empfänger schicken. Von dort kann man sie in eine Kamera, ein Smartphone oder ein anderes Aufzeichnungsgerät leiten. In den besseren Sets sind die Sender zudem in der Lage, zur Sicherheit selbst Mitschnitte anzufertigen.

DJI hat diese Auswahl nun um eine Neuauflage seines (weiterhin erhältlichen) „DJI Mic“ (Test in c't 7/2023, S. 108) erweitert. Das DJI Mic 2 gibt es in zwei Konfigurationen: mit einem Sender und einem Empfänger für 219 Euro und mit zwei Sendern, einem Empfänger und einer Ladeschale (inklusive 3250-mAh-Akku) für 349 Euro. Statt im üblichen schwarzen Gehäuse bekommt man den Sender auch in einer weißen Ausführung, aber nur einzeln für 99 Euro. Die Sender haben einen 3,5-Millimeter-Audioeingang für Lavalier-Mikrofone. DJI hat welche für 39 Euro im Sortiment, legt sie aber keinem Set bei.

Die Sender wurden seit der Erstauflage etwas überarbeitet, sodass die integrierten Mikrofone nun etwas geschützter sind. Auch die Neulinge werden aber weiterhin mit separaten Magneten an der Kleidung befestigt. Im Unterschied etwa zum Røde Wireless Pro bieten sie zudem weiterhin keine verschraubbaren Klinken-

anschlüsse; professionelle Lavalier-Mikrofone wie das Sennheiser ME2-II lassen sich nur an einem der Sender anschließen – offenbar wegen Abweichungen zwischen den Anschlüssen beider Module im Millimeterbereich. Bei den DJI-eigenen Lavalier-Mikrofonen schützt immerhin deren um 90° abgewinkelter Stecker ein wenig vor versehentlichem Herausziehen am Kabel.

### Technik

Wie in der Erstauflage bieten die Sender 8 GByte Speicher und konservieren bis zu 14 Stunden unkomprimiertes 24-Bit-Audio (PCM/WAV) mit 48 kHz Samplingrate. Allerdings sind nun auch Aufnahmen im 32-Bit-Float-Format für mehr Reserven bei der Nachbearbeitung möglich. Neu ist zudem, dass sich ein Sender per Bluetooth direkt als Funkmikrofon am Smartphone oder DJIs Kameras Osmo Pocket 3 und Osmo Action 4 nutzen lässt. In diesem Fall kann der Sender aber nicht mehr parallel aufzeichnen.

Den Empfänger verbindet man wie gehabt über USB-C, Lightning oder 3,5-Millimeter-Klinke mit Kameras und Smartphones; die nötigen Adapter liegen bei. Er ist abermals mit einem (1,1 Zoll großen) OLED-Touchscreen ausgestattet, bietet nun aber zusätzlich ein kleines Rädchen mit Tastenfunktion. Dennoch kommt man um die Touchbedienung nicht ganz herum.

Die Akkus der neuen Module haben eine höhere Kapazität, wodurch sich die Laufzeit erhöht – bei den Sendern ohne Aufnahme von gemessenen 5:45 auf 6:15 Stunden und mit Aufnahme von 4:45 auf 5:30 Stunden, beim Empfänger von 5:25 auf 6:10 Stunden. Hinsichtlich der maximalen Entfernung zwischen Sender und Empfänger hat sich gegenüber dem DJI Mic hingegen nichts geändert, die angegebenen 160 Meter waren erneut drin.

Die große Neuigkeit des DJI Mic 2 ist die integrierte Geräuschunterdrückung: Sprecher sollen so selbst bei lauten Hinter-



grundgeräuschen zu hören sein. Im Test hinterließ das Noise Cancelling ein gemischtes Bild: Einen Lüfter im Raum kann es gut und ohne Artefakte herausfiltern, in starkem Wind bleiben auch in Kombination mit dem Windschutz indes schon mal leichte Störgeräusche und Übersteuerungen auf der Tonspur hörbar.

Problematisch wird es manchmal auch, wenn bei der Aufnahme nebenher Musik läuft: Dann klingt die Aufnahme ohne Geräuschunterdrückung manchmal sogar klarer. Unter „Volllast“ in einem gut belegten Sportstudio mit Musik im Hintergrund filterte der Algorithmus erfolgreich die Geräusche eines lauten Fitnessfahrrads heraus, musste gegen das Klirren von Hanteln aber kapitulieren. Alles in allem liefert das Noise Cancelling aber oftmals bessere Ergebnisse als man sie von der Geräuschunterdrückung von Kopfhörer-Mikrofonen kennt.

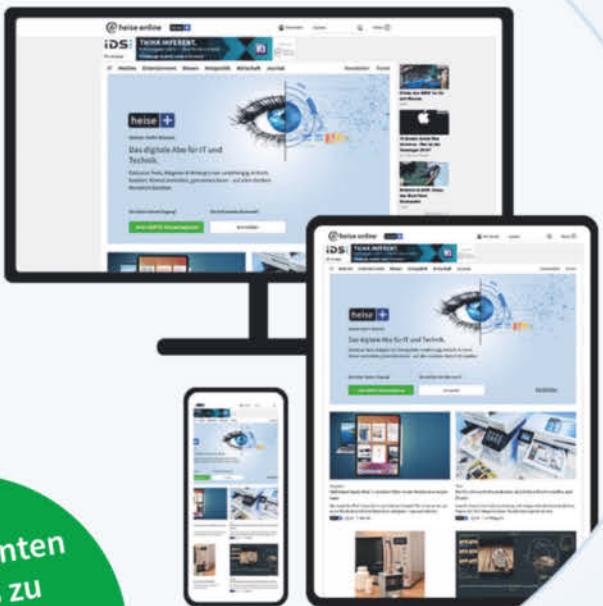
### Fazit

DJI hat es geschafft, seine Mini-Funkstrecke gegenüber der Erstauflage in so vielen Bereichen weiterzuentwickeln, dass für fast alle Konsumenten das Mic 2 trotz des höheren Preises die bessere Wahl darstellt. Die Geräuschunterdrückung leistet ordentliche Arbeit, weshalb man sie auch haben möchte – selbst wenn manchmal Artefakte auftreten, wegen denen man in der Postproduktion Hand an einige Aufnahmen legen muss. (nij@ct.de) **ct**

### DJI Mic 2

Mini-Audiofunkstrecke mit Aufnahmefunktion	
Hersteller, URL	DJI, dji.com/de
Frequenz / Reichweite	2,4 GHz (digital, verschlüsselt) / 160 m (Sicht)
Akku	Module: 360 mAh (Li-Ion), Ladeschale: 3250 mAh (Li-Ion)
Maße (L × B × H), Gewicht	Sender: 46 mm × 31 mm × 22 mm, 28 g / Empfänger: 54 mm × 28 mm × 22 mm, 28 g / Ladeschale: 116 mm × 41 mm × 60 mm, 200 g
Preis	219 € (Sender + Empfänger), 349 € (2 Sender, Empfänger, Ladeschale, Tasche), 99 € (Sender), 39 € (Lavalier-Mikrofon)

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



## Das digitale Abo für IT und Technik.

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

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

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

[heise.de/plus-testen](http://heise.de/plus-testen)

✉ [leserservice@heise.de](mailto:leserservice@heise.de) ☎ 0541 80009 120

# Klingt gut

## Creative Aurvana Ace: In-Ears mit xMEMS-Technik

**Creative stattet seine In-Ear-Kopfhörer Aurvana Ace und Ace 2 mit einer neuartigen Treiber-technik aus. Der erste Versuch ist gelungen, denn die beiden In-Ear-Modelle klingen besser, als ihr Preis es vermuten lässt.**

Von Robin Brand

Für die In-Ears arbeitet Creative mit dem Unternehmen xMEMS zusammen. Dieses baut Treiber auf Halbleiterbasis. Die MEMS-Technik (Mikro-Elektromechanisches System) kommt ohne Magnete und Spulen aus. Stattdessen versetzt elektrische Spannung ein Piezoelement in Schwingung, das so Schallwellen erzeugt. Die Technik soll gleichbleibenden Klang in unterschiedlichen Lautstärken garantieren, kleiner und einfacher in der Fertigung sein als konventionelle Treiber und weniger Eingangsleistung benötigen (siehe c't 4/2022, S. 39). Alles Dinge, die sich besonders in kleinen In-Ears gut machen. Der Nachteil der winzigen Chips ist, dass sie kaum Bass erzeugen. Deshalb verwendet Creative einen herkömmlichen, zweiten 10-Millimeter-Treiber für die Basswiedergabe. Für spätere Generationen der Treiber will xMEMS das Bassproblem beheben.

Bei Aurvana Ace und Ace 2 handelt es sich um nahezu identische Kopfhörer, einzig hinsichtlich unterstützter Codecs und

in Sachen ANC gibt es Unterschiede. Nur die Ace 2 verstehen aptX Lossless, und sie implementieren die aktive Geräuschunterdrückung mithilfe eines Qualcomm-Snapdragon-Chips. Außerdem stecken sie in einem halbtransparenten Ladecase, das der Ace ist schlicht schwarz. Beiden In-Ears gemein ist, dass sie die ersten hierzu landen erhältlichen mit xMEMS-Treibern sind. Die Aurvana Ace verkauft Creative für 150 Euro, die Ace 2 kosten 180 Euro.

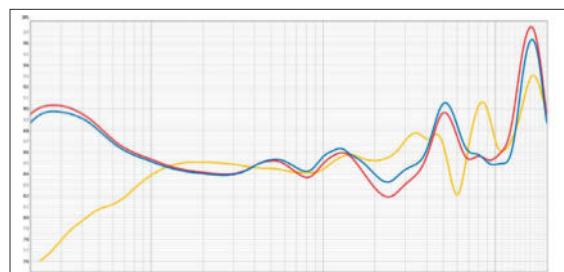
Beim ersten Hören fällt der luftig-lebendige Klang der Kopfhörer auf. Gesang und Stimmen spielen sie nach vorn gestellt und betont, den brillanten Höhen geben sie viel Raum. Der Bass ist weich, aber präzise. Selbst teurere In-Ears wie die Bose QC Earbuds II klingen im Vergleich zu den klar und detailreich aufspielenden Aurvana Ace und Ace 2 etwas bedeckt, dafür aber bassgewaltiger. Die Stereobühne ist für In-Ears einigermaßen groß, wenngleich die Apple AirPods Pro 2 verschiedene Instrumente etwas authentischer voneinander trennen. Klanglich sind die beiden Creative-In-Ears kaum voneinander zu unterscheiden, unser Kunstkopf empfand die Ace einen Hauch bassbetonter als die Ace 2.

Während die Creative-Kopfhörer klanglich mit der 300-Euro-Klasse (Test in c't 5/2023, S. 94) mithalten und diese teilweise übertrumpfen, bleiben sie in Sachen Geräuschunterdrückung und ANC hinter Apple AirPods Pro 2, Bose QC Earbuds II und Sony WF-1000XM5 zurück – und unterscheiden sich auch untereinander. Die Ace 2 schirmen einen Hauch besser von der Umgebung ab als das günstigere Schwestermodell. Tastaturgeklapper im Büro oder sich unterhaltende Nachbarn in der Bahn dringen etwas stärker durch – allerdings nur, wenn man die Kopfhörer als reinen Gehörschutz verwendet. Kombiniert man ANC mit Musik, reichen selbst niedrige Wiedergabelautstärken, um die typische Geräuschkulisse eines Großraumbüros auszublenden. Nur unterdurchschnittlich ist der Transparenzmodus. Zwar mischt er Umgebungsgeräusche gut hörbar unter, verfälscht allerdings den Klang etwas und erzeugt ein deutlich hörbares Rauschen, das auch wahrnehmbar ist, wenn man Musik abspielt.

In Telefonaten übertragen die Aurvana Ace die eigene Stimme gut verständlich, aber etwas dünn. Umgebungsgeräusche werden effektiv herausgefiltert. Per App kann man Steuerung und den Klang anpassen. Beide In-Ears sind üppig ausgestattet: Ihr Case lässt sich drahtlos laden, sie kommunizieren per Bluetooth 5.3, beherrschen den modernen LC3-Codec und Multipoint-Verbindungen. Im Test klappte der Wechsel zwischen zwei gleichzeitig verbundenen Geräten aber nicht immer.

**Fazit**  
Der Start der xMEMS-Technik klingt vielversprechend: Das Aurvana-Ace-Pärchen von Creative spielt klar, mitreißend und vor allem besser als die Konkurrenz in der Preisklasse. Die Ausstattung ist üppig, aptX Lossless verstehen allein die teureren Ace 2. Schwächen leistet sich Creative nur beim stark rauschenden Transparenzmodus.

(rbr@ct.de) ct



**Creative Ace (rote Kurve) und Ace 2 (blaue Kurve) unterscheiden sich klanglich kaum voneinander, räumen dem Bass aber deutlich mehr Raum ein als die Sennheiser HD600 (gelb).**

In-Ear-Kopfhörer	
Hersteller, URL	Creative, de.creative.com
Anbindung / Codecs	Bluetooth 5.3 / AAC, SBC, LC3, aptX, aptX Adaptive, Ace 2 zudem: aptX Lossless
Ausstattung	Schutz nach IPX5, Case mit Qi-Ladefunktion, Multilink-Bluetooth
Preis	Ace: 150 €, Ace 2: 180 €



## Armlos

**Ein Over-Ear-Kopfhörer mit Bluetooth, ANC und Teams-Dongle, das könnte ein angenehmer Bürobegleiter sein. Der Poly Voyager Surround 80 will die Stimme sogar ohne Mikrofonarm gut aufzeichnen.**

Der Poly Voyager Surround 80 sitzt komfortabel und wiegt mit 274 Gramm ähnlich viel wie andere ohrumschließende Kopfhörer. Seine Muscheln bieten innen in der Breite 40 Millimeter Platz, womit sie zu den engeren wie die des Sennheiser Momentum 4 und des Sony XM5 gehören.

Klanglich bleibt der Surround 80 hinter diesen beiden zurück, wobei er durchaus angenehm und aufgeräumt aufspielt mit detailreichen Höhen, verständlichen Mitten und kräftigem, trotzdem recht differenziertem Bass. Ein Equalizer fehlt in der App, man wählt nur zwischen drei Klangprofilen. Die aktive Geräuschunterdrückung (ANC) nimmt vielen, auch unregelmäßigen Störgeräuschen ihre Schärfe, gerade im Büroumfeld arbeitet sie durchaus effektiv. Der Transparenzmodus spielt ein deutliches Rauschen ein und klingt nicht allzu natürlich. Mit dem beiliegenden Adapterkabel funktioniert der Poly an 3,5-mm-Audiobuchsen, über USB-C lässt er sich ebenfalls betreiben. Per Bluetooth 5.3 unterstützt er AAC und aptX mit in Videos sichtbarer Latenz.

Hebt man eine Muschel vom Ohr oder nimmt den Kopfhörer ab, stoppt zuverlässig die Musik beziehungsweise schaltet in Gesprächen das Mikrofon stumm. Aber die Automatik überreagiert und stoppte oft schon beim Kauen, Trinken oder Augenreiben, sodass wir sie lieber ausgeschaltet haben.

Weil die Mikrofone in den Muscheln weiter weg vom Mund des Sprechenden sitzen als ein Mikrofonarm, muss die Elektronik mehr Raumhall und Störgeräusche wegrechnen. Das gelingt dem Surround 80 besser als vielen anderen Kopfhörern ohne Mikrofonarm, ohne die Stimme dadurch unnatürlich zu verzerrn. Doch sehr oft filterte sie so viele Höhen aus der Stimme, dass sie dumpf klingt.

In Gesprächen leuchten die beiden Muscheln als Busy Light rot. Erfreulicherweise ist das nur von der Seite und hinten zu sehen, aber nicht von vorne: So vermeidet man, in Videokonferenzen wie ein Star-Trek-Borg in die Kamera zu funzeln. Sich selbst hört man dank Sidetone, allerdings selbst im stärksten Modus vergleichsweise leise.

Die Bedienung per Touch auf der rechten Muschel war gewöhnungsbedürftig: Wir erfuhren das Start/Stopp-Sensorfeld manchmal erst, nachdem wir vorher irrtümlich lauter, leiser oder zum vorigen Song gewischt haben.

Sobald der Kopfhörer per USB-Dongle mit dem PC verbunden und Teams gestartet ist, verliert der Start/Stopp-Sensor seine Funktion und mutiert zur Teams-Taste. Man kann also Musik nicht mehr am Kopfhörer starten und anhalten – besonders ärgerlich, wenn man musikhörend abseits vom PC ein Teams-Gespräch annehmen will, denn dann spielt die Musik unaufhaltsam weiter. Mit dem Sensorfeld holt man Teams in den Vordergrund, nimmt eingehende Anrufe an und beendet bestehende.

Wer auf eine Videokonferenzanbindung samt Dongle Wert legt, muss sich beim Surround 80 auf einige Kompromisse einlassen. Soll es ein Over-Ear mit gutem Klang sein, gibt es allerdings wenige Alternativen, darunter der funktionsärmere Logitech Zone Vibe Wireless (siehe c't 29/2023) und der noch engere und mit schlechteren Mikrofonen ausgestattete Jabra Evolve2 85 (siehe c't 11/2021). Verzichtet man auf den Teams-Dongle und weitere Büroausstattung wie das Busy Light, findet man fürs gleiche Geld besser klingende Kopfhörer wie die erwähnten Sennheiser und Sony. (jow@ct.de)

## Poly Voyager Surround 80

### Bluetooth-Kopfhörer mit ANC und Teams-Zertifizierung

Hersteller, URL	Poly, poly.com/de/de
Lieferumfang	Ladestation (Surround 85), Case, Kabel USB-C (150 cm), Kabel 3,5 mm (150 cm)
Preis	300 € (330 € mit Ladestation)



## Erstkontakt

### AVMs Kontaktsensor-Premiere Fritz-DECT 350 schaltet bei geöffnetem Fenster die Heizung aus.

Eine Fritzbox mit DECT-Basis akzeptierte bisher Fenster- und Türkontakte der Telekom. Vorteil des AVM-Sensors Fritz-DECT 350: Statt auf dem Fensterrahmen lässt er sich auch verdeckt darin ankleben – genug Platz und glatte Innenflächen vorausgesetzt. Zudem spielt die Fritzbox anders als bei Telekom-Sensoren dem eigenen bei Bedarf eine neue Firmware auf.

Der Router koppelt den Sensor per Tastendruck. In der Fritzbox-Weboberfläche weist man das Gerät einem Thermostat zu. Dann bleibt die Heizung so lange aus, wie das Fenster geöffnet ist und reaktiviert sich nicht mehr per Countdown.

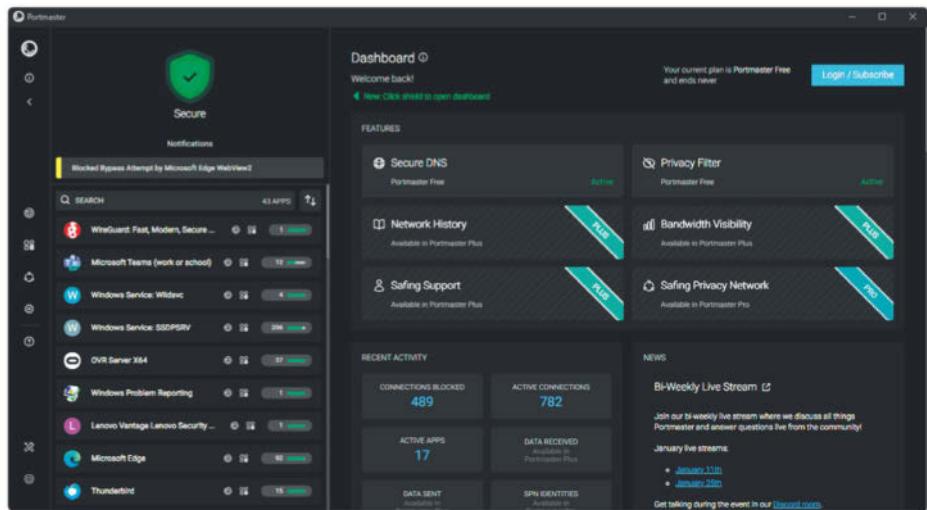
Zusätzlich erlauben Wenn-dann-Regeln, bei definiertem Kontaktzustand Lichter und Steckdosen einzeln und mit gewünschten Einstellungen in Gruppen zu schalten. Das klappt im Test mit DECT-ULE-Geräten und solchen, die AVMs ZigBee-Gateway durchreicht – aber mit ungleichen Schaltzeiten: Die Fritzbox registriert den Sensorzustand umgehend, leitet ihn aber nur an ZigBee-Geräte direkt weiter. Der Heizkörperstellantrieb Fritz-DECT 302 reagiert im Test wegen langer Abfrageintervalle erst nach 90 bis 220 Sekunden.

(Bert Kolbow-Lehradt/sha@ct.de)

## AVM Fritz!DECT 350

### Magnetischer Tür- und Fensterkontakteensor

Hersteller	AVM, avm.de
Systemanf.	Fritzbox mit DECT-ULE und Fritz!OS 7.50
Maße	Sensor 91 mm × 24 mm × 12 mm, Magnet 28,5 mm × 15 mm × 6,5 mm
Preis	40 €



# Hafenmeister

## Datenschutz-Firewall Portmaster

**Die Firewall-Software Portmaster kontrolliert den Netzwerkverkehr und blockiert Verbindungen zu Tracking- und Malware-Servern. Das Open-Source-Programm leistet sowohl unter Windows als auch unter Linux gute Dienste.**

Von Ronald Eikenberg

Der Rechner ist ein kommunikatives Wesen: Betriebssystem und Anwendungen tauschen laufend Daten mit dem Internet aus – ganz gleich, ob Sie arbeiten, spielen oder den PC vielleicht nicht mal benutzen. Viele der Verbindungen sind unnötig und gefährden Ihre Privatsphäre, darunter etwa Verbindungen zu Trackingnetzwerken.

Um das Gröbste aufzuhalten, eignet sich ein DNS-Filter wie Pi-hole oder AdGuard Home. Beide haben jedoch gewisse Einschränkungen: Sie erfahren nicht, von welcher Anwendung eine Verbindung ausgeht, und wenn eine IP-Adresse oder ein DNS-Resolver direkt kontaktiert wird, be-

kommt ein DNS-Filter das gar nicht mit. Eine interessante Alternative ist der Portmaster, der direkt auf dem Rechner installiert wird. Es ist eine moderne Interpretation einer Personal Firewall, die auf den Schutz der Privatsphäre getrimmt ist. Auf dem Rechner filtert Portmaster nicht nur DNS-Anfragen, sondern sämtliche Verbindungen.

### Schutz für Windows und Linux

Portmaster ist Open Source, in der Basisversion kostenlos und sowohl für Windows als auch für diverse Linuxe zum Download verfügbar. Nach dem ersten Start fragt die Software nur wenige Dinge ab. Portmaster nutzt Filterlisten, vergleichbar mit einem Werbeblocker oder DNS-Filter. Zunächst stellt man daher ein, welche Listen Portmaster nutzen soll. Eine sinnvolle Auswahl aus den Kategorien Malware, Tracking und Werbung ist vorgegeben. Da das Programm sämtliche DNS-Anfragen verschlüsselt über DNS-over-TLS abwickelt, kann man anschließend einen DNS-Resolver wählen, der das unterstützt, oder man belässt es bei dem vorgegebenen Anbieter Cloudflare. Danach landet man auch schon auf dem Dashboard, das einen ersten Überblick über aktive und blockierte Verbindungen liefert.

Nach einem Klick auf die Anzahl der aktiven Verbindungen erfährt man mehr Details über den aktuellen Stand der Dinge, also wer wann mit wem kommunizieren wollte und ob Portmaster das zugelassen hat. Wie die Firewall auf Verbindungsversuche reagiert, legen globale Einstellungen fest, die man über das Zahnradsymbol am linken Bildschirmrand erreicht. Dort ist etwa als „Default Network Action“ festgelegt, dass sämtliche Verbindungen zulässig sind, sofern nicht Filterlisten oder andere Einstellungen dagegensprechen.

Voreingestellt ist auch die Option „Block Secure DNS Bypassing“ aktiv, die verhindert, dass Anwendungen den DNS-Filter umgehen, indem sie einen DNS-Resolver direkt über ein verschlüsselndes Protokoll ansprechen. Ist in den Google-Chrome-Einstellungen aber ein DNS-over-HTTPS-Resolver unter „Sicheres DNS verwenden“ eingestellt, schlägt der Verbindungsaufbau deswegen fehl. Damit alle Anwendungen kommunizieren können und Portmaster die DNS-Anfragen filtern kann, sollte man die Voreinstellungen der meisten Programme nutzen, in der sie den vom System vorgegebenen DNS-Resolver verwenden.

Über die Liste am linken Bildschirmrand erreicht man die Detailansicht für einzelne Programme, in der nur die dazugehörigen Verbindungen angezeigt werden. Klickt man hier auf „Settings“, kann man auch individuelle Filter für das jeweilige Programm festlegen.

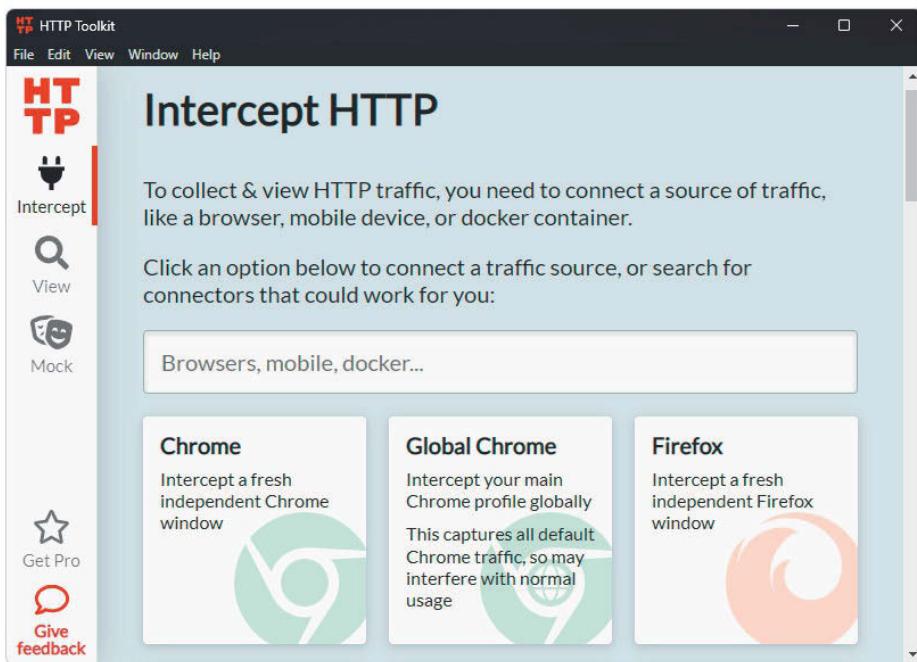
### Fazit

In unserem mehrwöchigen Alltagstest hat Portmaster gute Dienste geleistet, zuverlässig gefiltert und dabei nur wenige erwünschte Verbindungen blockiert. Wir haben ausschließlich die kostenlose Version genutzt. Für 4 Euro monatlich schaltet der Hersteller Safing weitere Auswertungsfunktionen frei und bietet Support. Für insgesamt 10 Euro monatlich bekommt man darüber hinaus Zugriff auf das ähnliche „Safer Privacy Network“, das Verbindungen anonymisiert und über mehrere externe IP-Adressen verteilt.

(rei@ct.de) **ct**

### Portmaster

Datenschutz-Firewall	
Hersteller, URL	Safing ICS Technologies, safing.io
Systemanf.	Windows, Linux (beides x64)
Version	1.6.2
Preis	kostenlos



# Netzwerkinspekteur

## TLS-Verbindungen mit HTTP Toolkit analysieren

**HTTP Toolkit bereitet den verschlüsselten Netzwerkverkehr von Rechnern und Smartphones zur Analyse auf. Das Tool ist besonders einsteigerfreundlich und komfortabel.**

Von Ronald Eikenberg

**S**o manche unangenehme Überraschung lauert im Datenverkehr von Apps: Mitunter werden persönliche Daten an Trackingfirmen weitergegeben oder Passwörter im Klartext übertragen. Wer das selbst überprüfen möchte, kann zu einem TLS-Proxy wie mitmproxy greifen. Die meisten dieser Analysetools sind kompliziert einzurichten und zu bedienen, die junge Alternative HTTP Toolkit macht es seinen Anwendern hingegen so leicht wie möglich.

Nach dem Start bietet HTTP Toolkit eine Reihe von Kacheln für die gängigsten Analyseszenarien an. Per Klick öffnet sich zum Beispiel einer der auf dem System

installierten Browser und schleust seinen Datenverkehr automatisch durch den TLS-Proxy. Anschließend kann man den Traffic komfortabel mit dem HTTP Toolkit durchleuchten. Dass das einfach so klappt, ist nicht selbstverständlich: Üblicherweise muss man zunächst im Browser oder Betriebssystem einstellen, dass der lokale Proxy verwendet wird. Zudem muss man eigentlich das TLS-Herausgeberzertifikat (CA-Zertifikat) des Analyseproxys in den Zertifikatsspeicher importieren, damit der Browser der Verbindung vertraut. HTTP Toolkit ruft den Browser mit speziellen Parametern auf, um das zu umgehen.

Der Analyseproxy kann sich auch in die Verbindungen von Android-Geräten einlinken. Anstatt Android manuell zu konfigurieren, scannt man einen QR-Code, der das Smartphone zur HTTP-Toolkit-Begleit-App bei Google Play lotst. Diese erleichtert die Konfiguration so weit wie möglich. Unter Android 14 etwa wird man zunächst in die Sicherheitseinstellungen geschickt, mit der konkreten Anweisung, das CA-Zertifikat des Proxies zu installieren. Anschließend klinkt sich die App als lokales VPN ins

System und leitet den Datenverkehr zur Analyse an HTTP Toolkit auf dem Rechner.

Unter aktuellen Android-Versionen ist ein Blick in TLS-verschlüsselten Datenverkehr allerdings nur noch in wenigen Fällen möglich, etwa bei Browser-Apps wie Chrome. Andere Apps vertrauen nachinstallierten Zertifikaten nicht länger, und damit auch nicht dem CA-Zertifikat des Proxys. HTTP Toolkit liefert jedoch konkrete Tipps, wie man eigene und fremde Apps trotzdem analysieren kann. Im einfachsten Fall nutzt man ein Android-Gerät, auf dem man Root-Rechte hat. Dann kann man die Traffic-Analyse über die Kachel „Android Device via ADB“ starten, woraufhin HTTP Toolkit sein CA-Zertifikat so ins Android-Dateisystem einschleust, dass es systemweit als gültig anerkannt wird.

Zur Analyse von iOS- und iPadOS-Verbindungen hat HTTP Toolkit keine Automatik, erklärt aber die nötigen Handgriffe. Das Tool kann auch den gesamten Datenverkehr des Rechners auswerten, auf dem es läuft, oder beliebiger anderer Systeme im lokalen Netz.

Die Auswertungsfunktionen von HTTP Toolkit sind übersichtlich. Das Tool listet HTTP(S)- und WebSocket-Verbindungen auf, ein Klick auf eine Verbindung zeigt den Inhalt von Anfrage und Antwort an. Darüber hinaus ist der Proxy dazu in der Lage, Anfragen und Antworten aufzuhalten, damit man sie beliebig manipulieren kann, bevor sie ihr Ziel erreichen.

HTTP Toolkit ist kostenlos und Open Source. Es läuft unter Windows, Linux und macOS. Wer monatlich 7 Euro in die Hand nimmt, unterstützt die Weiterentwicklung und bekommt weitere Funktionen wie die automatisierte Manipulation von Anfragen sowie Import- und Exportfunktionen geboten.

### Fazit

HTTP Toolkit ist eine nützliche Alternative zu etablierten Analyseproxies wie mitmproxy oder der Burp Suite. Das Programm ist besonders einsteigerfreundlich, da es dem Nutzer nicht nur so viel Arbeit wie möglich abnimmt, sondern auch etwaige nötige Handgriffe und Hintergründe erklärt.

(rei@ct.de) ct

### HTTP Toolkit

TLS-Analyseproxy	
Hersteller, URL	Timothy Perry, <a href="http://httptoolkit.com">httptoolkit.com</a>
Systemanf.	Windows, Linux, macOS
Version	1.14.9
Preis	kostenlos

# Routing-Puck

## GL.iNet Brume 2: Potenter VPN-Router

**Ohne WLAN, dafür mit viel Rechenleistung und RAM: Der Brume 2 von GL.iNet soll WireGuard- und OpenVPN-Clients flott ins Heimnetz geleiten. Wir haben das Schäckelchen durchgepustet.**

Von Andrijan Möcker

**E**in Router ohne WLAN, wozu das? GL.iNets Brume 2 alias MT2500 will ein VPN-Security-Gateway und optional auch Firewall sein. Der Mini-Router steht also wohlweise einem existierendem Router als VPN-Client und -Server zur Seite oder übernimmt den gesamten Datenverkehr.

Das 7×7×2 Zentimeter große Schäckelchen hat zwei Kupfernetzwerk-Ports; der WAN-Port ist ein bis zu 2,5 Gbit/s NBaT-Port, der sich auch mit Gigabit- und Fast-Ethernet-Gegenstellen versteht, der LAN-Port ist ein ebenso rückwärtskompatibler Gigabit-Port. Dazu gibts noch einen USB-3.2-Gen-1-Port (5 Gbit/s) für etwa Speicher oder Mobilfunkmodems; die Spannungsversorgung läuft per USB-C mit 5 Volt.

Das Herzstück ist ein System-on-Chip MediaTek MT7981B, das zwei mit 1,3 GHz getaktete ARM-A53-Kerne besitzt. Die Entwickler haben ihm 1 GByte DDR4-RAM und 8 GByte EMMC-Massenspeicher.



**Der Brume 2 ergänzt als VPN-Server und -Client vorhandene Router. Seine zweikernige ARM-CPU liefert gute Datenraten.**

cher verpasst, was in dieser Preisklasse gut ist. Hinblättern muss man 99 Euro für die Variante im Plastikgehäuse; der MT2500A – A steht für Aluminiumgehäuse – kostet 119 Euro. Wer nicht in China bestellen möchte, bekommt beide Varianten in Europa ausschließlich bei Amazon.

### Einrichtung

Unter der Haube des MT2500 sitzt ein modifiziertes OpenWrt. Nach dem Verteilen eines Passworts und Einstellen des Betriebsmodus landet man in der deutschen Weboberfläche. Die ist nicht nur optisch attraktiver als OpenWrt LuCI, sondern auch deutlich einsteigerfreundlicher. Funktionen sind so aufgebaut, dass für vieles nicht viel Netzwerkwissen nötig ist.

An mehreren Stellen fällt das System aber auch negativ auf: Es prüft etwa beim Erstellen von OpenVPN- und WireGuard-Konfigurationen nicht, ob der DynDNS-Updater aktiviert ist, trägt dessen Adresse aber auf Wunsch ein. Außerdem warnt das System im Menü „IPv6“, dass bei der Verwendung von IPv6 und VPN in Kombination „IPv6-Datenlecks“ auftreten können. Was das genau bedeutet, verrät der Anbieter nicht; wir vermuten, dass IPv6-Routing vorbei an IPv6-unfähigen, ausgehenden VPN-Verbindungen gemeint ist. Das könnte man durch Netzwerkregeln verhindern.

Wer aus der einfachen Weboberfläche herauswachsen möchte, kommt auch auf das darunterliegende LuCI-Webinterface von OpenWrt klar und kann dort mit allen Freiheiten Netzwerkeinstellungen bearbeiten. Ein OpenWrt-Abbild ohne GL.iNets Modifikationen gibt es indes nicht, genauso wenig wie offizielle Unterstützung der OpenWrt-Entwicklergemeinschaft.

### Durchgepustet

Blickt man nur auf die VPN-Serverfunktionen, haben die Ergänzungen des Herstellers ihre Daseinsberechtigung: Sowohl die OpenVPN- als auch die WireGuard-Serverintegration sind gut gemacht und leicht bedienbar. Die Clientkonfigurationen erstellt man mit wenigen Klicks; gerade bei

OpenVPN ist die Lernkurve sonst sehr steil. Da GL.iNet nur die eigenen DynDNS-Dienst integriert, muss man in die ausgespuckten Konfigurationsdateien gegebenenfalls noch die eigene DynDNS-Domain einfügen – kein schwieriger Handgriff.

Der Hersteller behauptet auf seiner Webseite, dass der Brume 2 über WireGuard bis zu 355 Mbit/s und über OpenVPN 150 Mbit/s erreicht. Das erwies sich sogar als untertrieben: Im Test kamen wir auf Spitzenwerte von 486 beziehungsweise 171 Mbit/s mit einem TCP-Stream. Bei sechs TCP-Streams landeten wir näher an den Herstellerangaben, auf 366 beziehungsweise 167 Mbit/s. Weil der Brume 2 dabei sonst nichts zu tun hatte, sind diese Werte trotzdem mit Vorsicht zu nehmen. Im NAT-Benchmark erreichte der Brume 2 für Gigabit-Ethernet typische 941 Mbit/s.

### Fazit

Wer einen potenzen und gleichzeitig einfach zu konfigurierenden VPN-Server sucht, um einen VPN-unfähigen Heimrouter zu ergänzen, ist mit dem Brume 2 gut bedient. Dass man lediglich DynDNS konfigurieren sowie eine Portfreigabe anlegen muss und danach mit wenigen Klicks Clients konfigurieren kann, ist attraktiv.

Als Firewallrouter würden wir den Brume 2 trotz der vielen in diesem knappen Artikel nicht beleuchteten Zusatzfunktionen aber nicht einsetzen. Weil WLAN und Modem (DSL, Glasfaser etc.) fehlen, sind dafür weitere Geräte nötig, die zusätzlich aus der Steckdose schlürfen.

Gleiches gilt für den reinen OpenWrt-Betrieb. Dafür bedient man sich besser beispielsweise bei FriendlyElec; für die Modelle R2S und R4S gibt es offizielle OpenWrt-Abbilder. Die Mini-Rechner kosten ungefähr dasselbe und wurden von uns in c't 6/2023 ab Seite 22 vorgestellt.

(amo@ct.de) ct

## GL.iNet MT2500A Brume 2

VPN-Router	
Hersteller, URL	GL.iNet, <a href="http://www.gl-inet.com">www.gl-inet.com</a>
Spannungsversorgung	USB-C, 5 Volt
Leistungsaufnahme <sup>1</sup>	2 Watt
Schnittstellen	2.5GbE-T, Gigabit-Ethernet, USB-A (5 Gbit/s)
getestete Firmware	4.5.0
NAT-Perf. IP/IP (DS / US)	941 / 941 Mbit/s
WireGuard-Perf.	486 Mbit/s
OpenVPN-Perf.	171 Mbit/s
Preis	99 <sup>2</sup> /119 <sup>3</sup> €

<sup>1</sup> WAN- und LAN-Port belegt, Gigabit-Ethernet, kein Datenverkehr

<sup>2</sup> im Plastikgehäuse

<sup>3</sup> im Alugehäuse



# S2N

Storage  
Server  
Network

Die neue heise-Konferenz  
für Storage, Server, Network

Die S2N ist der Branchentreff für IT-Administratoren, Systemarchitekten, CTOs und alle IT-Spezialisten. Die zweitägige Konferenz informiert über die neuesten Trends und Technologien in den Bereichen **Netzwerkarchitektur und -management, Serverarchitekturen und moderne Speicherlösungen.**

Die **S2N** ist hervorgegangen aus der storage2day, der heise-Konferenz für Speichernetze und Datenmanagement, und erweitert deren Themenspektrum um Server und Netzwerke.

## Call for Proposals läuft bis zum **19. April**:

Haben Sie IT-Know-how, das Sie mit Fachkolleginnen und -kollegen teilen wollen?  
Möchten Sie von eigenen Erfahrungen berichten und sie mit einem Fachpublikum diskutieren?  
**Wir freuen uns über Ihre Themeneinreichungen!**



Premiere in Hamburg  
**am 9. & 10. Oktober**

**s2n-heise.de**



# Schön warm hier

## Sechs erschwingliche IR-Kameras für die Thermografie

**Infrarotkameras spüren Wärmebrücken im Haus auf, erkennen heißlaufende Bauteile im PC-Gehäuse und machen Fußspuren auf kalten Böden sichtbar. Wärmebilder helfen beim Energie sparen und taugen als witziger Zeitvertreib.**

Von Ulrike Kuhlmann

**M**it einer Wärmebildkamera decken Sie im Haus Feuchtigkeit, Wärmebrücken und potenziellen Schimmelbefall auf. Sie können die Dämmung von Fenstern, Türen oder Dächern kontrollieren.

Auf diese Weise liefern Infrarotkameras einen wichtigen Beitrag zur Energieeinsparung. Als Nachtsichtgerät enttarnen die Kameras unbehelligt Mensch und Tier, was viel Spaß machen kann.

In anderen Bereichen etwa bei der Kontrolle von Wasserleitungen spüren Sie mit einer IR-Kamera verstopfte Rohre auf, und das, ohne großflächig die Wand zu öffnen. Welches Bauteil im PC den Lüfter auf Trab hält und wo im Gehäuse Wärmestau droht, kündigen radiometrische Messungen ebenfalls an. In Covid-Zeiten wurden IR-Kameras sogar eingesetzt, um fiebrige Menschen zu entdecken.

Hierfür sind allerdings Geräte mit hoher Genauigkeit nötig, die im oberen vierstelligen Preisbereich liegen. Wir haben uns für diesen Test sechs portable Geräte ausgesucht, die für weniger als 550 Euro zu

haben sind; drei kosten um die 250 Euro, eine unter 200 Euro. Sie sind für Privatanwender, Bastler und Handwerksbetriebe interessant, man kann sie überall dabei haben und sie sind sofort einsatzbereit.

### c't kompakt

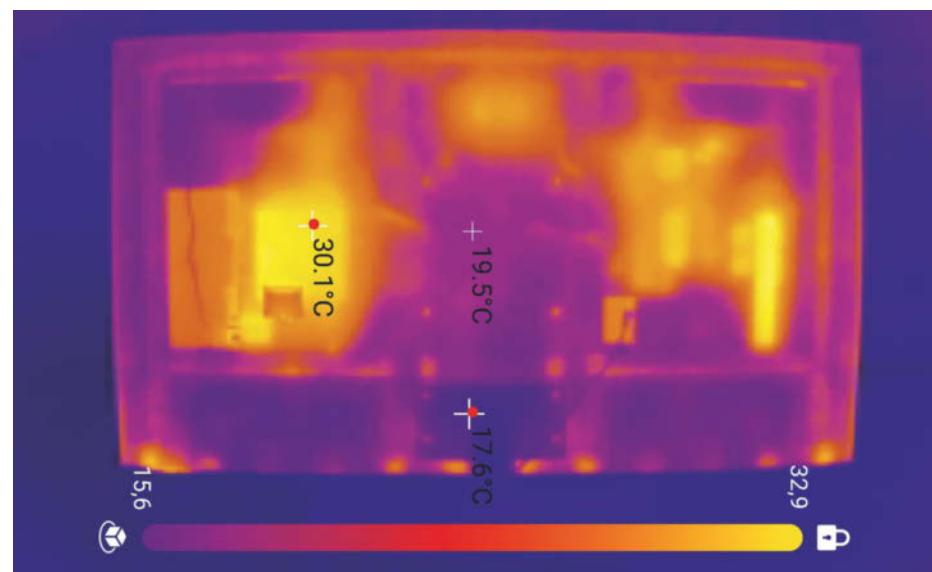
- Infrarotkameras spüren Wärmelecks auf und enttarnen Energieverschwendungen.
- Die Bildqualität hängt von der IR-Auflösung und den Umgebungsbedingungen ab.
- Um Wärmebilder richtig zu deuten, braucht man Vorwissen.

Drei Testgeräte stammen vom bekanntesten IR-Hersteller Flir und zwei von HIKMicro, die um Kunden für preiswerte Thermokameras werben. Außerdem haben wir mit Topdon einen typischen Hersteller von günstig bei Amazon & Co. angebotenen IR-Geräten dabei. Vier der kompakten Kameras werden per USB-C mit dem Smartphone verbunden, Apps übernehmen die Rechenarbeit und das Handydisplay dient als Bühne. Getestet haben wir jeweils die USB-C-Variante an einem Android-Smartphone. Die meisten Hersteller bieten jeweils auch eine Variante mit Lightning-Stecker für iPhones an. Zwei Kameras haben keinen eigenen Akku, saugen im Betrieb also den des Smartphones leer. Die Flir One Edge Pro verbindet sich per WLAN mit dem Smartphone und kann darüber ferngesteuert messen. Bei den USB-C-Geräten kann man das eingeschränkt auch per USB-C-Kabel am Smartphone. Die EO2 von HIK-Micro ist ein Stand-alone-Gerät mit eingebautem Display, das äußerlich an die teuren IR-Kameras von Flir erinnert. Allerdings integriert es einen ultrakompakten IR-Sensor mit geringerer Pixelauflösung und ein Objektiv mit fester Brennweite. Das vereinfacht die Aufnahmen: Man muss nichts scharf stellen, sondern nur noch auslösen. Insgesamt lassen unsere Kandidaten im Vergleich zu teureren Wärmebildkameras weniger Einstellmöglichkeiten zu. Das ist Segen und Fluch zugleich.

Alle sechs Geräte machen Temperaturunterschiede mit ihren Thermobildern sichtbar und geben bei Bedarf auch konkrete Temperaturwerte an. Um zuverlässige Angaben zu erhalten, muss man bei thermografischen Messungen einiges beachten. Wir geben Tipps zu den optimalen Messbedingungen und den Einstellmöglichkeiten der Kameras. Wir zeigen auch, worauf Sie bei der Auswahl achten sollten. Die technischen Daten der IR-Kameras finden Sie in der Tabelle auf Seite 85.

### IR-Messprinzip

Objekte mit einer Temperatur über 0 Kelvin beziehungsweise -273,15 Grad Celsius emittieren das, was wir als Wärme bezeichnen. Allerdings können wir Menschen diese infrarote Wärmestrahlung nicht sehen, sie liegt außerhalb des für Menschen sichtbaren Spektrums. Das reicht von etwa 390 bis 750 Nanometer, während der infrarote Wellenlängenbereich bei etwa 1000 Nanometern (also



**Die IR-Kamera kann nicht in den Fernseher hineinschauen. Sie bildet lediglich die Temperatur an der Rückenabdeckung des TVs ab, hinter den warmen Stellen sitzen das Mainboard und die Stromversorgung.**

1 Mikrometer) beginnt und bis 1000 Mikrometer reicht. Unsere Wärmebildkameras erfassen den Spektralbereich zwischen 7,5 und 14 Mikrometern.

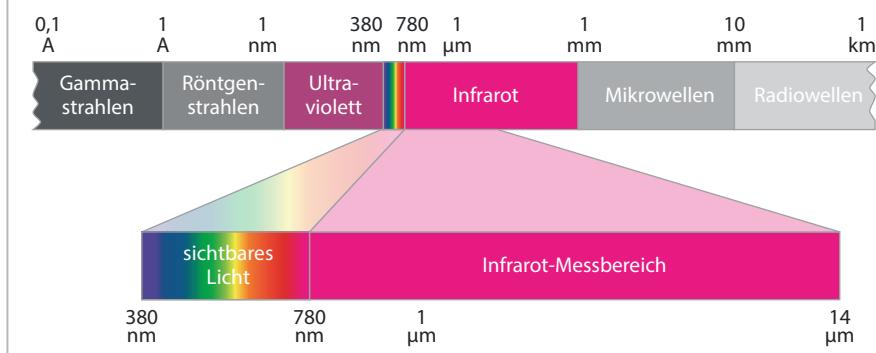
Um die Wärmestrahlung dennoch sichtbar zu machen, erfassen IR-Kameras die elektromagnetische Energie des infraroten Lichts, wandeln sie auf ihrem IR-Detektor in elektrische Signale um und weisen jedem Signalpegel eine Farbe zu. Das Ergebnis sind üblicherweise Falschfarbenbilder, aus denen man Temperaturunterschiede (Thermomessung) und im besseren Fall sogar konkrete Temperaturwerte (Radiometrie) ablesen kann. Hierfür muss man die Messbedingungen kennen und die Kamera darauf einstellen. Dazu gleich mehr.

Da IR-Kameras auch durch Rauch hindurchsehen, werden sie von Feuerwehren bei Such- und Rettungsaktionen eingesetzt. Man benötigt für die Aufnahmen keinerlei (sichtbares) Licht. Nachtsichtgeräte brauchen dagegen zumindest ein wenig Restlicht wie den Mondschein oder eine weiter entfernte Straßenlaterne. Externe Lichtquellen beeinflussen die IR-Aufnahmen nicht, sofern diese Quellen selbst keine signifikante Menge Wärme produzieren. LEDs stören also wenig, herkömmliche Glühlampen dagegen schon.

Auch wenn es zuweilen so scheint, können die IR-Kameras nicht in Geräte hineinsehen. Sie machen lediglich die Oberflächentemperaturen sichtbar, und die werden stark von den Bauteilen im In-

### Wellenlängenbänder

Sichtbares Licht liegt in einem schmalen Band zwischen 0,38 und 0,78 Mikrometer, der deutlich größere Infrarotbereich reicht von 1 bis 1000 Mikrometer ( $\mu\text{m}$ ). Unser Messbereich von 7,5 bis 14  $\mu\text{m}$  gehört zum langwelligen Infrarotbereich (LWIR), auch thermische IR genannt.





## Flir One

Flir möchte die IR-Aufnahmen offenbar möglichst einfach halten, denn die Einstellmöglichkeiten sind vor allem bei der One-Aufsteckkamera begrenzt. So kann man den Emissionsgrad nur in vier Stufen festlegen. Außerdem lässt sich der erfasste Temperaturbereich nicht begrenzen, was Aufnahmen bei großen Temperaturunterschieden in der Umgebung des Zielobjekts erschwert. Den Messbereich kann man in der App nur nachträglich per Bildbearbeitung einschränken. Es dauerte im Test stets eine Weile, bis die Flir-App die Verbindung zur One hergestellt hatte. Mit der IR-Auflösung von nur  $80 \times 60$  Pixeln lassen sich vor allem Tendenzen aus den Bildern ablesen. Obgleich Flir stets die Kanten per MSX überlagert, wirken die Falschfarbenbilder der One insgesamt verschwommen.

- ⬆️ unkomplizierte Bedienung
- ⬆️ preiswert
- ⬇️ unscharfe Thermobilder

Preis: ab 179 Euro



## Flir One Pro

Auch die One Pro bietet nur vier Presets für den Emissionsgrad an: matt ( $E=0,95$ ), halbmatt (0,8), halb glänzend (0,6) und glänzend (0,3). Die Messentfernung wird automatisch ermittelt, die reflektierte Umgebungstemperatur liegt fest bei 22 Grad. Man kann aber die Temperaturgrenzen fixieren, in dem die IR-Daten erfasst werden sollen. Dazu öffnet man das Schloss-Icon an der Farbskala, tippt die gewünschten Werte ein und verschließt es wieder. Die per MSX (siehe Text) überlagerten Konturen helfen bei der Orientierung, IR-Bilder lassen sich auch ohne Konturen exportieren. Trotz der höheren Sensorsauflösung von  $160 \times 120$  Pixeln sind die Aufnahmen nicht wesentlich schärfere als bei der One. Beide Geräte schocken wegen ihres eigenen Akkus die Laufzeit des Smartphones.

- ⬆️ unkomplizierte Bedienung
- ⬆️ eingebauter Akku
- ⬇️ etwas unscharf

Preis: ab 389 Euro



## Flir One Edge Pro

Weil sich die One Edge Proper WLAN mit dem Smartphone verbindet, kann man Wärmebilder unabhängig von der Position des Handys aufnehmen und den Bildschirm zur Fernsteuerung nutzen. Im Test stellte die Flir-App die Verbindung zur Edge zwar langsam, aber zuverlässig her. Wie bei den anderen Flirs sind die Einstellmöglichkeiten begrenzt, der Messbereich lässt sich zwischen 0 bis 120 Grad Celsius fixieren. Der eingebaute Akku wird per USB-C geladen und hält deutlich länger durch als bei One und One Pro. Mit ihrem spritzwassergeschützten Gehäuse und der versprochenen sicheren Fallhöhe von zwei Metern taugt die One Pro Edge auch für den Einsatz auf Baustellen. Schade, dass Flir ihr keinen höher auflösenden Sensor spendiert hat.

- ⬆️ baustellengeeignet
- ⬇️ geringe IR-Auflösung
- ⬇️ teuer

Preis: ab 539 Euro

nern eines Geräts beeinflusst, wie unsere IR-Aufnahme eines TV-Rückens zeigt.

### Scharf gerechnet

Die sichtbare Auflösung eines Wärmebildes hängt auch, aber nicht nur von der Auflösung des Infrarotsensors ab. So versieht die Firma Flir die IR-Aufnahmen ihrer Kameras mit Konturen, was die Zuordnung zum realen Bild deutlich vereinfacht. Die Geräte haben dafür eine zusätzliche Kamera für sichtbares Licht eingebaut, aus dessen Bild sie die Umrisse extrahieren; Flir nennt das Verfahren Multi Spectral Dynamic Imaging, kurz MSX.

HIKMicro arbeitet ebenfalls mit Überlagerung und zusätzlich mit einer Technik namens SuperIR, die aus einem mit  $96 \times 96$  Pixeln aufgelösten IR-Bild der Eco E002 eine Aufnahme mit  $240 \times 240$  Punkten zaubert. Im technischen Sinn ist das natürlich gemogelt. Allerdings helfen die zusätz-

lichen Informationen auch hier, sich besser in der thermografischen Aufnahme zu rechtfinden. Dem Mini2 von HIKMicro und dem Topdon-Modell TC001 fehlen zusätzliche Kameras. Stattdessen nutzen ihre Infrarotsensoren einfach mehr Pixel, was man den Aufnahmen ansieht. Unsere Geräte haben IR-Sensoren mit  $80 \times 60$  Pixeln bis zu  $256 \times 192$  Pixeln.

Wie scharf die Wärmebilder werden, hängt zudem von der thermischen Empfindlichkeit des IR-Sensors ab. Üblicherweise geben die Kamerahersteller diese als NETD-Wert (Noise Equivalent Temperature Difference) in Kelvin an. Je niedriger die NETD ist, umso weniger rauscht es in den Aufnahmen bei gleicher Sensorauflösung. Für sehr große Temperaturdifferenzen ist der Wert unerheblich, wer jedoch feine Unterschiede erfassen möchte, etwa um Feuchtigkeit in Wänden zu entdecken, sollte auf eine geringe NETD

achten. Wie feucht eine Wand tatsächlich ist, lässt sich aber erst mit einem Feuchtigkeitsmesser ermitteln.

Wenn es um die konkreten Temperaturwerte geht, kommt die Messgenauigkeit ins Spiel. Sie liegt bei unseren Geräten zwischen 2 und 5 Prozent vom Messwert, bei 20 Grad Celsius beträgt die Abweichung demnach 0,4 bis 1 Grad. Die Messergebnisse werden zudem vom Emissionsgrad des Objekts beeinflusst. Dazu einige Überlegungen.

### Emissionsgrad

Die Wärmebildkamera misst die langwellige IR-Strahlung, die vom Objekt auf den Sensor fällt. Sie kommt vom Objekt selbst und von den am Objekt reflektierten Wärmestrahlern aus der Umgebung. Der Emissionsgrad eines Objekts hängt deshalb von der Oberflächenbeschaffenheit ab. Objekte mit hohem Emissionsgrad haben einen



## HIKMicro Eco EO2

Die Kamera von HIKMicro liegt sicher in der Hand, die vier Knöpfe für das übersichtliche Menü erreicht man gut mit dem Daumen. Die Software lässt diverse Einstellmöglichkeiten wie den Messabstand und den erfassten Temperaturbereich zu. Stellt man hier geeignete Werte ein, verbessert sich die Aussagekraft der Bilder. Videoaufnahmen beherrscht die EO2 als einzige in diesem Testfeld nicht. Leider hat HIKMicro an der Sensorauflösung gespart, auch die per USB exportierten IR-Aufnahmen sind mit  $240 \times 240$  Bildpunkten mickrig. Für schnelle Aussagen zu Wärmeprofilen taugt die EO2 dennoch sehr gut. HIKMicro verspricht über die IP54-Zertifizierung, dass auch die Stand-alone-Kamera EO2 kleine Stürze übersteht und im strömenden Regen eingesetzt werden darf.

- ⬆️ baustellengeeignetes Messgerät
- ⬇️ geringe IR- und Bildauflösung
- ⬇️ keine Videofunktion

Preis: ab 269 Euro

niedrigen Reflektionsgrad und umgekehrt: reflektierte Strahlung + emittierte Strahlung = 1

Ein poliertes Metallblech am Hausdach reflektiert in der kühlen Jahreszeit im Wesentlichen IR-Strahlung aus der Umgebung und emittiert wenig Wärmestrahlung, sein Emissionswert liegt deutlich unter 0,5. Eine rau verputzte Wand in matter dunkler Farbe verhält sich umgekehrt, ihr Emissionswert liegt über 0,9. Auch Dreck, Rost oder Kratzer erhöhen den Emissionsgrad. Bei Werten unter 0,5 muss man die Messergebnisse sehr kritisch auf Plausibilität prüfen. Wir haben unter ct.de/yf5x Emissionswerte für gängige Materialien zusammengetragen. Es handelt sich dabei um Referenzwerte, die exakten Werte hängen von der jeweiligen Oberflächenstruktur, der Temperatur des Objekts und dem Betrachtungswinkel ab. Bei einigen IR-Kameras kann man die



## HIKMicro Mini2

Die wirklich kleine Mini2 erlaubt ähnliche Einstellungen wie das Stand-alone-Modell von HIKMicro, nur legt man die Parameter hier in der App am Smartphone fest. Steckt man die IR-Kamera ans Smartphone, startet unverzüglich die App und das Livebild erscheint. Für die Temperaturgrenzen muss man an der Farbskala vom Auto-Modus (das A in der App) in den manuellen Modus (die Hand) wechseln, kann die Werte aber nur innerhalb des zuvor automatisch erfassten Bereichs fixieren. Wechselt man zurück in den Auto-Modus, merkt sich die App die eingestellten Grenzwerte. Eine Kantenfusion besitzt die Mini2 mangels eigener optischer Kamera nicht, das optional eingeblendete Bild der Smartphonekamera wird nicht mit gespeichert. Die Aufnahmen sind dank der höheren Sensorauflösung dennoch recht scharf.

- ⬆️ hohe IR-Auflösung
- ⬆️ unkomplizierte Bedienung
- ⬇️ keine Bildüberlagerung

Preis: ab 249 Euro



## Topdon TC001

Steckt man die TC001 ans Smartphone, erscheint sofort der Startbildschirm der App. Unter den persönlichen Informationen gibt man den Emissionsgrad, die Entfernung zum Objekt und die Umgebungstemperatur ein. Das erlaubt in diesem Testfeld nur die TC001. Als einzige kann sie kontinuierlich die Temperatur überwachen, indem sie die minimalen und maximalen Werte an einem Punkt, entlang einer Linie oder auf einer Fläche als Graph aufzeichnet. Die Grenzwerte für den Messbereich kann man im benutzerdefinierten Modus fixieren; man erreicht diesen über das kleine Würfelsymbol unter der Farbskala. Dank des höher auflösenden Sensors geraten die thermischen Bilder so scharf wie bei der Mini2, einzelne Werte lassen sich hier aber noch feiner herausarbeiten.

- ⬆️ hohe IR-Auflösung
- ⬆️ kontin. Temperaturüberwachung
- ⬇️ keine Bildüberlagerung

Preis: ab 249 Euro

Außentemperatur eingeben, die sie dann in die Berechnungen einbeziehen. In unserem Testfeld ist das nur bei der TC001 von Topdon möglich.

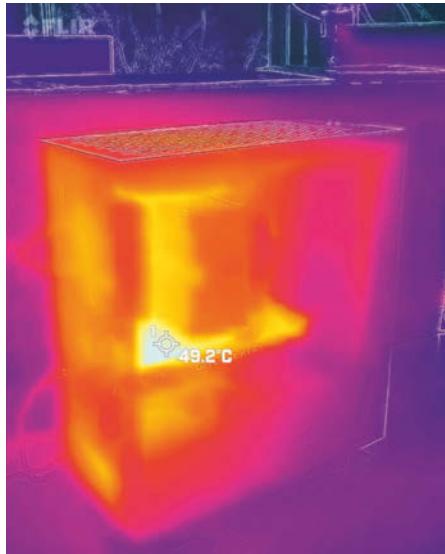
## Günstige Messbedingungen schaffen

Sorgen Sie beim Messen für Bedingungen mit möglichst geringen Störeinflüssen von außen. Vermessen Sie die Hausingulation also nicht in der prallen Sonne, sondern draußen nach einer regenfreien Nacht in den frühen Morgenstunden bei noch bewölktem Himmel, wenn der Tau abgetrocknet ist. Wasser, Eis und Schnee schirmen Infrarotstrahlen ab, außerdem kühlen nasse Oberflächen beim Trocknen ab, man misst dann nicht mehr die Wärmestrahlung des Objekts, sondern die der Verdunstung. Wind pustet die Temperaturunterschiede quasi weg. Im Sommer sind Messungen an Häusern wenig sinnvoll, da

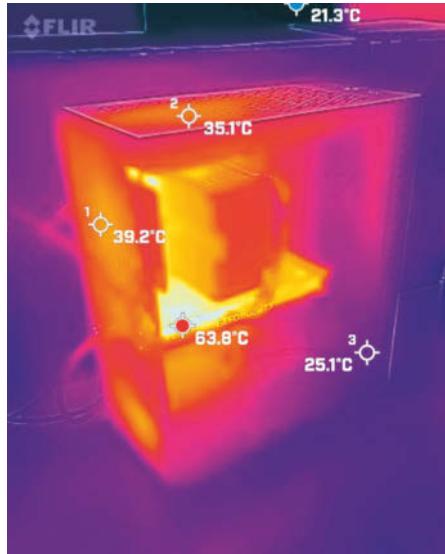
die Temperaturunterschiede zu gering sind. Experten empfehlen mindestens 10 Grad Differenz zwischen drinnen und draußen.

Wer glänzende Objekte messen möchte, kann sich behelfen und ein raues Klebeband auf einen Teil der Oberfläche kleben. Daran wird weniger reflektiert, die Ergebnisse werden aussagekräftiger. Außerdem sollten Sie Aufnahmen aus mehreren Perspektiven machen, um wandern-de Spiegelungen von thermischen Auffälligkeiten zu unterscheiden. Nur allzu schräg sollten Sie sich nicht stellen, denn aus sehr stumpfen Winkeln nehmen die Reflexionen zu. Durch Glas können IR-Kameras nicht sehen, auch dicke Planen schirmen Infrarotstrahlung ab.

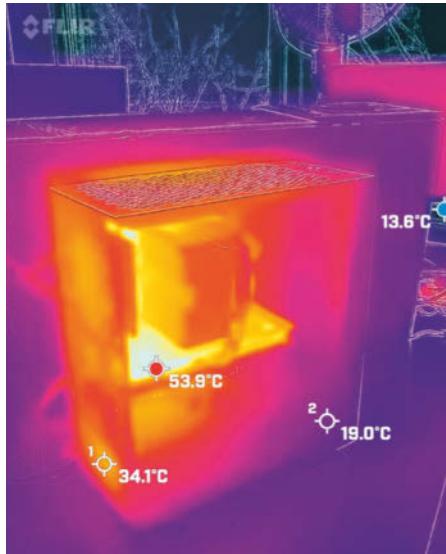
Bei großen Temperaturdifferenzen im Wärmebild gehen kleine Unterschiede schnell unter. Deshalb sollte man den ausgewerteten Temperaturbereich auf den



**Flir One:** Die Kamera hat die wenigsten Einstellmöglichkeiten und die geringste IR-Auflösung.



**Flir One Edge Pro:** Zusätzliche Messpunkte informieren über die Temperaturverteilung am PC-Gehäuse.



**Flir One Pro:** Trotz höherer IR-Auflösung mangelt es den Pro-Kameras an Schärfe.

relevanten Teil begrenzen, um so beispielsweise die sehr niedrigen Temperaturen eines Morgenhimmls auszuschließen. Das lässt sich bei fast allen Testgeräten anhand der eingebundenen Farbskala justieren. Nehmen Sie dafür zunächst nur einen Bildausschnitt ins Visier, der den relevanten Temperaturbereich enthält, also beispielsweise die Hauswand ohne den Morgenhimml. Anschließend wechseln Sie in den manuellen Modus und fixieren diesen Temperaturbereich.

Bei der günstigsten Kamera Flir One kann man das erst nachträglich in der Bild-

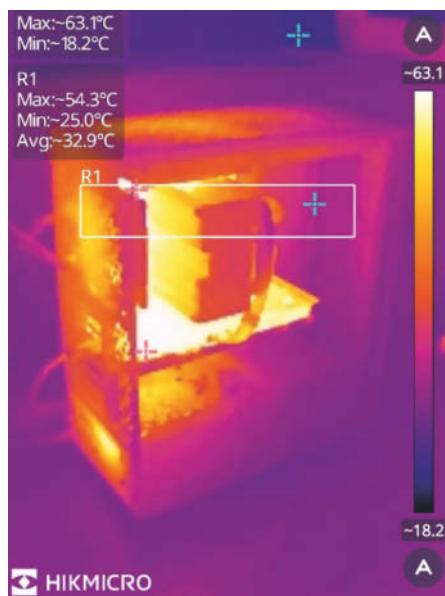
bearbeitung der App tun. Das bieten die anderen Kameras zusätzlich an, man braucht aber ein wenig Übung, um auf diese Weise einen aussagekräftigen Temperaturbereich zu fixieren.

### Objektive und Sensoren

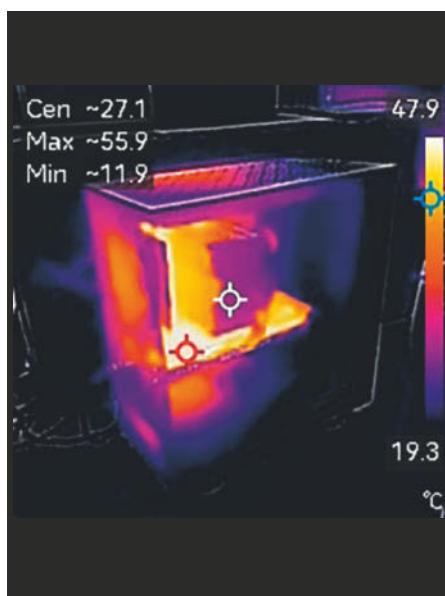
Weil Glas für Infrarotstrahlung undurchlässig ist, bestehen die Objektive von IR-Kameras entweder aus Germanium oder anderen Halbleitermaterialien wie Silizium oder Zinkselenid. Als Infrarotsensor kommen ungekühlte Mikrobolometerarrays infrage. Diese bestehen entweder

aus einem goldgelb schimmernden Vanadiumoxid oder dem etwas preiswerteren amorphen Silizium.

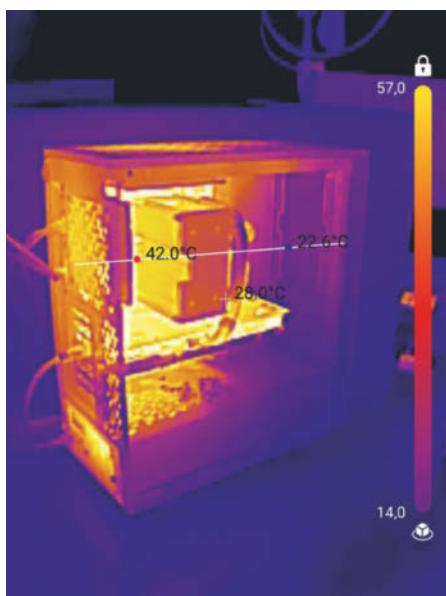
Unsere kompakten Mobilgeräte haben eine Festbrennweite und ein Weitwinkelobjektiv mit einem Öffnungswinkel von etwa 50 Grad, angegeben als Field of View (FOV). Topdon gibt den FOV für seine TC001 nicht an, aus unseren Messungen ergeben sich aber ähnliche Werte wie bei den anderen Kameras. Damit erfasst man aus einem Meter Abstand ein 93 Zentimeter breites Objekt. Wer exakte Temperaturwerte ermitteln will, sollte



**HIKMicro Mini2:** Die Kamera erfasst Temperaturen entlang von Linien oder Rechtecken.



**HIKMicro EO2:** Die handliche Kamera exportiert nur niedrig aufgelöste Wärmebilder.



**Topdon TC001:** Die höhere IR-Auflösung führt zu aussagekräftigen Wärmebildern.

möglichst dicht an die zu messende Oberfläche herantreten. Ist das nicht möglich, hilft nur eine möglichst hohe Sensorauflösung.

Unsere Kameras sind gegen Stürze gewappnet. Fünf Hersteller nennen sichere Fallhöhen zwischen einem und zwei Metern, die beiden Handkameras sind zudem gemäß IP54 gegen Spritzwasser geschützt.

## Fazit

Wegen ihrer kompakten Abmessungen passen die Wärmebildkameras dieses

Testfelds in die Jackentasche. Die Messergebnisse kann man direkt am Smartphone anschauen und bearbeiten, daraus beispielsweise einen Kurzbericht erstellen oder Bilder per Mail verschicken. Nur für die Eco EO2 braucht man dazu einen PC. Dafür lassen sich mit ihr schnell und unkompliziert Thermobilder aufnehmen, denen es jedoch an Auflösung mangelt. Wer Thermografieaufnahmen für Berichte nutzen möchte, ist mit höher auflösenden IR-Kameras generell besser bedient.

Bei allen Einstellmöglichkeiten und Sensorauflösungen sollte man bedenken,

dass die Thermografie und die korrekte Auswertung der Ergebnisse einige Erfahrung erfordert. Die bunten Bilder verleiten schnell zu Aussagen, die sich am Ende als falsch herausstellen können. Wer sich ein wenig mit dem Thema beschäftigt, kann aber auch mit den kleinen Kompaktkameras wichtige Erkenntnisse gewinnen. Oder einfach nur Spaß haben beim Aufnehmen von Katze, Hund und anderen Mitbewohnern. (uk@ct.de) ct

**Typische Emissionsgrade und Außenaufnahmen:** [ct.de/yf5x](http://ct.de/yf5x)

## IR-Wärmebildkameras

Produkt	One Gen 3	One Pro (USB-C)	One Edge Pro	Eco EO2	Mini2	TC001
Hersteller	Flir	Flir	Flir	HIKMicro	HIKMicro	Topdon
<b>Technische Daten laut Hersteller</b>						
IR-Auflösung	80 × 60	160 × 120	1680 × 120	96 × 96 (240 × 240 SuperIR)	256 × 192	256 × 192
IR-Spektralbereich	8 – 14 µm	8 – 14 µm	8 – 14 µm	7,5 – 14 µm	7,5 – 14 µm	8 – 14 µm
Detektorpixelgröße	17 µm	12 µm	12 µm	12 µm	12 µm	12 µm
Temperaturbereich max.	-20° – 120°	-20° – 400°	-20° – 400°	-20° – 400°	-20° – 400°	-20° – 550°
Messgenauigkeit	± 3 % bis 5 %	± 3 % bis 5 %	± 3 % bis 5 %	± 2 %	± 2 %	± 2 %
Empfindlichkeit (NETD)	< 150 mK	< 150 mK	< 70 mK	< 50 mK	< 40 mK	< 40 mK
min. Fokusabstand	0,15 m	0,15 m	0,3 m	0,1 m	0,2 m	0,2 m
Sichtwinkel (FOV)	50° × 38,6°	55° × 43°	54° × 42°	50° × 50°	50° × 37,2°	k.A.
Framerate	8,7 Hz	8,7 Hz	8,7 Hz	20 Hz	25 Hz	25 Hz
Fusion Bild mit Thermobild	MSX-Bildfusion	MSX-Bildfusion	MSX-Bildfusion	SuperIR-Bildfusion	– (keine eigene Kamera)	– (keine eigene Kamera)
Auflösung exportierte Wärmebilder	1440 × 1080 Bildpunkte	640 × 480 Bildpunkte (1440 × 1080 mit MSX)	640 × 480 Bildpunkte (1440 × 1080 mit MSX)	240 × 240 Bildpunkte	960 × 720 Bildpunkte	1920 × 1440 Bildpunkte
Foto / Video	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / –	✓ / ✓ (defekt)	✓ / ✓
Messpunkt-/Linie-/Fläche	✓ / – / –	✓ / – / –	✓ / – / –	✓ / – / –	✓ / – / ✓	✓ / ✓ / ✓
App	FLIR One App	FLIR One App	FLIR One App	– (Stand-alone)	HIKMicro Viewer	TC001
Android / iOS / Windows	✓ / ✓ / –	✓ / – (Pro iOS) / –	✓ / ✓ / –	– / – / –	✓ / – / –	✓ / ✓ (TC002) / ✓
Leistungsaufnahme	– (eigener Akku)	– (eigener Akku)	– (eigener Akku)	– (eigener Akku)	0,36 W	0,35 W
Laufzeit	1 h	1 h	2,5 h	8 h	– (kein Akku)	– (kein Akku)
Aufladezeit	40 min	40 min	1 – 1,5 h (15 min für 40 min Laufzeit)	3 h	– (kein Akku)	– (kein Akku)
wasserdicht	–	–	IP54	IP54	IP40	–
Fallhöhe sicher bis	1,5 m	1,8 m	2 m	2 m	1 m	k.A.
<b>Einstellmöglichkeiten</b>						
Emissionsgrad Anzahl Presets / freie Eingabe	4 / –	4 / –	4 / –	15 / ✓	– / ✓	8 / ✓
refl. Temperatur einstellbar	– (refl. Temperatur 22 °C)	– (refl. Temperatur 22 °C)	– (refl. Temperatur 22 °C)	–	–	✓ (-10 – 50 °C)
Mesbereich fixierbar	– (nur Automatik)	✓ (-20 – 120°, 0 bis 400°)	✓ (0 – 120°)	✓ (-20 – 400°C)	✓ (-20 – 350 °C)	✓ (-20 – 550°C)
Messabstand einstellbar	–	–	–	0,1 – 50 m	0,1 – 15 m	0,2 – 5 m
bewegliche Messpunkte (Anzahl)	0 + Center	3 + Max., Min.	3 + Max., Min.	0 + Max., Min., Center	3 + Max., Min.	3 + Center
Pseudo-Farbpalten (Anzahl)	10	8	8	4	15	10
<b>Gerätedaten</b>						
Besonderheiten	One Fit Anschluss (4mm)	One Fit Anschluss (4mm)	Klemme für Smartphone	Standalone mit 2,4" LCD (240 × 320 Pixel), 4 GB Speicher, Laserpointer, Stativgewinde	sehr klein	kontinuierliche Temperaturüberwachung,
Anschlüsse	2 × USB-C (messen, laden)	2 × USB-C (messen, laden)	WLAN (messen), USB-C (laden)	WLAN, 1 × USB-C (laden, Bildtransfer)	1 × USB-C (messen)	USB-C
Lieferumfang	USB-C-Kabel, Tasche	USB-C-Kabel, Tasche	USB-C-Kabel	USB-C-Kabel, Handschlaufe	USB-C-Kabel, USB-C-Adapter, Tasche	USB-C-Verlängerung, Tasche, Lappen
Größe (B × H × T) / Gewicht	6,6 cm × 3,4 cm × 1,3 cm / 36 g	6,8 cm × 3,4 cm × 1,4 cm / 40 g	15 cm × 3,4 cm × 3,5 cm / 152 g	19,5 cm × 7,7 cm × 5,9 mm / 288 g	4,4 cm × 2,2 cm × 1,1 cm / 20 g	7,1 cm × 4,2 cm × 1,4 cm / 28 g
Garantie	2 Jahre	2 Jahre	2 Jahre	3 Jahre	3 Jahre	1 Jahr
Preis	ab 179 €	ab 389 €	ab 539 €	ab 269 €	ab 249 €	ab 239 €
✓ vorhanden	– nicht vorhanden	k.A. keine Angabe				

# Trainingspartner fürs Smartphone

## Fitness-Gadget Unitree Pump Pro im Test



**Als mobile Kabelzugmaschine mit App-Anbindung ersetzt der Unitree Pump simple Gummibänder und klobige Hanteln. Extrakosten für ein Abo gibt es nicht.**

Von Steffen Herget

**M**it dem Unitree Pump Pro kann man Workouts mit einstellbarem Widerstand absolvieren, statt den Bizeps mit Hanteln zu quälen, sich auf der Beinpresse abzumühen oder mit Fitnessbändern zu hantieren. Die tragbare Kabelzugmaschine mit Akku und Trainings-App misst gut zehn mal zehn Zentimeter. Das Kästchen hat an einer Seite einen Ankerpunkt, an der anderen zieht man den rund 1,40 Meter langen Gurt heraus. An der Oberseite hat der Einschalter seinen Platz, seitlich unterbricht ein USB-C-Anschluss das stabile Gehäuse aus mattem Kunststoff.

Zum Lieferumfang des 259 Euro teuren Pump gehören außer einer Tragetasche, einem Zuggriff und einer Schlaufe zum Gegenhalten auch ein Anker zum Einklemmen in einer Tür sowie eine Manschette, um den Pump am Fußgelenk zu befestigen. Unitree bietet weiteres Zubehör an, etwa eine lange Stange für das Training mit beiden Armen und große Saugnäpfe zur Befestigung am Boden.

Mit dem Pump Pro lassen sich Gewichte zwischen 2 und 20 Kilogramm simulieren, der Pump ohne Pro schafft bis 10 Kilogramm. Den Widerstand erzeugt das Kästchen mit einem Elektromotor, der seinen Strom von einem eingebauten 700-mAh-Akku bezieht. Je nach eingestellter Zugkraft

hält der Akku unterschiedlich lange, bei mittlerer Kraft von 10 Kilo ist er nach rund 1000 Zügen leer. Das klingt nach viel, ist aber bei intensiven Trainings schnell erreicht, auf Reisen muss ein Ladegerät mit ins Gepäck.

Am Pump lassen sich vielfältige Workouts absolvieren, sowohl mit den Armen als auch den Beinen. Für den Dauereinsatz ist das Gerät nicht gedacht, eher als Ergänzung für unterwegs oder zu Hause, wenn der Weg zum Fitnessstudio zu weit ist. Der Pump kann Kurzhanteln ebenso ersetzen wie Fitnessbänder aus Gummi. Die Möglichkeit, beim Ein- und Ausziehen des Gerätes unterschiedliche Kräfte wirken zu lassen, bringt Abwechslung in die Workouts.

### Wenn ein Pump nicht reicht

Der Pump macht beim Training durchaus Spaß. Der Widerstand ist gleichmäßig und jederzeit gut kalkulierbar. Vor allem beim Training mit niedrigem Gewicht stören die gut 700 Gramm des Gerätes etwas, bei kräftigerer Belastung merkt man sie weniger. Wer mehr Power zum Training braucht, kann bis zu acht Pumps

miteinander koppeln, sie werden dann synchron von der App verwaltet. Unter Android auf einem Google Pixel 8 Pro hatten wir mitunter Probleme mit der Kopplung, der Pump brauchte für die Verbindung oft mehrere Anläufe. Auf einem iPad gelang die Verbindung stets ohne Schwierigkeiten in wenigen Sekunden.

Apropos App: Die ist für das Training mit dem Pump zwingend notwendig, alleine schon, um den gewünschten Widerstand einzustellen. Zwei Knöpfchen und ein kleines Display als Alternative direkt an dem Pump wären hilfreich, dann müsste man nicht ständig zum Smartphone oder Tablet greifen, um das Gewicht anzupas-

sen. Die App zählt während des Trainings Wiederholungen und verbrannte Kalorien, gibt – etwas knappe – Anleitung zum richtigen Training und stellt Pläne je nach Trainingsziel – Abnehmen oder Muskelaufbau – zusammen. Kleine Spiele sollen die Laune hochhalten, eine Community für gegenseitige Motivation sorgen. Löblich: Für die Trainingspläne und Anleitungen entstehen keine Zusatzkosten durch teure Abos, alle Funktionen in der App sind durch den Kaufpreis des Pump bezahlt.

Ohne Internetverbindung arbeitet die App allerdings nur halb so gut, immer wieder unterbrechen Ladepausen das Workout und die Anwendung beschwert sich über fehlendes Netz. Das bräuchte es jedoch zum reinen Training gar nicht, schließlich funk die Box nur über Bluetooth im Nahbereich. Zudem überlässt man der Anwendung notgedrungen so einige Daten und Berechtigungen: Geschlecht, Größe und Gewicht werden abgefragt, zudem verlangt sie bei der Installation Zugriff auf Fotos und Videos. Ein Export der Trainings zu Strava oder anderen Diensten ist nicht vorgesehen.

### Fazit

Sportbegeisterte, die unterwegs oder zu Hause ohne große Gerätschaften trainieren möchten, finden mit dem Pump Pro einen praktischen Workoutpartner. Der Preis ist zwar deutlich mehr, als man für ein paar Gummibänder hinblättern muss, dafür kommen keine weiteren Kosten durch Abos hinzu. (sht@ct.de) ct

Frisch aus  
**ct Nerdistan**

### Unitree Pump Pro

Fitness-Gadget	
Hersteller, URL	Unitree, pump.fitness
Maße (H × B × T) / Gewicht	10,4 cm × 10,4 cm × 6cm/ 715 g
Akku / wechselbar	700 mAh / –
Anschlüsse	USB-C
Kompatibilität	Android ab 8.0, iOS ab 12.0
Preis	259 €

# Die ML-Konferenz

24.-25. April 2024 • Köln



Die Minds Mastering Machines (M3) ist seit 2018 der Treffpunkt für Data Scientists, Data Engineers und Developer, die Machine-Learning-Projekte in die Realität umsetzen. Tauschen Sie sich in Köln mit Gleichgesinnten über aktuelle Fragestellungen aus und lassen Sie sich inspirieren von zahlreichen Praxisberichten und Vorträgen unter anderem zu folgenden Themen:

- ✓ Sprachmodelle für den Datenzugriff der Zukunft
- ✓ Observability von ML-Anwendungen
- ✓ Federated Learning in Theorie und Praxis
- ✓ Threat Modeling für KI-Anwendungen
- ✓ Praxisbericht MLOps
- ✓ KI zwischen fantastischen Möglichkeiten, Rechtsunsicherheit und Disruption

[m3-konferenz.de](http://m3-konferenz.de)

Jetzt  
**Tickets**  
sichern!

Workshops zum Einsatz von LLMs und zu Conversational Apps mit Langchain und Python am 23. April

Veranstalter



# data2day

Die Konferenz für Data Scientists,  
Data Engineers und Data Teams

18. und 19. September 2024  
Heidelberg

[www.data2day.de](http://www.data2day.de)

Jetzt  
einreichen!  
**Call for  
Proposals**  
bis 18. März

Veranstalter





# Alleskönner

## Samsung Galaxy S24 und S24+ im Test

**Es muss nicht immer Ultra sein: Samsung Galaxy S24 und S24+ stehen dem Top-Smartphone von Samsung kaum nach, liegen aber besser in der Hand und reißen ein nicht ganz so enormes Loch in den Geldbeutel.**

Von Steffen Herget

Zugegeben, wirklich günstig sind auch diese beiden Samsung-Smartphones nicht. Das Galaxy S24 kostet ab 899 Euro, das größere S24+ startet bei 1149 Euro – Tendenz langsam fallend, denn der Straßenpreis liegt in der Regel nur in den ers-

ten Wochen nach der Vorstellung gleichauf mit Samsungs UVP. Anders als das Ultra wurden die beiden Modelle im Vergleich zu den Vorjahresmodellen allerdings nicht teurer, und für die mindestens 300 Euro, die das S24 Ultra mehr kostet, bekommt man problemlos noch ein günstigeres Smartphone obendrauf.

Das Galaxy S24 und das S24+ gleichen sich optisch wie ein Ei dem anderen – und unterscheiden sich deutlich vom Ultra (siehe c't 5/2024, S. 104). Die Gehäuseecken haben einen größeren Radius, das macht die Smartphones angenehmer zu halten. Ihre Rahmen sind kantiger als die des teuren Bruders, zudem hat Samsung hier Aluminium und kein Titan verbaut. An der Vorderseite gibt es einen weiteren Materialunterschied: Das S24 Ultra schützt sein Display mit dem neuen Cor-

ning Gorilla Glass Armor, das kratzfester als das Gorilla Glass Victus ist, das bei S24 und S24+ über den Pixeln liegt. Auf dem Rücken tragen sie drei Kameras statt der vier, das zweite Teleobjektiv hat Samsung einzig dem Ultra verpasst.

### Alu statt Titan

Der Verzicht auf Titan tut der schicken Optik keinen Abbruch, die beiden Galaxy-Smartphones sehen edel aus und sind perfekt verarbeitet. Das matte Glas auf dem Rücken hält Fingerabdrücke und Fettschmierer zwar nicht komplett fern, ist aber deutlich resistenter dagegen als die glatten Oberflächen vieler anderer Telefone.

Vor allem das kompakte S24 ist ein wahrer Handschmeichler und flutscht problemlos auch in kleinere Hosentaschen. Es ist zudem deutlich leichter als seine großen Brüder. Auch das S24+ ist mit knapp unter 200 Gramm kein schwerer Klotz, im Vergleich mit manch anderem Smartphone ähnlicher Größe fühlt es sich eher leicht als schwer an.

Der 6,7 Zoll große Bildschirm des Galaxy S24+ ist nur um 0,1 Zoll kleiner als der des Ultra, die maximale Auflösung ist die gleiche, voreingestellt ist das S24+ aller-

dings auf die mittlere Option, leicht gestrecktes Full HD. Das S24 lässt sich nur in dieser Auflösung betreiben, bei 6,2-Zoll-Display wäre QHD aber auch übertrieben. Die OLED-Panels mit LTPO-Technik regeln die Bildwiederholrate flexibel zwischen 1 und 120 Hertz – und strahlen in heller Umgebung enorm kräftig. Das S24 übertrumpfte unter dem Messgerät das S24+ und das Ultra sogar noch um einige Zähler, praxisrelevant ist das aber nicht. Die farbstarken OLED-Displays sind auch in strahlender Sonne oder im direkten Scheinwerferlicht bequem ablesbar.

### Acht Kerne schneller als zehn

Der Exynos 2400 im S24 und S24+ ist ein Prozessor mit zehn Rechenkernen, der Snapdragon 8 Gen 3 For Galaxy im S24 Ultra besitzt nur derer acht. Die Hauptarbeit verrichtet bei beiden ein starker Cortex-X4-Kern. Der Qualcomm-Chip ist unter Laborbedingungen trotz weniger Kerne schneller, in allen Benchmarks liegt er zwischen 8 und 20 Prozent vor dem Exynos. Das macht die beiden Exynos-Modelle aber nicht zu lahmen Schnecken, in der alltäglichen Benutzung ist das Leistungsplus nämlich kaum zu spüren. Alle drei Galaxy-Smartphones laufen absolut flüssig. Bei rechenintensiven KI-Aufgaben, die lokal ablaufen, ist das Ultra minimal schneller, das fällt aber nur dann auf, wenn man beide nebeneinander legt.

Dass das S24+ in den Benchmarks einige Zähler mehr erreicht als das S24, dürfte am Arbeitsspeicher liegen. Ins kleine Smartphone hat Samsung 8 GByte RAM eingebaut, während im großen 12 GByte stecken. Auch das ist zwar im Alltag nur selten zu bemerken, schickt sich für ein teures Top-Smartphone aber trotzdem nicht. Der Speicherbedarf von Android und vielen Apps geht tendenziell nach oben statt nach unten, und wenn man sein Smartphone über einige Jahre benutzen möchte, darf es ruhig ein bisschen mehr Speicher sein, vor allem in dieser Preisklasse: Es gibt bereits 300-Euro-Smartphones mit 12 GByte RAM.

Mit der S24-Reihe startet Samsung seinen KI-Werkzeugkasten namens Galaxy AI. Darin enthalten sind eine ganze Menge Softwarehelferlein für unterschiedliche Aufgaben, die teils lokal auf dem Smartphone laufen („on-device“) und teils eine – möglichst flotte – Internetverbindung benötigen. Ganz ohne Cloud arbeitet beispielsweise die Live-Übersetzung von Telefonaten, die derzeit in 13



### Samsung Galaxy S24

Kleiner und handlicher geht es nicht, zumindest nicht in Samsungs Oberklasse. Das Galaxy S24 hat keinen S Pen und kein Riesendisplay, seine wichtigsten Qualitäten sind das geringe Gewicht und die kompakten Maße. Das geht jedoch nicht zulasten des Nutzwerts, denn das kleine S24 kann fast alles, was seine großen Brüder können. Dazu gehören jede Menge KI-Features, ein enorm hell strahlendes Display, eine sehr gute Kamera und ein schneller Prozessor. Dem hätte Samsung allerdings durchaus mehr Arbeitsspeicher mitgeben können, 8 GByte RAM entspricht heute nicht mehr dem Standard in der Android-Luxusliga.

Die etwas geringere Akkulaufzeit des kleinen Galaxy ist ein Tribut an die schlanke Linie, für einen ganzen Tag hatte das S24 im Test aber stets genug Puste. Seine Kamera schießt ebenso schöne Fotos und Videos, auch wenn ihr die lange Brennweite eines zweiten Teleobjektivs fehlt. Dafür kostet das Galaxy S24 aber auch einige hundert Euro weniger als S24+ und erst recht das Ultra – und sieben Jahre Updates bekommen sie alle drei.

⬆️ **geringes Gewicht**

⬆️ **handliche Größe**

⬇️ **knapper Speicher**

**Preis:** 899 Euro bis 959 Euro



### Samsung Galaxy S24+

Viel größer als das S24 und minimal kleiner als das Ultra, damit bildet das Galaxy S24+ die goldene Mitte des Samsung-Trios. In Sachen Ausstattung liegt es näher am Ultra, etwa hinsichtlich Arbeitsspeicher, Displayauflösung, Akkuleistung und Ladegeschwindigkeit. Der S Pen bleibt zwar ebenso dem Ultra vorbehalten wie der 200-Megapixel-Sensor der Hauptkamera und das zweite Tele. Ob diese Details einen Aufpreis von 300 Euro wert sind, steht auf einem anderen Blatt.

Wie beim S24 steckt auch im Plus ein Samsung-Chip statt des Snapdragon von Qualcomm, deren Unterschiede sind jedoch eher theoretischer Natur. Das Galaxy S24+ läuft rasant und ausdauernd, hat eine sehr gute Kamera und eines der besten Displays auf dem Markt. Mit 12 GByte RAM und mindestens 256 GByte internem Speicher dürfte es auch in einigen Jahren noch voll auf der Höhe sein. Ob man die sieben Jahre schafft, in denen Samsung Updates liefert, hängt schon eher davon ab, ob man das Smartphone pfleglich behandelt und ärgerliche Unfälle vermeiden kann.

⬆️ **lange Akkulaufzeit**

⬆️ **hochauflösendes Display**

⬆️ **viel Speicher**

**Preis:** 1149 Euro bis 1269 Euro

Sprachen funktioniert. Eine Ansage zu Gesprächsbeginn informiert darüber, dass ein maschinerer Übersetzer bei der Verständigung hilft. Es ist hilfreich, die Option zu aktivieren, dass die menschliche Stimme nicht ans jeweils andere Ende der Leitung übertragen wird, sondern man ausschließlich den KI-Übersetzer hört, denn sonst überlappen sich gesprochenes

Wort und übersetzte Ansage schnell. Das verwirrt. Auch wenn die Übersetzung nicht immer Wort für Wort passt, kam im Test der Gesprächsinhalt meist rüber.

Zu den weiteren KI-Tools zählen Dinge, die man so oder ähnlich beispielsweise von Googles Pixel-Handys kennt. Mit „Circle to Search“ kringelt man etwas auf dem Bildschirm ein und sucht direkt bei

Google nach Ergebnissen. Die Rekorder-App zeichnet Audio auf und erstellt daraus ein schriftliche Transkript, das man sich von der KI auf das nach deren Meinung Wichtigste zusammenfassen lassen kann. Samsungs Browser kann von Webseiten ebenfalls inhaltliche Zusammenfassungen anfertigen. In der Notizen-App gesammelte Stichpunkte werden optisch ansprechend gegliedert. Hinzu kommen Werkzeuge für Fotos und Videos, etwa zum Auffüllen von Bildbereichen mittels generativer KI, Entfernen oder Verschieben von Objekten im Bild oder Strecken von Videos mit errechneten Zwischenbildern.

Egal ob lokal oder in der Cloud, Galaxy S24 und S24+ beherrschen alle Galaxy-AI-Funktionen, die auf dem Ultra laufen. Ohne Samsung-Account bleiben die Türen zur Galaxy AI allerdings verschlossen, und es versteckt sich ein potenzieller Haken im Kleingedruckten. Samsung verkündet dort

nämlich, dass Galaxy AI zunächst nur bis Ende 2025 kostenlos nutzbar sei, möglicherweise lässt man sich die KI danach extra bezahlen.

### Updates bis Android 21

Samsung liefert die S24-Smartphones mit Android 14 und der eigenen Oberfläche OneUI 6.1 aus. Die Optik von OneUI lässt sich sehr umfangreich an die eigenen Vorlieben anpassen, und auch bei den Apps hat man die Wahl: Samsung hat für die meisten Standard-Anwendungen eigene Alternativen parat, da gibt es fast alles von App-Store über Browser, Mail-App oder Notizen bis zum Bezahldienst oder den Kontakten. Die Google-Apps sind für die Hersteller Pflicht, Samsung lässt bei den eigenen meist die Deinstallation zu. Einige von Samsungs KI-Funktionen laufen jedoch nur mit denen eigenen Apps, etwa in den Notizen oder im Browser.

Samsung verspricht, die S24-Smartphones sieben Jahre lang auf dem aktuellen Stand in Sachen Software zu halten. Einen Unterschied zwischen Sicherheitsupdates und neuen Android-Versionen macht der Hersteller nicht. Mit dieser Zusage liegt Samsung auf einem Niveau mit Google und wird nur noch vom niederländischen Unternehmen Fairphone übertroffen, dass seine Smartphones sogar acht Jahre lang mit Updates versorgen möchte.

Neben dem Verzicht auf das zweite Teleobjektiv hinken die beiden Smartphones dem Ultra bei der maximalen Auflösung der Hauptkamera hinterher. Sie fängt nur 50 statt 200 Megapixel ein. Damit lässt es sich im Alltag allerdings prächtig leben, denn auch Galaxy S24 und S24+ machen in nahezu allen Lagen schöne, lebhaft wirkende Fotos mit hohem Detailreichtum. Die Farbgebung ist nicht mehr so übertrieben knallig wie bei Samsung lange üblich, aber auch weit entfernt von blass. Nachtfotos hellen die Samsung-Smartphones stark auf, was gut ist, wenn man Dinge sichtbar machen möchte. Die naturgetreue Lichtstimmung fangen andere aber besser ein, vor allem die aktuellen Pixel-Modelle. Wer gerne Raw-Aufnahmen knipst, braucht die knapp 200 MByte große App „Expert RAW“ aus Samsungs App-Store. Sie funktioniert mit allen drei Objektiven, hält unter anderem einen Graufilter bereit und ermöglicht Astrofotos mit bis zu vier Minuten Belichtungszeit.

An die Akkulaufzeiten des S24 Ultra kommen die beiden günstigeren Modelle nicht ganz heran. Das S24+ lief im Labor und im Alltag ein wenig länger, aber auch mit dem S24 hatten wir keine Probleme, ohne Nachladen den Tag zu überstehen. Kurios: Auf die volle QHD-Auflösung eingestellt, lief das S24+ teils sogar länger als mit Full HD, in einem Test auf die Minute gleich lang, in zwei anderen kürzer. Wer auf schnelles Laden angewiesen ist, fährt mit dem S24+ besser.

### Fazit

Wer auf den S Pen und das zweite Tele verzichtet, ist mit den S24-Modellen gut bedient. Soll es ein eher kleines, handliches Smartphone sein, greift man zum kompakten S24, dem günstigsten Modell der Reihe. Das S24+ bildet nicht nur beim Preis die goldene Mitte, seine Ausstattung liegt auch sehr nah an dem, was das Ultra bietet.

(sht@ct.de) 

## Android-Smartphones

Modell	Samsung Galaxy S24	Samsung Galaxy S24+
Hersteller, URL	Samsung, <a href="https://samsung.com">samsung.com</a>	Samsung, <a href="https://samsung.com">samsung.com</a>
Betriebssystem / Patchlevel	Android 14 / Januar 2024	Android 14 / Januar 2024
Funktionsupdates / Sicherheitspatches laut Hersteller bis mindestens	Android 21 / Februar 2031	Android 21 / Februar 2031
Ausstattung		
Prozessor / Kerne × Takt / Grafik	Samsung Exynos 2400 / 1 × 3,2 GHz, 2 × 2,9 GHz, 3 × 2,6 GHz, 4 × 2 GHz / Xclipse 940	Samsung Exynos 2400 / 1 × 3,2 GHz, 2 × 2,9 GHz, 3 × 2,6 GHz, 4 × 2 GHz / Xclipse 940
Arbeitspeicher / Flash-Speicher (frei) / Wechselspeicher (Format)	8 GByte / 128 GByte (101 GByte) / –	12 GByte / 256 GByte (229 GByte) / –
5G / LTE / SIMs / SAR-Wert	✓ / ✓ / 2 × Nano-SIM + 2 × eSIM / 0,869 W/kg	✓ / ✓ / 2 × Nano-SIM + 2 × eSIM / 0,744 W/kg
WLAN (Antennen) / Bluetooth / NFC / Kompass / Standort	Wi-Fi 7 (2) / 5.3 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 7 (2) / 5.3 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo
USB-Anschluss / Kopfhöreranschluss / Fingerabdrucksensor	USB-C 3.2, OTG, DP / – / ✓ (Display)	USB-C 3.2, OTG, DP / – / ✓ (Display)
Akku / wechselbar / drahtlos ladbar	4000 mAh / – / ✓	4900 mAh / – / ✓
Abmessungen (H × B × T) / Gewicht / Schutzaart	14,7 × 7,06 × 0,76 ... 0,9 cm / 168 g / ✓ (IP68)	16,2 cm × 7,9 cm × 0,9 - 1,1 cm / 232 g / ✓ (IP68)
Display		
Diagonale / Technik / Auflösung / Punktdichte	6,2 Zoll / OLED / 2340 × 1080 Pixel / 418 dpi	6,7 Zoll / OLED / 3120 × 1440 Pixel / 516 dpi
Helligkeitsregelbereich / Ausleuchtung / max. Bildrate	0,93 ... 1743 cd/m² / 98 % / 120 Hz	0,97 ... 1632 cd/m² / 97 % / 120 Hz
Kameras		
Hauptkamera Auflösung / Blende / OIS	50 MP / f/1,8 / ✓	50 MP / f/1,8 / ✓
Telekamera Auflösung / Blende / OIS / Zoom	10 MP / f/2,4 / ✓ / 3-fach	10 MP / f/2,4 / ✓ / 3-fach
Ultraweitwinkel Auflösung / Blende / OIS	12 MP / f/2,2 / –	12 MP / f/2,2 / –
Frontkamera Auflösung / Blende / OIS	12 MP / f/2,2 / –	12 MP / f/2,2 / –
Benchmarks, Lauf- und Ladezeiten		
Ladezeit 50 % / 100 %	0,4 h / 1,3 h	0,3 h / 1,1 h
Laufzeiten <sup>1</sup> lokales Video 720p / 4K-Video 120 fps / 3D-Spiel / Stream	20,5 h / 12,2 h / 13,4 h / 23,4 h	22,7 h / 12,4 h / 13,9 h / 23,8 h
Geekbench V5 Single, Multi / V6 Single, Multi	1579, 5780 / 2039, 6513	1603, 5927 / 2092, 6668
3DMark Wild Life / Wild Life Extreme	13656 / 4211	13752 / 4226
GFXBench Car Chase / Manhattan 3.0 / Manhattan 3.1(je On-, Offscreen)	116 fps, 140 fps / 119 fps, 275 fps / 119 fps, 222 fps	70 fps, 140 fps / 119 fps, 275 fps / 111 fps, 214 fps
Preis	899 € bis 949 €	1149 € bis 1269 €

<sup>1</sup> gemessen bei 200 cd/m² und voller Auflösung ✓ vorhanden – nicht vorhanden



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

Jetzt 5 × c't lesen

für 19,50 €  
statt 25,75 €\*

\* im Vergleich zum Standard-Abo

30%  
Rabatt!



## c't MINIABO DIGITAL AUF EINEN BLICK:

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

Jetzt bestellen:  
[ct.de/nerdwissen](http://ct.de/nerdwissen)





# Rüstzeiten minimiert

## USB-C-Docks mit Hub, Netzwerk, HDMI sowie M.2- und SD-Slots

**Wer sein Notebook nicht nur im Büro benutzt, sondern auch im Homeoffice, muss viele Stecker stecken: Monitor, Maus, Tastatur, Netzteil, vielleicht noch LAN und Backup-SSD. Wir haben vier USB-C-Dockingstationen im Test, die alles mit einem Kabel erledigen.**

Von Lutz Labs

Notebooks sind toll für unterwegs. Am heimischen Arbeitsplatz und im Büro klappt die Arbeit jedoch besser, wenn man vor einem großen Monitor sitzt und eine externe Maus und Tastatur nutzt. Das freut auch den Betriebsarzt, der die Ergonomie überwacht, denn die ausschließliche Arbeit am Notebook kann auf die Dauer zu Haltungsschäden führen.

Zum Glück lassen sich moderne Notebooks mit USB-C-Buchsen über ein einziges Kabel mit einem USB-Dock verbinden, welches alle benötigten Geräte in einem Rutsch anbindet: Maus und Tastatur zur Eingabe, große Monitore zur Ausgabe, Ethernet-Strippe für die stabile Netzverbindung und integrierte SSD zur Datensicherung. Einige Docks bieten

zudem Anschlüsse für ein Headset und Kartenleser für SD- und MicroSD-Karten, auch der Anschluss von weiteren Monitoren ist möglich.

Für diesen Test haben wir nur Docks mit internem M.2-Slot ausgewählt, egal, ob diese SATA oder PCIe sprechen. Zudem sollten die Monitorausgänge mindestens einen 4K-Monitor mit 60 Hertz ansteuern können – bei 30 Hertz ruckelt es spätestens beim Verschieben von Fenstern.

Bei der Recherche bildeten sich zwei Klassen heraus: Für rund 50 Euro bekommt man welche für einen einzigen Monitor, die mehr als 100 Euro teuren Docks erlauben den Anschluss von drei Monitoren. Für den Test haben wir dann die günstigen Modelle Orico Docking Sta-

tion with M.2 SSD Enclosure und Yottamaster USB C Dock mit NVMe Gehäuse sowie die teureren Digitus 11-Port USB-C Docking Station with SSD Enclosure und Verbatim USB-C Pro Dockingstation als Vertreter ihrer Klassen ausgewählt. Im Folgenden nutzen wir einfach die Herstellernamen zur Unterscheidung. Für die Suche bei Onlinepreisvergleichern nutzen Sie am besten die Modellbezeichnungen aus der Tabelle am Ende des Artikels.

An den USB-C-Ports der meisten Desktop-PCs funktionieren unsere Testmuster zwar als USB-Hub, auch die Audio-Ports und Netzwerkschnittstellen sollten funktionieren. Für die Bildausgabe ist jedoch ein USB-C-Port mit Displaysignalen Voraussetzung (DP Alternate Mode), wie er in den allermeisten Notebooks und an vielen Mini-PCs vorhanden ist. Für die Tests haben wir zwei Notebooks benutzt: das Dell Latitude 7640 mit Intel Core i5 und das Acer Swift Go 14 mit AMD Ryzen 5 7640U.

Ernüchternd: Mehr als ein einziges Display mit 4K-Auflösung und ergonomischen 60 Hertz Bildfrequenz funktioniert an keinem der Docks. Sind zwei oder drei Monitore angeschlossen, sinken Auflösung und Bildfrequenz. Denn die USB-C-Verbindung hat eine begrenzte Bandbreite und reicht nur die Signale der internen Notebook-GPU durch. Immerhin drosselte keines der Docks die Geschwindigkeit der SSD bei gleichzeitigem Anschluss eines Monitors.

Die maximale USB-Geschwindigkeit der Docks liegt bei 10 Gbit/s, die offizielle Bezeichnung dafür lautet USB 3.2 Gen 2.

– manchmal findet man noch den veralteten Namen USB 3.1. Mit schnelleren Schnittstellen, ob Thunderbolt 3 oder 4 oder USB 3.2 Gen 2x2 oder USB4 sollten die Adapter zwar ebenfalls funktionieren, doch nur mit 10 Gbit/s. Für höhere Transferraten gibt es (teurere) Thunderbolt-Docks [1], welche mit USB4 haben wir noch nicht entdeckt.

### Interner Aufbau

Der interne Aufbau eines solchen USB-Docks mit Displayausgängen folgt einem typischen Schema, wenn man von USB Power Delivery und USB-2.0-Leitungen absieht: Die schnellen USB-Leitungen landen in einem Multiplexer, der USB- und DisplayPort-Signale aufteilt; für die Umsetzung zum HDMI-Standard ist ein Konverter integriert. Die Weiterverarbeitung der USB-Signale ist komplexer, zunächst kommt ein interner USB-Hub und je nach Anzahl der benötigten USB-Ports können an dessen Ausgängen noch weitere USB-Hubs hängen.

Das Verbatim-Dock markiert mit fünf USB-3.x-Ausgängen den Spitzenreiter in diesem Test, dazu gesellen sich noch per USB angeschlossener Ethernet-Port, Audio-Interface, zwei unabhängig voneinander nutzbare Kartenleser und die M.2-SSD. Das macht zehn USB-Ports.

### Arbeitsanfang und Arbeitsende

Im Alltag wird man wahrscheinlich sein Notebook aufklappen, es einschalten und dann zur USB-Strippe des Docks greifen, das bereits mit Maus, Tastatur, Netzwerk und USB-Netzteil verbunden sowie mit



Nicht notwendig, aber nett: Im Karton des Orico-Docks liegt ein SSD-Kühler.

der SSD bestückt ist. Rund zehn Sekunden vergehen, bis alle Komponenten erkannt wurden und man mit ihnen arbeiten kann. Beim Verbatim-Dock darf man nicht vergessen, den Einschaltknopf zu drücken.

Viele Anwender klappen ihr Notebook zum Feierabend einfach zu oder stecken es für den Arbeitsweg am nächsten Morgen gleich in die Tasche. Der USB-Verbindung ist es dabei ziemlich egal, ob sie vor oder nach dem Zuklappen oder Herunterfahren getrennt wird.

Auch der Sicherungs-SSD in den Docks schadet es nicht, wenn sie von dem Abziehen nicht ausgeworfen wird: Dieser Vorgang war mit früheren Windows-Versionen noch notwendig, weil das Betriebssystem für externe Laufwerke einen Schreibcache eingeschaltet hatte. Seit der

## USB-Docks mit M.2-Slot

Modell	11-Port USB-C Docking Station with SSD Enclosure	Docking Station with M.2 SSD Enclosure	USB-C Pro Dockingstation	USB C Dock mit NVMe Gehäuse
Hersteller, URL	Digitus, <a href="#">digitus.info</a>	Orico, <a href="#">oricotechs.com</a>	Verbatim, <a href="#">verbatim-europe.com</a>	Yottamaster, <a href="#">yottamaster.com</a>
Bezeichnung	DA-70889	DPM2P9	CDS-15S	S06-C3
Eingang/Kabellänge	USB-C, 100 cm	USB-C, 50 cm	USB-C, 100 cm	USB-C, 100 cm
Netzteil (Ausgangsleistung)	✓ (36 W)	–	–	–
SSD-Slot	M.2-SATA	M.2-PCIe/M.2-SATA	M.2-PCIe/M.2-SATA	M.2-PCIe
Maße, Gewicht <sup>1</sup>	120 × 70 × 68 mm, 339 g	135 × 65 × 30 mm, 150 g	168 × 69 × 35 mm, 298 g	139 × 73 × 18 mm, 188 g
Anschlüsse				
USB	4 × USB-A (5 Gbit/s), 1 × USB-C (10 Gbit/s), 1 × USB-PD	2 × USB-A (5 Gbit/s), 1 × USB-A (10 Gbit/s), 1 × USB-C (10 Gbit/s), 1 × USB-PD	1 × USB-A (12 Mbit/s), 2 × USB-A (5 Gbit/s), 2 × USB-A (10 Gbit/s), 1 × USB-C (10 Gbit/s), 1 × USB-PD	3 × USB-A (10 Gbit/s), 1 × USB-C (10 Gbit/s / USB-PD)
Monitor	2 × HDMI, 1 × DisplayPort	1 × HDMI	2 × HDMI, 1 × DisplayPort	1 × HDMI
Netzwerk/Headset	1 GbE/✓	1 GbE/–	1 GbE/✓	1 GbE/✓
Speicherkarten	–	SD, MicroSD	SD, MicroSD	SD, MicroSD <sup>2</sup>
Straßenpreis	126 €	46 €	115 €	50 €

<sup>1</sup> Gewicht ohne SSD/Kühlkörper

<sup>2</sup> nicht gemeinsam nutzbar



### Digitus DA-70889

Das Digitus DA-70889 ist das einzige Dock im Test, welches ein eigenes Netzteil benötigt. Mit seinen 36 Watt Ausgangsleistung wirkt das wie ein Überbleibsel aus der Zeit, als man noch dicke 3,5-Zoll-Festplatten per USB am Rechner betrieb. Der M.2-Slot versteht sich nur auf die langsameren und damit auch sparsameren SATA-SSDs; Slots für SD-Speicherkarten sind nicht vorhanden. Die USB-Ausgänge sind zahlreich, liefern aber nur 5 Gbit/s.

Beim Anschluss eines zweiten 4K-Monitors wechselte die Auflösung bei beiden auf 2560 × 1440 Pixel, ein dritter erreichte dann noch 1600 × 900 Pixel, immerhin alle mit 60 Hertz.

- ⬆️ drei Monitorausgänge
- ⬇️ teuer, USB-Ports nur 5 Gbit/s
- ⬇️ Netzteil notwendig

Preis: circa 126 Euro



### Orico DPM2P9

Das Orico DPM2P9 ist das günstigste Dock im Test. Dennoch liegt im Karton ein SSD-Kühler, der mit seiner Höhe von knapp 10 Millimetern auch in eine PlayStation 5 passen würde. Bei den hier erreichbaren Geschwindigkeiten braucht man eigentlich keinen SSD-Kühler. Der Deckel des Gehäuses hält durch vier Magnete, die SSD durch einen Plastiknippel.

Der M.2-Slot fasst SATA- und PCIe-SSDs, SD- und MicroSD-Slot sind unabhängig voneinander nutzbar. Größtes Manko des Gerätes ist die Leerlaufleistungsaufnahme von mehr als 5 Watt (gemessen bei voller Bestückung); da rentiert sich schnell eine schaltbare Steckdosenleiste.

- ⬆️ günstig
- ⬆️ SSD-Kühler im Lieferumfang
- ⬇️ hohe Leerlaufleistungsaufnahme

Preis: circa 46 Euro



### Verbatim CDS-15S

Zum Öffnen des Gehäuses von Verbatims CDS-15S braucht man kräftige Fingernägel, die SSD hält ein Plastiknippel fest. Bei den ersten Tests funktionierten sowohl Audio-Ausgang als auch die USB-2.0-Buchsen nicht. Man muss das Dock immer einschalten, lerten wir schnell, damit alle Komponenten korrekt initialisiert werden.

Der Kensington-Lock schützt zwar das Dock vor einem Diebstahl, nicht aber die integrierte SSD; die Daten darauf sind sicherlich wertvoller als das Dock selbst. Beim Anschluss von drei Monitoren erreichten wir die gleichen Auflösungen wie beim Digitus-Gerät.

- ⬆️ drei Monitorausgänge
- ⬆️ geringe Leerlaufleistungsaufnahme
- ⬇️ teuer

Preis: circa 115 Euro

Windows-10-Version 1809 ist das nicht mehr notwendig.

### SD- & SSD-Speicher

Ein Kernmerkmal unserer Docks ist der eingebaute Slot für M.2-SSDs. Er kann für PCIe- oder SATA-SSDs ausgelegt sein. Wer eine übrig gebliebene M.2-SSD für ein solches Dock nutzen möchte, muss beim Kauf aufpassen: Nur zwei der vier Modelle verkraften beide Standards. PCIe-SSDs werden oft auch als NVMe-SSDs bezeichnet: Sie verwenden das NVMe-Protokoll über eine PCIe-Verbindung.

Bei den Docks von Orico und Verbatim braucht man kein Werkzeug zur Montage der SSD, bei den beiden anderen Geräten liegt ein kleiner Schraubendreher bei. Der Deckel der Orico-Box haftet magnetisch, den Deckel des Verbatim-Gerätes bekommt man mit den Fingernägeln auf.

Zur Kühlung der SSD liegen teils Wärmeleitpads bei, im Orico-Karton fanden wir sogar einen kleinen SSD-Kühler. Ob eine SSD in diesen Gehäusen gekühlt werden muss, ist eine ganz andere Frage: Die Maximalgeschwindigkeit von SSDs mit PCIe 3.0, der langsamsten PCIe-SSD-Klasse, liegt bei knapp 4 GByte/s, in den Docks erreichen die Speicher aufgrund der USB-Beschränkung nur etwas mehr als 1 GByte/s. Kritische Temperaturen sind damit nur bei sehr alten und besonders stromdurstigen SSDs zu erwarten.

Bei den Geschwindigkeitsmessungen gab es keine Überraschungen: Mit PCIe-SSDs erreichten wir mit den Docks von Orico, Verbatim und Yottamaster beim Lesen und Schreiben rund 1050 MByte/s, Orico und Verbatim binden SATA-SSD mit maximal 570 MByte/s schnell an. Das Digitus-Dock fällt hier etwas ab: Erstens spricht es ausschließlich SATA und zweitens ist diese Schnittstelle nur mit USB 3.0 angebunden. Mehr als 460 MByte/s schafft es nicht.

Drei der Docks haben zusätzlich SD- und MicroSD-Slots, lediglich das Digitus nicht, das teuerste Modell im Test. Wer häufiger mit SD-Karten hantiert, sollte das Yottamaster-Dock meiden: Es ist dabei schnarchlangsam und schafft es nicht, beide Slots gleichzeitig anzusprechen. Entweder SD oder MicroSD, das Kopieren von einer Karte auf eine andere geht nicht.

Zum Test der weiteren USB-Ports haben wir ein USB-SSD-Gehäuse mit einer schnellen Kioxia-SSD benutzt. Da das Digitus-Dock nur Ports nach USB 3.2 Gen 1 anbietet, kam die SSD damit nur auf rund 460 MByte/s, die anderen Docks erreichten mit 1,05 GByte/s erneut ein deutlich besseres Ergebnis. Die USB-2.0-Schnittstellen am Verbatim-Dock wird man meistens für Maus und Tastatur ver-



## Yottamaster SO6-C3

Laut Werbung kann das Yottamaster SO6-C3 einen 4K-Monitor mit 60 Hertz beschicken; im Test schaffte das Gerät diese Auflösung jedoch nur mit 30 Hertz. Wir haben zusätzlich und erfolglos zu den beiden erwähnten Notebooks noch einen Intel NUC benutzt, an dem andere USB-HDMI-Konverter problemlos funktionieren.

Ein weiteres Manko: Die beiden SD-Slots arbeiten nicht unabhängig, das Yottamaster zeigt nur die zuerst eingeckte Karte an. Weniger schlimm ist, dass der M.2-Slot keine SATA-SSDs kennt und die Beschriftung Rätsel aufgibt: Nach den ersten Versuchen ist klar, welche USB-C-Buchse zum Notebook führen soll.

- ⬆️ günstig
  - ⬇️ langsame SD-Slots
  - ⬇️ nur 30 Hz bei 4K
- Preis: circa 50 Euro

wenden; wer dort dennoch eine SSD anschließt, wird mit Geschwindigkeiten unter 30 MByte/s bestraft.

Auf den Anschluss zusätzlicher USB-Hubs und noch weiterer Geräte haben wir verzichtet. Mindestens ein USB-A-Port war in unseren Tests bei allen Docks noch frei; zudem sollte man das Kaskadieren von weiteren USB-Hubs tunlichst vermeiden [2, 3]. Das Yottamaster-Dock lässt

zudem den Anschluss einer SSD am USB-PB-Ladeanschluss zu, bei allen anderen Docks dient diese Buchse ausschließlich für das Ladegerät.

Noch ein Hinweis: Alle an den Docks angeschlossenen Geräte teilen sich die eine USB-Verbindung zum Notebook. Die Sicherung größerer Dateien auf die SSD kann also länger dauern, wenn man nebenbei noch Daten von einer SD-Karte liest und diese gleich zum heimischen NAS hochlädt.

Zum Netzwerkanschluss nur ein Satz: Alle Docks unterstützen die Ethernet-Geschwindigkeit von 1 Gbit/s, netto erwachsen daraus bei allen Geräten rund 112 MByte/s.

### Zusatzfunktionen

Wenn irgendwo eine USB-C-Strippe herumliegt, kommt sicher jemand auf die Idee, damit sein Handy zu laden. Bei den Modellen von Orico und Yottamaster funktioniert das, das Verbatim-Dock muss man erst einschalten. Aber ausgerechnet das Digitus-Dock mit seinem eigenen Netzteil lädt über das PC-Verbindungs kabel im Ruhemodus nicht, lediglich an den anderen USB-Buchsen.

Apropos laden: Alle Docks unterstützen das Aufladen eines Notebooks per USB-PD (Power Delivery). 100 Watt Ladeleistung versprechen die Anbieter. Das Maximum ist davon abhängig, wie leistungsfähig das benutzte Ladegerät ist, meistens wird man das zum Notebook mitgelieferte nutzen. Das Netzteil des Digitus-Docks dient übrigens ausschließlich der Versorgung des Docks, zum Laden eines Notebooks braucht man ein zusätzliches USB-PD-Netzteil.

Zum Test der USB-PD-Funktion haben wir keine Notebooks verwendet, da deren Leistungsaufnahme auch vom Akkustand abhängt. Stattdessen haben wir die Docks an einen USB-PD-Tester von Passmark angeschlossen, der nicht nur die von den Docks angebotenen USB-PD-

Modi anzeigt, sondern die Leistung auch tatsächlich abfordert und buchstäblich verheizt, weshalb er einen fetten Kühlkörper und zwei Lüfter hat. Als Quelle haben wir ein 100-Watt-Netzteil eines Notebooks benutzt. Die von den Docks angebotene Leistung lag dabei zwischen 74 und 89 Watt, das sollte für die meisten Notebooks reichen.

Bei der Recherche fiel uns der Hinweis eines anderen Herstellers auf: Beim Betrieb mit einer SSD sollte das Dock mit einer eigenen Spannungsquelle verbunden sein. Diesen Tipp haben wir bei den Docks im Test nicht gefunden. Beim stationären Betrieb am Notebook wird man aber wohl eher das USB-PD-Netzteil des Notebooks nutzen. Grundsätzlich stellt der USB-C-Port über Standardkabel Leistungen bis 15 Watt bereit, das sollte für die Docks auch mit SSD-Bestückung ausreichen.

### Fazit

Wer sparen will, muss mit Einschränkungen leben: Die beiden günstigen Docks im Test, das Orico und das Yottamaster, zeigen verschiedene Mängel: Das Orico-Dock hat eine hohe Leerlaufleistungsaufnahme, das Yottamaster-Dock ist bei SD-Karten sehr langsam und bringt am 4K-Monitor nur 30 Hertz.

Wer eine schnelle SSD einbauen möchte, sollte zum Verbatim-Dock greifen: Das Digitus-Dock unterstützt keine PCIe-SSDs; auch hat es keine SD-Slots und seine USB-Buchsen sind lahm. Am Verbatim-Dock nervt allenfalls, dass es nach dem Verbinden erst eingeschaltet werden möchte, bevor alle Ports zur Verfügung stehen.

(ll@ct.de) ct

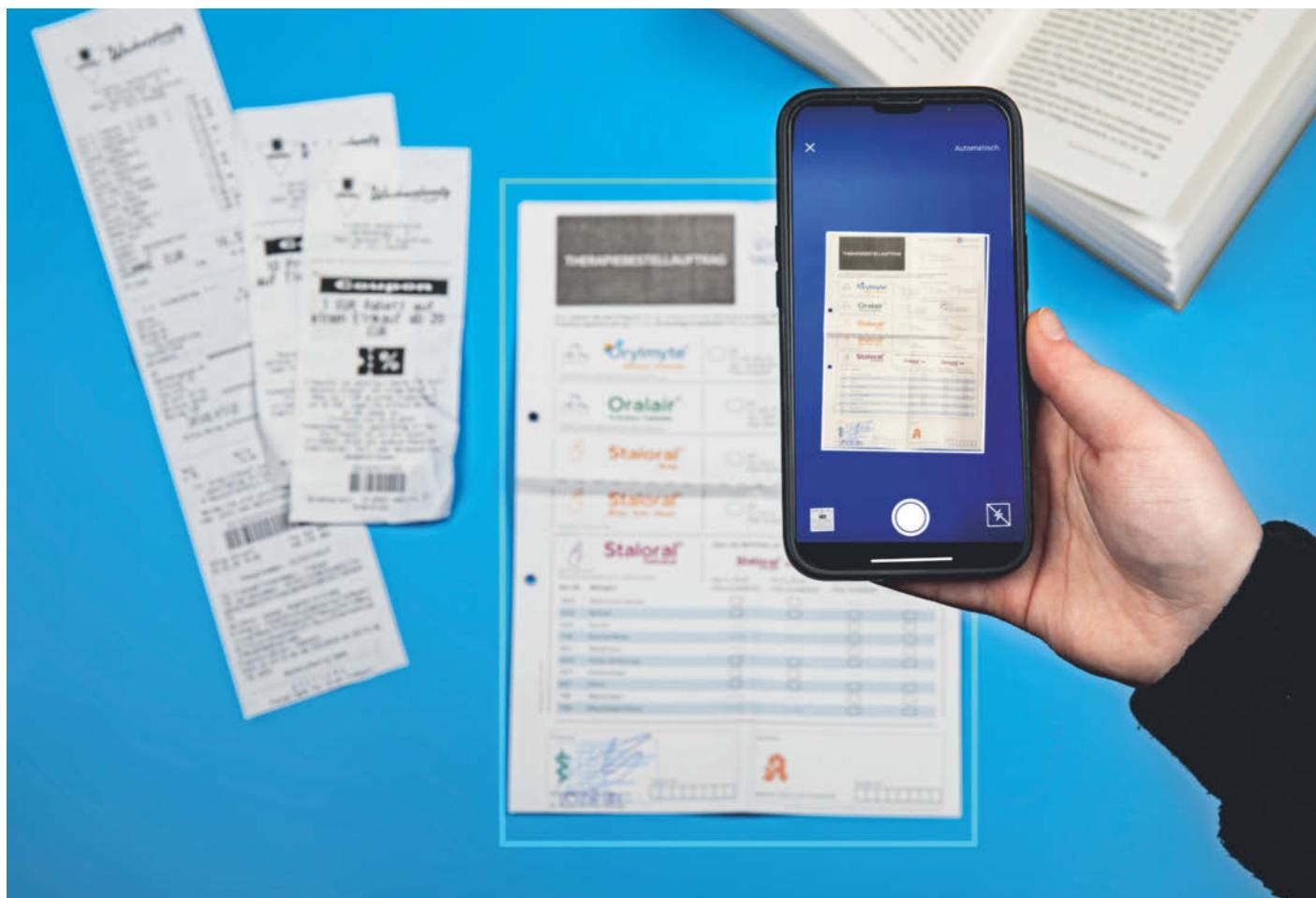
### Literatur

- [1] Lutz Labs, Schnell dran, schnell drin, Sieben Docks mit Thunderbolt 4 im Test, c't 13/2023, S. 60
- [2] Benjamin Benz, Problem-Vervielfacher, Test und Praxis: USB-3.0-Hubs, c't 4/2015, S. 96
- [3] Lutz Labs, Schnelle Problem-Vervielfacher, Hubs für USB 3.1 Gen 2: doppelt so schnell, aber mit Problemen, c't 26/2018, S. 50

## USB-Docks mit M.2-Slot – Benchmarks

Modell	interne SATA-SSD schreiben/lesen <sup>1</sup> [MByte/s]	interne PCIe-SSD schreiben/lesen <sup>2</sup> [MByte/s]	externe SSD schreiben/lesen <sup>3</sup> [MByte/s]	MicroSD-Karte lesen/schreiben <sup>4</sup> [MByte/s]	SD-Karte lesen/schreiben <sup>5</sup> [MByte/s]	Leerlaufaufnahmeleistung an USB-C-Ladegerät [W]	USB-PD-Ladeleistung <sup>7</sup> [W]
	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	◀ besser	besser ►
Digitus DA-70889	462/463		463/465			1,9	85,9
Orico DPM2P9	533/572	1048/1053	1043/1051	56/90	87/89	5,1	89
Verbatim CDS-15S	526/570	1048/1055	1048/1054	52/82	88/96	1,7 <sup>6</sup>	74
Yottamaster SO6-C3		1060/1060	1047/1049	27/22	27/22	1,1	76,8

alle Geschwindigkeiten gemessen mit Iometer, Blockgröße 512 KByte  
<sup>1</sup> Samsung 860 Evo   <sup>2</sup> Samsung 970 Evo   <sup>3</sup> Kioxia XG8   <sup>4</sup> Kioxia Exceria G2   <sup>5</sup> SanDisk Extreme   <sup>6</sup> ausgeschaltet 0,1 Watt   <sup>7</sup> gemessen mit Passmark-USB-Tester



# Hosentaschenscanner

## Dokumentenscanner-Apps für iOS und Android im Test

**Mal eben einen Kassenbon oder Brief in ein durchsuchbares PDF verwandeln. Dazu braucht es weder Scanner noch Computer. Ein Smartphone oder Tablet mit geeigneter App reicht aus. Fünf davon haben wir auf den Prüfstand gestellt.**

Von Stefan Wischner

**P**apierkram digitalisieren und als durchsuchbares PDF speichern, archivieren oder versenden: Eine klassische Aufgabe für einen Einzugs- oder Flachbettscanner, oder? Sicher, aber in vielen Fällen geht es mit dem Smartphone und einer Scanner-App einfacher und schneller.

Um ein Dokument zu fotografieren und im PDF-Format zu speichern, bräuchte man keine separate App. Sowohl aktuelle iOS- als auch Android-Versionen enthalten bereits eine Dokumentenscanfunktion. Bei iOS öffnet man dafür die App „Dateien“ und wählt aus dem Dreipunktménü die Funktion „Dokumente scannen“ oder den gleichnamigen Menüpunkt in der Notizen-App. Android-Nutzer finden eine

vergleichbare Funktion in der Drive-App hinter der Schaltfläche mit dem Fotoapparat. Jedoch entstehen dabei immer nur Bitmap-PDFs, also reine Fotos ohne Textinhalt.

Spezialisierte Scanner-Apps bieten viele sinnvolle Zusatzfunktionen, etwa eine integrierte Texterkennung, die durchsuchbare PDFs erzeugt, automatische Perspektiv- und Farbbkorrekturen und eine Dateiverwaltung mit Ordnern und Suchfunktion.

Aus den zahllosen Scanner-Apps in den iOS- und Android-App-Stores haben wir uns fünf populäre Kandidaten herausgesucht: Adobe Scan, CamScanner, Microsoft Lens und Genius Scan gibt es sowohl

für iOS als auch für Android; Scanner Pro ist Apple-Geräten vorbehalten.

Funktionsprinzip und Bedienkonzept sind bei allen Apps ähnlich: Nach dem Start landet man entweder direkt im Kameramodus oder in einer Übersicht bereits vorhandener Scans, von der man die Kamera startet. Mit einem eingeblendeten Rahmen als Positionierungshilfe (Ausnahme: Adobe Scan) und optional zugeschaltetem Blitz oder Dauerlicht fotografiert man die Vorlage, korrigiert bei Bedarf Beleuchtung, Farben und Ausschnitt und fügt weitere Seiten hinzu. Die Texterkennung läuft über die aufgenommenen Bilder und die App erzeugt ein durchsuchbares PDF, das auch die Texte enthält – idealerweise mit wenig Fehlern.

## Testparcours

Neben Standarddokumenten wie einem Brief und einer Rechnung mit angeheftetem Bezahlbon haben wir den Apps einen langen und zerknitterten Kassenzettel mit blassem Thermodruck vorgesetzt. Außerdem mussten sie eine Kfz-Zulassungsbescheinigung II („KFZ-Brief“) digitalisieren. Das ist besonders herausfordernd

wegen des schwachen Kontrasts, Wasserzeichenmustern und teils winziger Schrift. Die Treffsicherheit der automatischen Kantenermittlung prüften wir auf einer dunkelbraunen und einer weiß beschichteten Tischplatte sowie auf einem Glasstisch. Wenig überraschend: Je höher der Kontrast zwischen Dokument und Untergrund, desto zuverlässiger funktioniert die Kantenerkennung.

Alle Apps außer Scanner Pro erlauben das manuelle oder automatische Zuschalten des Fotoblitzes, Microsoft Lens und CamScanner schalten optional die Blitzleuchte als Dauerbeleuchtung ein, bei Scanner Pro ist das die einzige Option. In unserem Test haben wir auf den Blitz generell verzichtet, weil damit häufig punktuell überbelichtete Scans entstehen. Für eine einheitliche und tageslichtunabhängige Testumgebung nutzten wir eine einfache Kaltlichtschreibtischlampe mit einer Farbtemperatur von 6000 Kelvin in einem Abstand von etwa 40 Zentimetern über den Vorlagen. Auf ein Handystativ oder eine Scanhalterung aus Karton oder Plexiglas, wie sie im Handel angeboten werden, verzichteten wir und fotografierten die

## c't kompakt

- Eine App macht das Smartphone oder Tablet zum mobilen Dokumentenscanner.
- Dank integrierter Texterkennung entstehen durchsuchbare PDFs.
- Die Apps unterscheiden sich vor allem bei den Zusatzfunktionen und der Nachbereitung.

Vorlagen wie im praktischen Normalfall freihändig.

## Leistungsgrenzen

Um den Einfluss von Kameraqualität und Hardwareleistungsfähigkeit einzuschätzen, testeten wir die Apps auch mit zwei weniger performanten Android-Geräten: Das Ulefone Armor X5 von 2020 mit Android 9 als Vertreter der 100-Euro-Klasse und das Lenovo Tab M10 HD der zweiten Generation (2022) besitzen vergleichsweise schlechte Kameras und ziemlich lahme Prozessoren.



Ein PDF-Editor deckt auf, welche Bereiche des Scans nicht als Text erkannt wurden (hier: Microsoft Lens).

Mit Scanner Pro kann man erkannten Text direkt im Dokument selektieren und in die Zwischenablage übertragen.

Die smarte Texterkennung von Genius Scan identifiziert relevante Inhalte, hier zum Beispiel Datum und Betrag einer Tankquittung.



## Adobe Scan

Die Scan-App von Adobe ist kostenlos und werbefrei, fordert jedoch ein Herstellerkonto. Das liegt unter anderem daran, dass fotografierte Dokumente zwingend in der Adobe-Cloud landen. Dort lassen sie sich in Ordnern organisieren und mit der App durchsuchen. Zudem kann man sie zu Google Drive, OneDrive und Dropbox oder in den Gerätespeicher kopieren und über die Teilen-Funktion des Systems weitergeben.

Gewöhnungsbedürftig: Adobe Scan zeigt keinen Rahmen zum Zielen an, sondern blendet die erkannten Ränder erst im Foto ein, wo man sie bei Bedarf korrigieren kann.

Gut gefallen die vielen Filter und Korrekturmöglichkeiten, inklusive Schiebereglern für Helligkeit und Kontrast und die Nachbearbeitungsfunktion „Bereinigen“. Damit radiert man Bereiche aus dem Dokument, indem man sie mit dem Finger übermalt, optional mit einer automatisch gewählten Umgebungsfarbe.

Die OCR-Trefferquote ist ordentlich, wenn auch nicht herausragend. Erkannte Textteile lassen sich zudem komplett oder auszugsweise in die Zwischenablage kopieren. Die Auszüge sind jedoch nicht frei wählbar; die App schlägt selbst mutmaßlich interessante Bereiche vor, zumeist Zahlen. Ein optionales kostenpflichtiges Abo fügt ein paar Funktionen wie Word- und Excel-Export, Passwortschutz und mehr Cloudspeicher hinzu. Die Gratisversion reicht aber für die meisten Anwendungen dicke aus.

- ⬆️ einfache Bedienung
- ⬆️ gute Nachbearbeitungsfunktionen
- ⬇️ Cloudzwang

Preis: kostenlos, 10,99 Euro/Monat (Premium)



## CamScanner

CamScanner für iOS und Android fällt vor allem durch seinen üppigen Funktionsumfang, aber auch durch die etwas zerfahrene und unübersichtliche Bedienoberfläche auf. Die kostenlose Version kann nicht viel, blendet Werbung ein und versieht Scans mit einem Wasserzeichen. Das Premium Abo, für das es eine nur drei Tage laufende Testversion gibt, schaltet viele Funktionen frei, versieht manche aber mit seltsamen Limits. So kann man „nur“ 500 Bilder pro Monat in Excel- und 1000 in Textdateien umwandeln.

Die Dokumentenerfassung erlaubt einige exotische Vorauswahlen. So lässt sich Text ohne Umweg über ein PDF aus dem Bild extrahieren, in eine andere Sprache übersetzen, an Word oder Excel schicken. Es gibt Modi für Ausweise, Passbilder und sogar einen „Count“-Modus, der Gegenstände auf dem Foto zählt, der sich im Test aber meist verzähle.

Die Texterkennung funktioniert ordentlich; einzelne Texte lassen sich aber nur umständlich über einen recht-eckigen anpassbaren Rahmen aus dem Bild extrahieren.

Erzeugte PDFs kann man mit Wasserzeichen und einer Unterschrift versehen und in andere Formate konvertieren. Manche Funktionen wirken etwas fehl am Platz (Grußkarten erzeugen) oder erschließen sich nicht auf Anhieb (Passbildmodus). Auf jeden Fall gibt es in der App viel zu entdecken und zu entschlüsseln. Das gilt auch für die etwas undurchsichtigen Abostufen mit Erstjahresrabatt im Mobilfunkvertragstil.

- ⬆️ viele Funktionen
- ⬇️ aber auch einiger Schnickschnack
- ⬇️ unübersichtliche Bedienung

Preis: 20 bis 84 Euro/Jahr, je nach Abrechnung



## Genius Scan

Genius Scan für Android und iOS gibt es zwar in einer kostenlosen Version, der fehlen aber nahezu alle wichtigen Funktionen inklusive OCR. Getestet haben wir daher nur das abpflichtige Genius Scan Ultra.

Die Rahmenerkennung ist flott und treffsicher, der optionale automatische Auslöser verzögert ausreichend, um Fehlaufnahmen zu verhindern. Die OCR-Fehlerquote reicht von gut bis unbrauchbar, je nach Vorlage, Beleuchtung und Filtern. Davon bietet Genius Scan jedoch nur drei und auch sonst kaum Optionen zur Nachbearbeitung. Das Symbol für Markierungen und Unterschriften verweist lediglich an eine weitere App des Herstellers (Genius Sign).

Die Dateiverwaltung unterstützt Ordner, Schlagwörter und Volltextsuche, gespeichert wird lokal oder in der Herstellercloud. Zudem gibt es zahlreiche Exportziele inklusive populärer Clouddienste, E-Mail, WebDAV- und FTP-Server.

Eine Besonderheit sind die Namensvorlagen, die man sich vorab komfortabel zusammenklickt, um später beim Scannen eine passende auszuwählen. Gut gefällt uns auch die Funktion, erkannte Texte aus dem Foto zu extrahieren, wahlweise mit (semi-) smarter Erkennung bestimmter Inhalte wie Euro-Beträgen.

Seltsamerweise wird iOS-Nutzern nur das Ultra-Abo angeboten, unter Android gibt es jedoch eine zusätzliche günstigere „Plus“-Option, der außer den Namensvorlagen vor allem Cloudfunktionen fehlen.

- ⬆️ übersichtlich, einfach bedienbar
- ⬆️ Tags und Namensvorlagen
- ⬆️ viele Exportoptionen

Preis: kostenlos (Basic), 2,99 Euro/Monat (Ultra)

Die Kameras dieser Geräte erwiesen sich bei ausreichender Ausleuchtung als unproblematisch. Überraschender war der Einfluss geringer Rechenleistung, und zwar beim Erkennen der Dokumentenkanten. Die Verzögerung zwischen einer Handbewegung und der automatischen Neuausrichtung des eingeblendeten Rahmens war teilweise so groß, dass formatfüllende Aufnahmen nur sporadisch und mit sehr ruhiger Hand gelangen. Unproblematischer ist es bei iPhones, weil die meisten Apps iOS 15 und damit mindestens ein iPhone 6S voraussetzen. Dessen Kamera und SoC reichen völlig aus.

### Leseschwächen

Alle Scanner-Apps in diesem Vergleich enthalten eine OCR-Funktion zum automatischen Erkennen und Umwandeln von Texten; Microsoft Lens und Adobe Scan auch schon in der Gratisversion. Exportiert man das Dokumentenfoto als PDF, wird diesem ein Textlayer hinzugefügt, um das Dokument durchsuchbar zu machen.

In manchen Apps kann man auch den Text oder einzelne Teile, zum Beispiel eine Adresse, extrahieren, als Datei speichern oder in die Zwischenablage kopieren.

Die Qualität der Texterkennung prüften wir, indem wir das jeweilige Dokument in einen PDF-Editor luden und mit Strg+A allen enthaltenen Text markierten. Dadurch wird sofort sichtbar, welche Textelemente überhaupt als solche erkannt und erfasst wurden. Nachdem wir das Erkennungsergebnis in einen Texteditor kopiert hatten, ließen sich die Lesefehler im Detail begutachten.

Mit Standarddokumenten wie einem Vertrag oder einer einfach aufgebauten DIN-A4-Rechnung leistete die Texterkennung bei allen Apps gute bis sehr gute Arbeit, wenn sich auch alle kleinen, meist verschmerzbaren Lesefehler leisteten. Bei den problematischeren Vorlagen, vor allem beim Kfz-Brief und der Tankquittung mit blassem, grob gerastertem Druck auf Thermopapier, gerieten alle Apps ins Stolpern und erzeugten stellenweise Zei-

chensalat oder erkannten ganze Abschnitte überhaupt nicht als Text. Besonders schwach zeigte sich Microsoft Lens; dafür erkennt dessen OCR manchmal auch Handschrift, zumindest welche in sauberen Blockbuchstaben. Das ist eine Fähigkeit der von Microsoft verwendeten Online-OCR-Engine und bedeutet auch, dass das Mobilgerät online sein muss und dass alle Inhalte an Microsoft übertragen werden. Mehrere Durchgänge mit demselben Testdokument lieferten bei allen Apps unterschiedliche Ergebnisse und Schwankungen in der Erkennungsrate. In der Praxis dienen die Apps üblicherweise dem freihändigen Mal-eben-schnell-Scan, bei nicht immer optimalen Bedingungen. Bei ruhiger Hand und ordentlichem Licht kamen die Ergebnisse der Texterkennung durchaus an die unserer Gegenproben mit einem Einzugsscanner (Canon DR-2010M) und einem Dokumentenmanagementsystem mit integriertem OCR (ecco-DMS mit der Open-Source-OCR-Engine Tesseract) heran.

## WERDEN SIE c't-BOTSCHAFTER!

### ... UND UNTERSTÜZEN SIE DAMIT DEN UNABHÄNGIGEN UND GLAUBWÜRDIGEN JOURNALISMUS!

Wir schenken Ihnen **30 €** und unsere kultige **c't-Tasse „Kein Backup? Kein Mitleid“**, wenn Sie einen neuen Leser für ein Jahres-Abo der c't werben. Der neue Leser erhält die c't zum Preis von 144,20 € pro Jahr. Das Abo kann in gedruckter oder digitaler Form bezogen werden. Nach einem Jahr ist das Abo monatlich kündbar.



Hier bestellen: [ct.de/botschafter](http://ct.de/botschafter)

📞 +49 541/80 009 120 📩 [leserservice@heise.de](mailto:leserservice@heise.de)





## Microsoft Lens

Microsoft Lens ist in die mobilen Office-365- und OneNote-Apps integriert, lässt sich aber auch als separate App nutzen. Die App ist kostenlos und setzt lediglich ein Microsoft-Konto voraus; ein Office-Abo ist nicht erforderlich und es gibt Microsoft-untypisch keinen Cloudspeicherzwang.

Die Rahmenerkennung ist etwas langsam und ungenau, lässt sich aber nach der Aufnahme korrigieren. Einen automatischen Kameraauslöser gibt es nicht, mehrseitige Scans sind per Fingertipp möglich. Die Nachbearbeitungsfunktionen beschränken sich auf das Nötigste wie Drehen, Zuschneiden und Bildkorrektur anhand eines der 15 vorgefertigten Filter, von denen einige aber eher auf Fotos ausgelegt sind.

Automatiken für das Speichern oder eine integrierte Verwaltung sucht man vergeblich, dafür exportiert die App erkannte Texte optional nach Word oder PowerPoint. Ansonsten versendet man Aufnahmen über die Teilen-Funktion des Systems. Die Texterkennung leistete sich im Test etwas mehr Schwächen als die Konkurrenten.

Neben dem Scannen von Dokumenten und Whiteboards bietet die App unter „Aktionen“ ein paar Sonderfunktionen wie einen QR-Code-Leser und eine Vorleseoption für Text aus dem Kamerabild. Ein anderer Modus soll Tabellen erkennen und als CSV-Datei exportieren können. Im Test funktionierte das nur selten. Im Visitenkartenmodus wird anhand der erkannten Daten ein neuer Kontakt angelegt, jedoch nur in der Android-Version.

- einfache Bedienung
- Integration in Office-Apps
- nur Basisfunktionen

Preis: kostenlos



## Scanner Pro

Das nur für Apple-Geräte verfügbare Scanner Pro von Readdle ist nach einer siebentägigen kostenlosen Testphase stark beschnitten. Unter anderem fehlt danach die OCR-Funktion. Für den vollen Funktionsumfang ist ein Abo nötig.

Bemerkenswert ist die Auto-Kategorisierung: Die App versucht, den Dokumententyp, zum Beispiel Quittung, Rechnung oder Buchseiten zu erkennen und verschlagwortet die Datei für die interne Dateiverwaltung (Auto-Tagging).

Bei der Aufnahme hilft ein eingebundeter Hinweis, wenn man mit dem Smartphone zu weit weg ist. Außerdem nutzt die App das Kameradauerlicht anstelle des Blitzes. Zu den Nachbearbeitungsfunktionen mit vier Farbfiltern und Reglern für Helligkeit und Kontrast kommen ein semi-intelligenter Radiergummi und eine Verzerrungskorrektur, zum Beispiel für gebogene Buchseiten.

Die Treffsicherheit der Texterkennung entspricht in etwa den Konkurrenten: Gut bei einfachen und klaren Dokumenten, deutlich schlechter bei schwierigen Vorlagen. Praktisch ist der Texterahierer, mit dem man direkt erkannte Textteile auswählen kann.

Bei allem, was nach dem Scannen kommt, hilft Scanner Pro mit vielfältigen Optionen. Außer einer eigenen einfachen lokalen Datenverwaltung mit Ordnern und Suchfunktion bietet das Programm sogenannte Workflows. Damit lassen sich Dokumente automatisch nach bestimmten Mustern umbenennen, in Ordner eines Clouddienstes wie OneDrive oder Dropbox hochladen oder per Mail versenden.

- großer Funktionsumfang
- Auto-Tagging
- Automatisierung mit Workflows

Preis: 20 US-Dollar/Jahr

## Nachbereitung und Zusatzfunktionen

Die größten Unterschiede zwischen den Apps finden sich außerhalb des Foto-OCR-PDF-Workflows. Manche bieten Zusatzfunktionen von der Textextraktion über das automatische Erkennen der Dokumentenart mit Schlagwortvergabe (Scanner Pro) bis zum Whiteboard-Modus zum Abfotografieren von ungünstig stehenden Flipcharts oder Leinwänden in Meetings. Andere beherrschen Kunststückchen wie die Umwandlung von Visitenkarten in Kontakte oder einen Buchmodus, der die Doppelseite eines aufgeschlagenen Buchs oder Magazins automatisch in zwei einzelne PDF-Seiten trennt.

Die integrierten Dateiverwaltungen erlauben eine Organisation in Ordnern und bieten eine Volltextsuche; manche gehen weiter und speichern Schlagworte oder vergeben Dateinamen nach vorgegebenen Mustern.

Die erzeugten PDFs lassen sich mit allen Apps per Mail versenden, über die Teilen-Funktion des Betriebssystems an andere Apps schicken oder in einen Clouddienst hochladen. Manche bieten weitere Speicherziele wie WebDAV, FTP oder Evernote. Bei Scanner Pro kann man den Export über definierbare Workflows sogar weitgehend automatisieren. Infos zu den besonderen Funktionen listet die Tabelle rechts.

## Fazit

Dokumente und andere Vorlagen per Mobilgerätekamera zu digitalisieren und dank automatischer Texterkennung als durchsuchbares PDF zu speichern klappt mit allen Apps im Test gleichermaßen gut. Unterschiede gibt es vor allem bei den Zusatzfunktionen für Nachbearbeitung und Verwaltung.

Wenn die App nichts kosten soll, kommen Adobe Scan und Microsoft Lens infrage. Beide erledigen die Grundaufgabe gut, bei Adobe ist die Texterkennung etwas besser. Der Cloudzwang bei Adobe und die Online-OCR mit Kontozwang bei Microsoft sind jedoch datenschutztechnisch bedenklich.

Wenn es etwas kosten darf – Abonnements sind mittlerweile die einzige Kaufoption –, können wir das nur für iOS/iPad-OS verfügbare Scanner Pro empfehlen, nicht zuletzt wegen der äußerst nützlichen Automatisierungen (Workflows). Android-Nutzer fahren mit GeniusScan sehr gut. (swi@ct.de)

## Dokumentenscanner-Apps für Smartphones und Tablets

Programm	Adobe Scan	CamScanner	Genius Scan	Microsoft Lens	Scanner Pro
Hersteller, URL	Adobe, adobe.com	CamSoft, camscanner.com	The Grizzly Labs, thegrizzlylabs.com	Microsoft, microsoft.com	Readdle, readdle.com
Systemvoraussetzungen	Android ab 8, iOS ab 15.0	Android ab 5, iOS ab 13.0	Android ab 5, iOS ab 15.0	Android ab 7, iOS ab 15.0	iOS ab 15.0
<b>Scannen / OCR</b>					
Auslöser automatisch / manuell	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	- / ✓	✓ / ✓
mehrere Seiten / aus Fotogalerie scannen	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Scanmodi	Dokument, Ausweis, Whiteboard, Buch, Visitenkarte	Dokument, Passbild, Ausweis, Buch, Whiteboard	nur Standard	Foto, Dokument, Whiteboard, Visitenkarte	Dokument, Buch
Blitz / Lampe	✓ / -	✓ / ✓	✓ / -	✓ / ✓	- / ✓
Kantenerkennung autom. / manuelle Korrektur	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / -	✓ / ✓	✓ / ✓
Autokorrektur Lage / Perspektive / Krümmung	✓ / ✓ / -	✓ / ✓ / -	✓ / ✓ / -	✓ / ✓ / -	✓ / ✓ / ✓
in PDF / Text extrahieren	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Visitenkarte zu Kontakten	✓	-	✓	✓ (nur Android)	-
<b>Nachbearbeitung</b>					
Zuschneiden / Drehen	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Filter	5 Presets, Helligkeit, Kontrast	8 Presets	4 Presets	15 Presets	4 Presets, Helligkeit, Kontrast
Text / Freihand / Marker / Unterschrift	✓ / ✓ / ✓ / ✓ / -	- / - / - / ✓	mit separater App	✓ / ✓ / - / -	- / ✓ / ✓ / -
sonstige Funktionen	Radieren, Übermalen	Objekte zählen, übersetzen, Text bearbeiten, Radieren, Passwortschutz, Grußkarten, QR-Scanner	Tags, Auto-Tags	Vorlesen, Tabelle scannen	Workflows, App-Passwortschutz
<b>Speichern / Export</b>					
Formate	JPG, PDF, DOCX <sup>1</sup> , XLSX <sup>1</sup> , PPTX <sup>1</sup>	JPG, PDF, DOCX	JPG, PDF, TXT	JPG, PDF	JPG, PDF, TXT
Speicher- u. Exportziele	Adobe Cloud (zwingend), Gerätespeicher, OneDrive, Google Drive, Dropbox	Gerätespeicher, Herstellercloud	Gerätespeicher, iCloud, OneDrive, Google Drive, Dropbox, WebDAV, FTP, Evernote, OneNote u.a.	Gerätespeicher, Word (Text), OneNote, PowerPoint	Gerätespeicher, iCloud, Dropbox, Box, OneDrive, Google Drive, WebDAV, Evernote, OneNote
E-Mail / Teilen mit Apps	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
<b>Bewertung und Preis</b>					
Bedienung	⊕	○	⊕⊕	⊕	⊕⊕
Scannen / OCR	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕	⊕ / ○	⊕ / ⊕
Nachbearbeitung	⊕	○	○	⊕	⊕
Zusatzfunktionen	⊖	⊕	⊕	○	⊕⊕
Speichern / Export	○	○	⊕	⊕	⊕⊕
Preis	kostenlos, 10,99 €/Monat (Premium)	20 bis 84 €/Jahr, je nach Abrechnung	kostenlos (Basic), 2,99 €/Monat (Ultra)	kostenlos	20 US-\$ / Jahr

<sup>1</sup> nur mit Abo  
⊕⊕ sehr gut    ✓ vorhanden  
⊕ gut            – nicht vorhanden  
○ zufriedenstellend    ⊖ schlecht    ⊖⊖ sehr schlecht

# E-Books im heise Shop

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

Sofort im Zugriff, dauerhaft in Ihrem Account gespeichert.

[shop.heise.de/e-books](http://shop.heise.de/e-books)

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

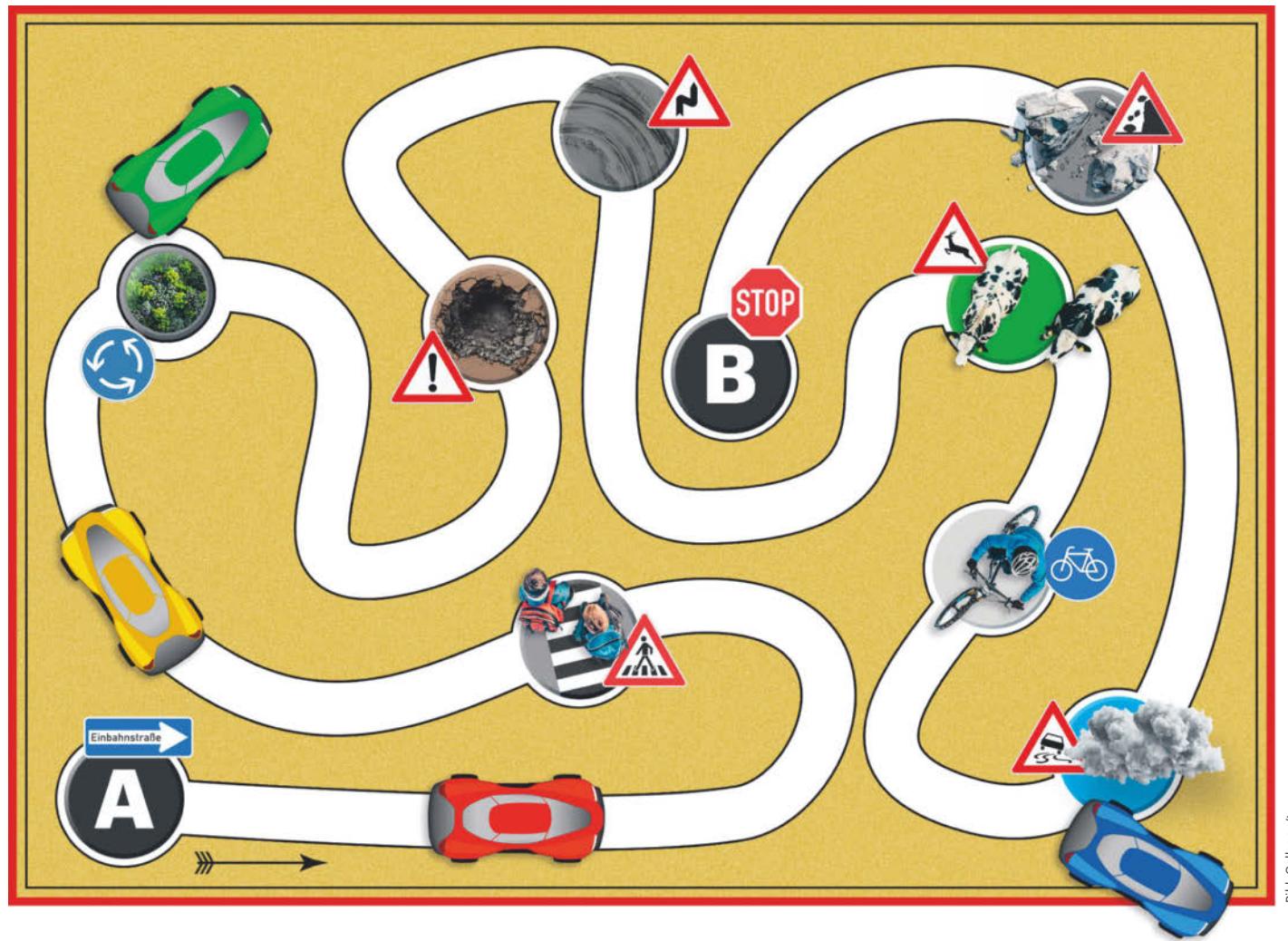


Bild: Collage c't

# Hindernisrennen

## Woran es beim autonomen Fahren (noch) hakt

**Autos fahren bald autonom. Diese Schlagzeile hat man schon oft gelesen. Doch die Geschichte selbstfahrender Autos ist eine lange Reihe von Rückschlägen und Einschränkungen.**

Von Dirk Kunde

**D**ie Kameralinse hinter dem Rückspiegel der S-Klasse-Limousine wirkt etwas klobig. Doch sie erkennt die Fahrbahnmarkierungen fehlerfrei und das bei anhaltendem Regen. Die Fahrerin drückt einen Knopf neben dem Lenkrad und legt die Hände in ihren Schoß. Der Wagen steuert nun eigenständig über die holländische Autobahn.

Das autonome Fahren zählt zu einer der großen Zukunftsvisionen der Automobilindustrie. Doch die geschilderte

Fahrt mit dem Mercedes-Benz in den Niederlanden liegt 25 Jahre zurück. Sie fand im Juni 1998 in der Nähe von Leiden statt. Dort trafen sich diverse Vertreter von Autoherstellern und Zulieferern. Sie präsentierten Systeme zum Einparken, autonome Shuttle-Busse sowie Lkw-Fahrten in Kolonne (Platooning). Danach gefragt, wann diese Systeme serienreif seien, lautete die Antwort meist: in 10 bis 15 Jahren.

Ein Vierteljahrhundert später müssen eigentlich sämtliche Pkw vollautonom

fahren können. Doch weit gefehlt. Aktuelle Fahrzeuge sind zwar überwiegend mit Assistenzsystemen des Levels 2 unterwegs, was für teilautomatisiertes Fahren steht. Sie bleiben selbstständig in der Spur, korrigieren mit leichten Lenkbewegungen und bremsen ab, wenn sich der vorausfahrende Verkehr verlangsamt. Die Kontrolle liegt aber stets beim Fahrer und die Hände müssen am Lenkrad bleiben.

Die nächste Stufe steht als hochautomatisiertes Fahren nach Level 3 in den Startlöchern: Diese Assistenten werden als Staupiloten vermarktet, weil man mit ihnen maximal 60 km/h fahren kann, dabei aber immerhin die Kontrolle ans Auto übergeben darf.

### Nur drei Anbieter

Aktuell gibt es weltweit nur drei Autohersteller, die Fahrfunktionen im Level 3 anbieten: Honda in Japan, BMW und Mercedes-Benz in Deutschland. Mercedes-Benz bietet sein System auch in China und den USA an – in Nevada und Kalifornien, um genau zu sein. Die Zulassung erfolgt in den einzelnen Bundesstaaten. Es könnte also lange dauern, bis die Autohersteller in jedem der 50 Bundesstaaten eine Zulassung erhalten.

Die fehlende flächendeckende Regulierung war auch 2018 der Grund, warum Audi nach eigenen Angaben seinen damaligen Vorsprung bei der Technik nicht nutzte. Die Ingolstädter wollten passend zum Marken-Claim ursprünglich als erster Autohersteller ein Level 3-System einführen. Journalisten durften bereits Testfahrten auf der verstopften Autobahn im Audi A8 mit Staupilot beiwohnen (siehe c't 20/2017, S. 108). Doch Chefentwickler Hans-Joachim Rothenspieler zog die Reißleine. In damaligen Presseberichten nennt er das Fehlen international einheitlicher gesetzlicher Regulierungen als Grund für den Rückzieher.

Die Bundesregierung erweiterte im Juli 2021 das Straßenverkehrsgesetz. Damit ist Deutschland das erste Land, in dem Level-4-Systeme, also vollautomatisiertes Fahren, zugelassen werden können, aber nur mit Zustimmung des jeweiligen Bundeslandes, in dem gefahren wird. Gleichzeitig treibt die Bundesregierung die Zulassung hochautomatisierter Fahrsysteme in der Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UNECE) voran. Zumindest für Europa will man einheitliche Regularien schaffen. Ein einheitlicher Markt ist eine Voraussetzung für den

wirtschaftlichen Erfolg. Die teuren Assistenzsysteme rechnen sich für Hersteller nur, wenn große Stückzahlen abgesetzt werden.

### Schönwetter-Piloten

„Wir sehen Potenzial in der Verbesserung von Level 2-Funktionalitäten mit einem größeren Nutzen für unsere Kunden. Aus heutiger Sicht erwarten wir höher automatisierte Fahrfunktionen in der zweiten Hälfte dieses Jahrzehnts“, sagt ein Audi-Sprecher. Die entwickelt der Hersteller zusammen mit der Volkswagen IT-Tochter Cariad. Rückblickend begründet er die Absage an den Level 3-Staupiloten mit den Abhängigkeiten zwischen Technik, Kundennutzen und den damaligen legislativen Rahmenbedingungen. Solieferte am Ende Mercedes-Benz 2022 die erste Level-3-Funktion aus.

Doch könnte man dessen Drive Pilot auch als Schönwetter-Piloten bezeichnen. Er funktioniert nur bei langsamer Fahrt und Tageslicht. Regen, Nebel und Dunkelheit sind Ausschlusskriterien. Zudem muss es auf der Spur einen Vorausfahrenden geben, der nicht schneller als 60 km/h fährt. Dann kann der Fahrer an einer der beiden Lenkradtasten den Drive Pilot ak-

tivieren und der Wagen übernimmt. Der Fahrer darf sich mit etwas anderem beschäftigen.

Allerdings benötigt die Infrarotkamera im Fahrerdisplay freie Sicht auf die Augen des menschlichen Fahrers. Eine vollverspiegelte Sonnenbrille könnte schon zum Problem werden. Gleches gilt für eine große Tageszeitung. Schließt der Fahrer seine Augen für ein Nickerchen oder klettert er auf die Rückbank, wird der Staupilot deaktiviert.

Gleches passiert, wenn der Drive Pilot Fußgänger auf der Fahrbahn, eine Baustelle oder über Mikrofone Sirenen von Rettungsfahrzeugen erkennt. Dann hat der Fahrer zehn Sekunden Zeit, um zu übernehmen, ansonsten schaltet sich das System ab. Das Fahrzeug aktiviert die Warnblinker und leitet eine Bremsung bis zum Stillstand ein. Der Wagen bleibt auf seiner Fahrspur stehen. Wer auf der linken Spur der Autobahn unterwegs ist, kommt genau dort zum Stehen. Das Fahrzeug wechselt nicht selbstständig auf den Standstreifen.

### Teure Helperlein

Das sind viele Einschränkungen für einen hohen Preis. In der Mercedes-Benz S-Klas-



Dirk Kunde

**Türkisfarbene Leuchten am Lenkrad und außen am Fahrzeug signalisieren, dass der Drive Pilot von Mercedes autonom fährt, hier über die Interstate 10 in Kalifornien.**



**Auch Tech-Giganten erforschen das autonome Fahren. Selbstfahrende Autos von Googles Tochter Waymo sind im Silicon Valley keine Besonderheit im Straßenbild.**

se kostet der Drive Pilot fast 6000 Euro, in der elektrischen EQS Limousine sogar fast 9000. Die Echtzeitverkehrsdaten und der Intelligent Drive Online Service ist nur in den ersten drei Jahren mitbezahlt und soll danach eine monatliche Gebühr kosten. In den USA liefert Mercedes-Benz den Drive Pilot in den beiden genannten Bundesstaaten als Serienausstattung aus. Der Drive Pilot kann vom Besitzer für 2500 Dollar pro Jahr aktiviert werden. Bei BMW kostet der Personal Pilot L3 in der 7er Reihe 6000 Euro.

Warum Level 3-Systeme so teuer sind, ist schnell erklärt. Das Fahrzeug benötigt ein Set aus mehreren Kameras, Ultraschall-, Radar- und Lidar-Sensoren. Letztere sind laut eines BMW-Sprechers im Einkauf kaum unter 1200 Euro zu bekommen. Eine leistungsfähige Recheneinheit muss die Daten der Sensoren bündeln und auswerten, damit ein präzises digitales Bild des Fahrzeugumfeldes entsteht. Einige dieser Systeme benötigen eine Wasserkühlung des Zentralrechners. Hinzu kommen redundant ausgelegte Bremsen, Lenkung, Radsensoren sowie das elektrische System.

Die Erkennung von Nässe auf der Fahrbahn erledigt bei Mercedes-Benz kein Regensor, sondern ein Mikrofon im vorderen Radkasten. Das Laufgeräusch der Räder verändert sich auf nasser Fahr-

bahn. Auch im Innenraum sind zusätzliche Mikrofone installiert. Sie erkennen Sirenen von Polizei- und Rettungsfahrzeugen. Kameras und Lidar-Sensoren benötigen freie Sicht, im Winter dürfen sie nicht zufrieren. Somit müssen Heiz- und Säuberungssysteme mit Wasser oder Druckluft

eingebaut werden. Level 3-Fahrzeuge benötigen somit mehrere oder einen deutlich größeren Spritzwasserbehälter.

Die hohen Preise sind nicht nur technisch bedingt. Ein BMW-Sprecher verdeutlicht es am Zulassungsprozess. Für ein Level 2-System mussten rund 120 Fahrszenarien getestet und die Ergebnisse dokumentiert werden. Für ein Level 3-System steigt diese Zahl auf 44.000 Szenarien.

### Wer haftet bei Unfällen?

Mit der herstellerseitigen Limitierung der Selbstfahrfunktionen auf Tempo 60 km/h wagen die Hersteller einen vorsichtigen ersten Schritt zum vollautonomen Fahren, bei dem es weder Lenkrad noch Pedale für menschliche Fahrer gibt (Level 5). Sie wollen Erfahrungen sammeln und dann die Systeme erweitern. Mercedes-Benz will seinen Drive Pilot Ende 2024 bis zu 90 km/h schnell fahren lassen. Im Laufes des Jahres bringen die Stuttgarter auch noch einen Autobahnpiloten mit aktivem Spurwechsel in der E-Klasse. Der wird voraussichtlich bis Tempo 140 km/h funktionieren. BMW lässt bei seinem Autobahnassistenten mit Überholfunktion bereits heute bis Tempo 135 km/h zu. Allerdings zählen die beiden Systeme zum Level 2. Die Haftung bei Unfällen geht erst ab Level 3 auf den Fahrzeugherrn über.



**Hondas autonomer Kleinbus bringt es auf vier Sensortürme, die bis an den Rand mit Laser-, Infrarot-, Ultraschall- und Radarsensoren nebst klassischen Kameras vollgepackt sind.**

Dabei ändert sich für den Fahrzeughalter versicherungstechnisch nichts. Auch beim Level 3 übernimmt die Kfz-Haftpflichtversicherung Schäden bei Personen sowie am fremden Fahrzeug. Laut Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) ist es dabei egal, ob ein Mensch oder der Computer das Fahrzeug zum Zeitpunkt des Unfalls gesteuert hat. Sollte sich jedoch im Nachhinein herausstellen, dass ein Level 3-System aktiv war und ein technischer Defekt den Unfall verursacht hat, fordert die Versicherung das ausbezahlte Geld vom Autohersteller zurück. Der Halter des Fahrzeugs hat damit nichts zu tun. Mit dieser Regelung berücksichtigt die Versicherungswirtschaft das Ungleichgewicht, das entstünde, wenn ein Fahrzeughalter vor Gericht einem Autohersteller einen technischen Defekt nachweisen müsste.

In einer Studie schätzt der GDV, dass alle Kfz-Versicherer ohne Berücksichtigung der Inflation durch die neuen Systeme bis 2040 rund 8 bis 15 Prozent weniger

Entschädigungsleistungen auszahlen müssten. Zwar würden Reparaturen nach Unfällen an diesen Autos teurer, doch passieren aufgrund der Fahrassistenten weniger Unfälle. Die große Unbekannte in der Kalkulation ist die Adoptionsrate: Wie schnell werden Assistenzsysteme in großer Zahl aktiviert? In der GDV-Studie heißt es, das ABS-Bremssystem war nach 20 Jahren in rund 40 Prozent aller Fahrzeuge aktiv. Deutlich schneller ging es mit dem Stabilisierungssystem ESP: Es war nach 20 Jahren in 80 Prozent der zugelassenen Autos eingebaut.

Unabhängig von der Haftung sollte sich der Nutzer eines Level 3-Systems der Gefahren bei einem Unfall bewusst sein. Wer während der Fahrt mit einem Tablet oder Laptop arbeitet, bekommt das Gerät beim Auslösen des Airbags ins Gesicht oder an die Brust geschleudert.

### Autonom gleich teuer

Mit dem Übergang zu Level 4 können die Fahrzeuge für längere Zeiträume autonom

mit höheren Geschwindigkeiten unterwegs sein. Mit der technischen Komplexität steigt auch der Preis. Klassische Pkws bekommen damit Einstiegspreise im sechsstelligen Bereich. Die meisten Pkw stehen 23 Stunden am Tag. Die logische Konsequenz: Level 4 kommt in erster Linie im kommerziellen Personentransport infrage. In den vergangenen Jahren sah man auf jeder Automesse diverse Shuttle-Busse, die autonom fahren sollten. Doch bei der diesjährigen CES zum Jahresbeginn 2024 waren die rollenden Kisten fast vollständig von den Ständen verschwunden. Bereits Ende 2023 stellte Zulieferer ZF die Entwicklung an seinem Shuttle-Fahrzeug ein. „Die hohen Vorinvestitionen sind nicht mehr gerechtfertigt, da sich der Markt langsamer entwickelt als erwartet“, heißt es in einer Unternehmensmitteilung.

Die Transformation zur Elektromobilität bringt etablierte Zulieferer in Schwierigkeiten. ZF wird in den kommenden Jahren bis zu 12.000 Arbeitsplätze

## Unsere Erfahrungen mit autonomen Autos

Auf eins ist Verlass: Mittags herrscht dichter Verkehr auf der Interstate 10 von Downtown Los Angeles nach Santa Monica. Der Vorausfahrende ist langsamer als 60 km/h, somit aktiviere ich mit einem Knopfdruck am Lenkrad den Staupiloten im **elektrischen EQS von Mercedes-Benz**. Am Lenkrad, im Fahrerdisplay als auch im Head-up-Display signalisieren mir türkisfarbene Symbole, dass der Wagen nun die Kontrolle übernommen hat. Mit gleichbleibendem Abstand zum Vorausfahrenden rollt die Limousine durch den Stop-and-Go-Verkehr der US-Metropole.

Kurz vor Santa Monica wird der Vorausfahrende schneller. Der Drive Pilot gibt mir akustische und optische Signale, dass er sich gleich abschalten wird und ich wieder das Lenkrad übernehmen muss. Ein doppelter Knopfdruck am Lenkrad aktiviert den Autobahnassistenten. Bis Tempo 140 km/h könnte der Wagen den Abstand zum Vorausfahrenden halten und sogar einen automatischen Überholvorgang einleiten. Einziger Unterschied: In dem Level-2-System muss ich als Fahrer jederzeit die Kontrolle übernehmen kön-

nen. Daher habe ich dauerhaft meine Hände am Lenkrad.

Im **elektrischen BMW i5** darf ich beim Autobahnassistenten die Hände vom Lenkrad nehmen und ein Blick in den linken Außenspiegel genügt, um auf der Autobahn einen automatischen Überholvorgang einzuleiten. Das macht das Level 2-System natürlich nur, wenn der Abstand nach hinten ausreichend groß ist. Das System funktioniert bis Tempo 135 km/h. Bei meiner Testfahrt auf einer portugiesischen Autobahn liegt das Limit allerdings bei 120 km/h. Das Überholen per Seitenblick funktioniert nur, wenn das System ein Überholen vorschlägt. Als Fahrer kann ich jedoch den Blinker aktivieren und somit eigenständig einen automatischen Spurwechsel einleiten.

Ferner durfte ich im **VW ID.Buzz AD** auf der Rückbank Platz nehmen. Hier hat man einen guten Blick auf den Bildschirm zwischen Fahrer und Beifahrer. Darauf ist zu sehen, wie die Sensoren die Welt erkennen und das Fahrzeug in der Fahrspur positionieren. Im Kofferraum arbeitet das EyeQ-System von Mobileye. Der wassergekühlte Computer kann 180 TFlops ver-

arbeiten, also bis zu 180 Billionen Rechenoperationen pro Sekunde. Zum Vergleich: Die 1000 Euro teure Workstation-Grafikkarte Radeon Pro W7700 schafft 28 TFlops und verbraucht dazu 190 Watt (siehe c't 4/2024, S. 88). Die Daten stammen aus elf Kameras, neun Lidar- und fünf Radarsensoren. Hinzu kommen die REM-Karten-Daten von Mobileye. Das Akronym steht für „Road Experience Management“. Weltweit liefern rund 1,3 Millionen Autos mit dem Mobileye-System Daten über den Zustand der Fahrbahn, beispielsweise Schlaglöcher. Die REM-Daten werden als gestrichelte Linie in der Fahrspur angezeigt und die liegt keineswegs immer in der Mitte. Während der Testrunde durch die bayerische Gemeinde Freising fährt ein Radfahrer am rechten Rand der Landstraße. Der ID.Buzz setzt mehrfach zum Überholen an, merkt jedoch, dass der Sicherheitsabstand zu gering ist und bremst. Erst als kein Gegenverkehr mehr kommt, setzt das Fahrzeug in großem Bogen zum Überholen an. Insgesamt fühlt sich das Beschleunigen und Abbremsen in dem autonom fahrenden Kleinbus wie bei einem menschlichen Fahrer an.



Bild: Dirk Kunde

In Hamburg und Hannover gehört der von VW betriebene Ridesharing-Dienst Moia zum Stadtbild. Abseits öffentlicher Straßen laufen Versuche, die Kleinbusse später ohne Fahrer auf die Straße zu schicken.

ze abbauen. Bei Continental ist es das gleiche Bild: Die genaue Zahl steht noch nicht fest, aber es werden tausende Stellen sein, die wegfallen. Bosch hatte im Laufe des Jahres 2023 die Weiterentwicklung seiner Lidar-Sensoren eingestellt. Bis 2026 baut Bosch 1200 Arbeitsplätze ab. Viele davon im Bereich Cross-Domain Computing Solutions, also genau dort, wo automatisierte Fahrfunktionen entwickelt werden.

Aber nicht alle rudern in diesem Segment zurück. Honda präsentierte bei der Japan Mobility Show 2023 ein autonom fahrendes Auto, das gemeinsam mit GM für den Fahrdienst Cruise gebaut wird. Auch Volkswagen entwickelt seinen VW ID.Buzz AD weiter. Das AD steht für Autonomous Drive. Dieser autonom fahrende Bus soll bei Moia fahren. Moia ist ein Fahrdienstleister in Hannover und Hamburg, bei dem man sich die Strecke mit bis zu

fünf Mitfahrern teilt. Dazu nutzt Moia in Hamburg derzeit eine Flotte von 350 elektrischen VW Craftern, derzeit noch mit menschlichen Fahrern.

Simulationen des Unternehmens ergeben, dass mindestens 5000 Fahrzeuge nötig seien, um mehr Menschen zum Umsteigen auf Mitfahrangebote zu bewegen. Doch so viele Fahrer wird das Unternehmen nicht finden und will sie auch nicht bezahlen. Die tariflich entlohten Fahrer (siehe c't 8/2022, S. 128) arbeiten nach Schichtplänen, die mit zeitlichem Vorlauf erstellt werden. Auf plötzlich steigende und auch sinkende Nachfragen kann Moia derzeit kaum reagieren. Bei Schichtende oder mit fast leerer Batterie kehren die Fahrzeuge in eines der Depots zurück. Autonom fahrende Busse könnten dezentral im gesamten Stadtgebiet laden und über Nacht am Straßenrand parken, um Leerfahrten zu vermeiden.

## Von Argo AI zu Mobileye

VW Nutzfahrzeuge entwickelt zusammen mit Moia den selbstfahrenden Shuttlebus. Zunächst war das US-Start-up Argo AI als technischer Partner an Bord. Volkswagen und Ford hatten gemeinsam in das 2016 gegründete Unternehmen investiert. Sechs Jahre später zeigte sich Ford von den Ergebnissen so enttäuscht, dass sie lieber 2,7 Milliarden Dollar abschrieben, als weiteres Geld zu investieren. VW zog seine Beteiligung ebenfalls zurück. Nun entwickelt VW Nutzfahrzeuge zusammen mit

## Schwere Unfälle mit autonom fahrenden Autos

Die Kfz-Zulassungsstelle für Kalifornien registriert bis zum 9. Februar 2024 insgesamt 687 Unfälle mit autonom fahrenden Fahrzeugen. Das reicht vom leichten Blechschaden bis zu Unfällen mit Tieren und Menschen.

**2018: Tödlicher Uber-Unfall in Phoenix**  
Im März 2018 tötet ein Uber-Fahrzeug in Tempe, Arizona, einem Vorort von Phoenix, eine Fußgängerin. Das autonom fahrende Auto war mit einer Sicherheitsfahrerin unterwegs. Gegen 22 Uhr schob eine Fußgängerin ihr Fahrrad über die unbeleuchtete Straße. Das Uber-Fahrzeug war zu diesem Zeitpunkt mit 40 mph (64 km/h) unterwegs. Weder die Sensoren noch der abgelenkte Sicher-

heitsfahrer erkannten die Fußgängerin rechtzeitig, um eine Bremsung einzuleiten.

### 2023: Waymo überfährt Hund

Im Mai 2023 überfährt ein autonom fahrendes Waymo-Fahrzeug in San Francisco einen Hund. Das Tier lief zwischen geparkten Fahrzeugen auf die Fahrbahn. Der Sicherheitsfahrer übersah den Hund. Die Sensoren des Autos registrierten das Tier, konnten jedoch nicht mehr rechtzeitig bremsen. Der Hund verstarb.

### 2023: Cruise-Unfall in San Francisco

Im Oktober 2023 überquert eine Frau am Abend die 5th Street in Downtown San Francisco. Auf der zweispurigen Straße

wird sie von einem Fahrzeug auf der linken Spur gerammt und dadurch auf die rechte Fahrspur geschleudert. Hier ist ein autonomes Cruise-Fahrzeug unterwegs. Es bremst automatisch, fährt jedoch weiter an den rechten Fahrbahnrand. Dabei wird die Frau unter dem Wagen eingeschleift. Die Feuerwehr kann das Auto erst anheben, um die Frau zu befreien, als Cruise das Fahrzeug aus der Ferne deaktiviert hat.

Als Resultat dieses Unfalls verlor das Tochterunternehmen von General Motors in Kalifornien seine Lizenz für autonome Fahrten ohne Sicherheitsfahrer. Im Februar 2024 trat Technikchef Carl Jenkins daher von seinem Posten bei Cruise zurück.

Mobileye den ID Buzz AD (siehe Interview auf S. 108). Es gibt eine Flotte von 30 Versuchsfahrzeugen, die in Bayern, Jerusalem und Austin auf öffentlichen Straßen getestet werden. Bei einer Mitfahrt durch die bayerische Gemeinde Freising offenbarte der Computer bereits erstaunlich menschliche Fahreigenschaften (siehe Kasten auf S. 105).

In Hamburg ist VW inzwischen noch ehrgeiziger: Im Herbst 2023 wurde das Pilotprojekt ALIKE vorgestellt. Danach sollen im Jahr 2030 bis zu 10.000 autonome Shuttlefahrzeuge in der Hansestadt unterwegs sein. Neben dem ID.Buzz AD kommt ein Shuttle von Holon, einer Tochter des österreichischen Zulieferers Benteler, hinzu. Das Bundesverkehrsministerium unterstützt das Projekt finanziell und das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) agiert als Forschungspartner. Bereits im Laufe des Jahres 2024 will Moia Testfahrten mit geschlossenen Nutzergruppen in Hamburger Stadtteilen östlich der Alster absolvieren. Hier gibt es eine Einbahnstraße mit wechselnden Fahrtrichtungen. Bis mittags um 12 Uhr führt die Sierichstraße stadteinwärts, danach bis 4 Uhr morgens nur stadauswärts. Für autonom fahrende Fahrzeuge ist das eine Heraus-

forderung. Genau wie die engen Wohnstraßen mit parkenden Autos links und rechts der Fahrbahn. Im Jahr 2025 will Moia den regulären Dienst mit den Level 4-Fahrzeugen beginnen.

Die Testphase in Hamburg macht deutlich, dass ein Level-4-Auto nicht sofort überall fahren kann. Die Entwickler sprechen von ODD, Operational Design Domains. Das sind Gebiete, in denen Level-4-Fahrfunktionen zuvor geprüft und zugelassen wurden. Außer gut erkennbaren Spurmarkierungen und Beschilderungen zählen dazu auch HD-Landkarten im Fahrzeug, die eine zentimetergenaue Positionierung des Autos in einer Fahrspur ermöglichen. Experten diskutieren eine L4-Spur auf Autobahnen sowie eine Art Tower, der Fahrten in seiner Umgebung überwacht. Ein Level-4-Fahrzeug dürfte beispielsweise keine durchgezogene Linie überfahren. Der Tower könnte zum Umfahren eines Hindernisses die Erlaubnis an das Fahrzeug senden.

## Fazit

Autonomes Fahren und smarte Fahrassistenten zählen schon seit Jahrzehnten zu den großen Begehrlichkeiten in der Pkw-Entwicklung. Immer bessere Kame-

ras sowie Radar- und Lasersensoren haben den Traum in greifbare Nähe gerückt. Nun stellt sich eine erste Ernüchterung ein: Trotz künstlicher Intelligenz und immer leistungsfähigeren Recheneinheiten mag es nicht gelingen, aus der Flut der Sensordaten die Verkehrssituation immer zu einhundert Prozent richtig zu interpretieren und vor allem daraus die angemessene Reaktion des Fahrzeugs zu berechnen.

Für Level 3 und höher müssen die Systeme auf alle Eventualitäten vorbereitet sein. Das heißt für die Entwickler: testen, testen, testen. Die Gesetzgeber müssen gleichzeitig einen regulativen Rahmen entwickeln, der es bei maximaler Verkehrssicherheit für die Hersteller noch lohnend macht, die teure Entwicklung weiter zu treiben.

Das hört sich alles so an, als ob es noch mal 25 Jahre dauern könnte, bis autonomes Fahren Alltag auf der Autobahn wird. Wir wollten wissen, wie die Industrie das beurteilt und haben deshalb im folgenden Artikel mit Johann Jungwirth, Senior Vice President Autonomous Vehicles bei Mobileye, über den aktuellen Stand der Technik und die Zukunft des autonomen Fahrens gesprochen.

(spo@ct.de) ct



**Welche Datenfluten die Moia-Busse verarbeiten, zeigt sich bei einem Blick auf die Recheneinheit im Kofferraum der Versuchsfahrzeuge.**

# „94 Prozent aller Unfälle geschehen durch menschliches Versagen.“

## Mobileye-Vorstand Johann Jungwirth im Interview



**Lenkrad abgeben möchte? Vielleicht will er es lieber weiter in der Hand behalten.**

**Jungwirth:** Ich sehe die Entwicklung in Phasen. Im privaten Bereich haben wir aktuell Level 2 Plus auf der Straße. Wir reden da über „Hands Off, Eyes On“, das heißt: Man muss den Blick noch auf die Straße richten, aber man kann, wenn man möchte, die Hände vom Lenkrad nehmen.

Zeit bekomme ich erst in der nächsten Phase zurück, Level 3. In einigen Betriebsbereichen wie etwa auf Autobahnen kann man dort dann die Augen von der Straße nehmen. Das sehen wir mit unserem Mobileye Chauffeur-System ab 2025/2026, für das wir die ersten unterschriebenen Deals mit Autoherstellern haben. Es wird von hohem Wert sein, wenn das Fahrzeug bis 130 km/h fahren kann, also nicht wie beim Staupilot auf 60 km/h beschränkt ist. Im Staupilot sehe ich einen begrenzten Wert, da er nur im Stop-and-Go arbeitet. Wenn das System aber bis 130 km/h funktioniert, dann umfasst das alle meine Autobahnfahrten von A nach B.

Der springende Punkt wird jedoch sein: Werden Menschen dem System vertrauen? Erst, wenn ich mich anderen Aufgaben widmen kann, etwa ein Buch lesen oder arbeiten, bekomme ich Zeit zurück. Dann wird auch der Wert klar sein.

**c't: Herr Jungwirth, was war bisher die längste Strecke mit dem Auto, auf der Sie sich guten Gewissens von einem Assistenten haben fahren lassen?**

**Johann Jungwirth:** Ich sitze sehr viel in autonomen Autos und überlasse es dem System auch über längere Strecken. Die längste Strecke dürften die zweieinhalb Stunden von Jerusalem über Tel Aviv nach Haifa gewesen sein. Ich lebe mit meiner Familie in Israel. Am Wochenende fahren wir öfter ans Tote Meer und zurück, fast komplett autonom.

**c't: Sind Sie sich sicher, dass der typische Fahrer eines Pkw überhaupt sein**

**c't: Der Drive Pilot von Mercedes-Benz ist zudem ein Schönwetterpilot, der nur tagsüber bei guter Sicht bis 60 km/h funktioniert. Er kostet rund 7000 Euro. Systeme, die mehr leisten, werden kaum billiger sein. Sehen Sie eine starke Bereitschaft, diesen Preis zu bezahlen?**

**Jungwirth:** Aus unserer Sicht ist es wichtig, Einschränkungen zu reduzieren und ein

**Mercedes, Apple, VW: Die Liste der Wirkungsstätten von Johann Jungwirth kann sich sehen lassen. Er ist eine personifizierte Schnittstelle zwischen Auto und IT. Im Gespräch mit c't-Autor Dirk Kunde erklärt der Chef der Sparte Autonomes Fahren bei Intels Selbstfahrertochter Mobileye, warum er weiter an Robo-Autos glaubt.**

Von Dirk Kunde

Tempo von bis 130 km/h möglich zu machen. Der Betriebsbereich muss zudem umfassend genug sein, um auch mit Dunkelheit und leichtem Regen umgehen zu können. Als Fahrer muss man es so empfinden, dass das System eigentlich immer funktioniert und man nur in Ausnahmesituationen eingreifen muss. Das sind die Lösungen, an denen wir arbeiten.

**c't: Was spricht für den Autopiloten, Komfort oder Sicherheit?**

**Jungwirth:** Es ist beides. Sicherheit ist eine Grundanforderung, denn ohne die bekommt man keine Freigabe der staatlichen Behörden. Wenn man damit zehnmal oder hundertmal sicherer fährt als der Mensch, ist es auch für den Kunden ein starkes Argument, das System einzuschalten. Zeit anders nutzen zu können, ist ein Komfortaspekt: Lesen, Arbeiten, Lernen, all das geht schon mit Level-3-Systemen.

**c't: Mit einem Notebook oder Tablet auf dem Schoß oder in den Händen würde ich bei einem Unfall das Gerät durch den Airbag ins Gesicht geschleudert bekommen. Gibt es dafür schon eine Lösung oder besteht dieses Risiko einfach – beispielsweise wie jetzt schon für den Beifahrer?**

**Jungwirth:** Das ist eine Aufgabe der Hersteller. Es gibt sicherlich kreative Lösungen, die Sitzpositionen so zu gestalten, dass dies kein Unsicherheitsfaktor ist; etwa den Sitz ein paar Grad zu drehen. Das sind wichtige Themen, an denen schon gearbeitet wird.

**c't: Der Preis entsprechender Systeme spricht momentan dafür, dass Level-4-Technik vor allem in gewerblichen Fahrzeugen genutzt werden wird. Welche Branchen kommen dafür infrage?**

**Jungwirth:** Wir sehen den Bedarf für die Entwicklung zum Robotaxi am Beispiel des VW ID.Buzz AD beim Fahrdienstleister Moia. Die haben heute bereits die Herausforderung, nicht genug Fahrer zu finden. Um einen solchen Dienst anzubieten, braucht man einen Netzwerkeffekt, also eine gewisse Dichte an Fahrzeugen auf der Straße, sodass Kunden nicht lange warten müssen. Auch das spontane Reagieren auf Nachfrageveränderungen ist nur mit autonom fahrenden Fahrzeugen nach Level 4 möglich.

**c't: Glauben Sie, dass sich jemals irgend-ein Privatkunde ein Level 4-Auto kauft? Der Preis dürfte astronomisch sein.**

**Jungwirth:** Es wird solche Kunden geben, definitiv. Sobald es die Option gibt, nur noch das Ziel einzugeben und das Auto fährt einen selbstständig dorthin, kann das für manche Nutzer schon reizvoll sein. Bereits heute gibt es ja Menschen, die sich so etwas leisten, nur eben mit einem menschlichen Chauffeur.

## „Ich bin eine Kombination aus Techno-logy- und Car-Guy.“

**c't: Ich dachte eher an normale Familienväter. Das Auto dürfte nach dem Haus das teuerste Investitionsgut sein, steht aber in der Regel 90 Prozent der Zeit ungenutzt herum. Ein Level-4-Fahrzeug wäre wirtschaftlicher Wahnsinn.**

**Jungwirth:** Das werden wir sehen. Ich glaube, das wird der Markt regeln. Ob es dann langfristig Flotten- oder eher Privatfahrzeuge sind, das weiß heute noch keiner.

**c't: Die VW-Tochter Moia will in Hamburg ab 2025 mit Robotaxis autonom unterwegs sein. Halten Sie den Zeitpunkt für realistisch?**

**Jungwirth:** Ja, das halte ich für realistisch. In Oslo verfolgen unsere Partner Holo und Ruter ein ähnliches Ziel. Norwegen war führend bei der Einführung der Elektromobilität und hat damit die richtigen Rahmenbedingungen geschaffen. Oslo plant mit bis zu 30.000 autonom fahrenden Fahrzeugen, noch dreimal mehr als in Hamburg. So bekommt man die gewünschten Netzwerkeffekte. Für Nutzer bedeutet das vor allem: kurze Wartezeiten.

**c't: In Innenstädten ist das Verkehrsangebot bereits gut. Werden die Robotaxis die Randbereiche der Städte bedienen?**

**Jungwirth:** Genau da ist es wichtig: In den Randbereichen fährt der Bus nur alle zwei Stunden. Autonome Fahrzeuge können diese Lücken schließen, damit die Wartezeiten akzeptabel sind. Gemeinsam mit dem Rhein-Main-Verkehrsverbund (RMV) und der Deutschen Bahn arbeiten wir am Probeflug mit selbstfahrenden Fahrzeugen, um das On-Demand-Angebot in Darmstadt und Offenbach zu erweitern.

**c't: Selbstfahrende Fahrzeuge können ständig unterwegs sein, ohne einen Parkplatz zu benötigen. Ist das ein Vorteil etwa für selbstfahrende Taxis?**

**Jungwirth:** Das ist natürlich ein großer Vorteil. Es muss so sein, wie ich es gestern bei meiner Fahrt mit einem Ride-Hailing-Dienst erlebt habe: Ich stieg am Hotel aus und der nächste Fahrgäst stieg direkt ein. Das reduziert Wartezeiten und erhöht die Auslastung. Das ist wichtig für die Betreiber, die Leerfahrten reduzieren müssen. Denn erst ab einer Auslastung von mindestens 65 Prozent ist der Betrieb wirtschaftlich.

**c't: Wie sehen Sie die Akzeptanz der Robotaxis in der Öffentlichkeit? Hat sie mit dem Lizenzentzug bei Cruise in den USA nach einem Unfall mit einer verletzten Frau nicht arg gelitten? [Anm. d. Red: Ein Anschlag in San Francisco, bei dem Passanten ein Robotaxi in Brand gesetzt haben, hat erst nach unserem Interview stattgefunden.]**

**Jungwirth:** Die gesamte Industrie muss aus dem Vorfall vor allem die richtigen Schlüsse ziehen und fokussiert weiterarbeiten. Heute werden 94 Prozent aller Unfälle durch menschliches Versagen verursacht, sprich Unaufmerksamkeit, Müdigkeit, Alkohol oder Drogen am Steuer. Mit Robotaxis entfallen alle diese Unfallgründe. Wesentlich ist, dass jetzt keine neuen Gründe durch die Technik hinzukommen.

Letztlich ist das eine Frage der Erprobung. Die Hauptarbeit der nächsten Jahre lautet daher: testen, testen, testen. Vor allem diese seltenen und unerwarteten Fälle, die wir Corner Cases nennen. Damit kommt man in den Bereich, in dem man beweisen kann, dass die Maschine sicherer fährt als der Mensch. Erst ist es der Faktor zwei, dann zehn und irgendwann der Faktor 100.



Bild: Dirk Kunde

#### **VW ID.Buzz AD für Moia auf dem Mobileye-Messestand auf der CES 2024**

Hinzu kommt, dass die Reaktionsgeschwindigkeit der Systeme viel schneller als die der Menschen ist. Die Maschine reagiert innerhalb von 100 bis 200 Millisekunden, der Mensch hat eine Schrecksekunde, braucht 800 Millisekunden bis eine Sekunde, bis er die Situation richtig erfasst und dann reagiert. Und die Sensoren sehen auch bei Nacht gut. Wir setzen auf dreifache Redundanz in unserem Sensor-Set: Kameras, Radar und Lidar. Die Fahrzeuge haben sozusagen dreifach Augen und Ohren.

**c't: Sie bleiben also beim üblichen Trio der Sensoren? Sie würden nichts weglassen oder etwas hinzufügen?**

**Jungwirth:** Stand heute gehen wir mit Kameras, Lidar und Radar an den Start. Also hochauflösende Imaging-Radarsensoren, wie man sie beispielsweise an der zweiten Generation des ID.Buzz AD sieht. Wir bieten 1536 virtuelle Kanäle in den Front Imaging Radarsensoren und 384 virtuelle Kanäle an den Sensoren an den Seiten sowie im Heckbereich. Das bedeutet, wir haben ein Radar mit einer Auflösung, die ähnlich eines Lidar-Sensors ist. Dabei ist die Radar-Technologie robuster und auch günstiger.

**c't: Was halten Sie von Wärmebildkameras, die Menschen und Tiere auf der Straße sehr verlässlich erkennen?**

**Jungwirth:** Die Sensorik wird sich weiterentwickeln, da wird es noch vieles geben, neue Frequenzbereiche, Schwarzlicht und so weiter. Das sind dann alles Verbesserungen und Weiterentwicklungen der bestehenden Sensorik. Wir beobachten das und achten darauf, die Kosten der Systeme attraktiv zu gestalten, auch im Hinblick auf Level 4 für Privatanwender.

**c't: Bei der diesjährigen CES war das Software Defined Vehicle der rote Faden der Aussteller. Die Autohersteller müssen dazu Herr über jede Zeile Code im Auto werden. Können das die etablierten Hersteller?**

**Jungwirth:** Deswegen haben wir dort unsere Driving Experience-Plattform (DXP) vorgestellt. Die Idee: Wir entwickeln alle essenziellen Fahrfunktionen universell. Alles, was keine Differenzierung gegenüber dem Wettbewerber darstellt, nutzen alle OEM gemeinsam. Dazu zählt unter anderem die Umgebungserfassung der Sensoren. Sie muss perfekt funktionieren.

Alles was einzigartig für den Hersteller ist, kann er auf unserer Driving Experience Plattform anpassen. OEMs haben damit Zugriff auf die Applicationlayer, die Libraries und Tools. Im Prinzip lässt sich damit der Fahrstil eines Fahrzeugs komplett individuell gestalten. Jedes Auto muss an einer roten Ampel halten, aber wie genau das Fahrzeug die Annäherung und den Bremsvorgang umsetzt, liegt in der Hand der Hersteller.

Am Ende fährt das Auto so, als ob der Hersteller das gesamte System selbst programmiert hätte. Das sehen wir als den goldenen Mittelweg zwischen einem offenen und einem geschlossenen System. Schließlich muss man für eine iPhone-App nicht jedes Mal iOS neu programmieren.

**c't: Zurück zu Ihren Wochenend-Trips: Reden wir hier über eine Level-2-Plus-Assistenz oder sind Sie schon mit Auto-pilot unterwegs?**

**Jungwirth:** Ich muss alle unsere Produkte von Supervision über Chauffeur bis Drive ausprobieren. Es bringt mir viel Spaß, das selbst zu erleben. Ich bin ja eine Kombination aus Technology- und Car-Guy.

(sha@ct.de) **c't**



[www.javaland.eu](http://www.javaland.eu)

AM NÜRBURGRING

**09.-11.04.2024**



H [ “ Das Besondere an der JavaLand ist, dass hier wirklich alle abgeholt werden – ob Newcomer oder erfahrene Developer. ” ]

Hendrik Ebbers

JETZT TICKETS SICHERN!

DAS PROGRAMM IST ONLINE



Präsentiert von:



Heise Medien

DOAG

Veranstalter:

JavaLand

# Zahlen, Daten, Fakten

## Massenspeicher

Daten entstehen, Daten müssen irgendwo bleiben, zumindest bis man sie nicht mehr braucht. Wie bei Arbeitsspeicher (RAM), dessen Inhalt im Gegensatz zu dem von Massenspeicher beim Abschalten flöten geht, wächst das verfügbare Fassungsvermögen von Generation zu Generation. Das zeigt auch die Geschichte der Massenspeicher. Hier verlief die Entwick-

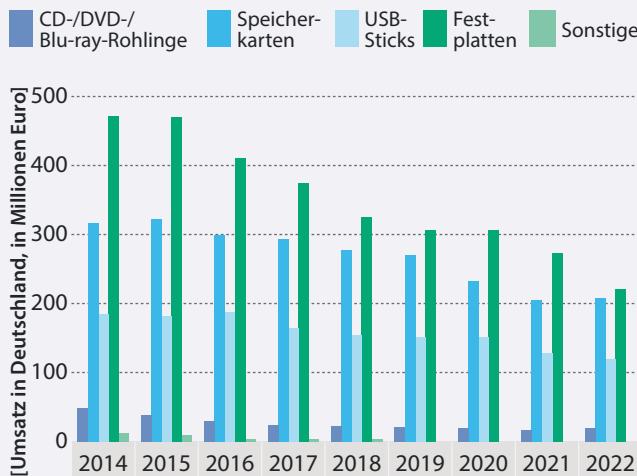
lung während vieler Jahre über Prinzipien, die magnetische Effekte ausnutzen. Optische Speicher spielten vor allem in den zehn Jahren vor den 2000ern eine Rolle, während zurzeit HalbleiterSpeicher etwa als SSD immer beliebter werden.

Ganz grob gerechnet zahlt man auch in jeder Gerätegeneration ungefähr das Gleiche für Massenspeicher, sodass der Preis pro

Gigabyte ordentlich gesackt ist. Schaut man sich die Hersteller an, so ist bei der Gesamtgattung der Speichergeräte Samsung zwar noch stark vertreten, aber nicht mehr so dominant wie bei SSDs. Die bis in die Mitte der Zehnerjahre stetig ansteigende Flut der USB-Sticks scheint langsam zurückzugehen, denn viele Speicheraufgaben haben sich in Clouds verlagert. (mil@ct.de) ct

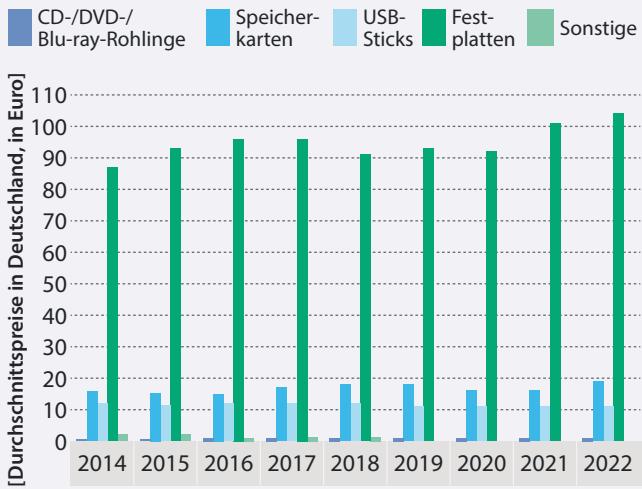
## ► Umsatz

Speichermedien sind als Konsumgüter auf Talfahrt. Offenbar verlegen viele ihre Backups in die Cloud.<sup>1</sup>

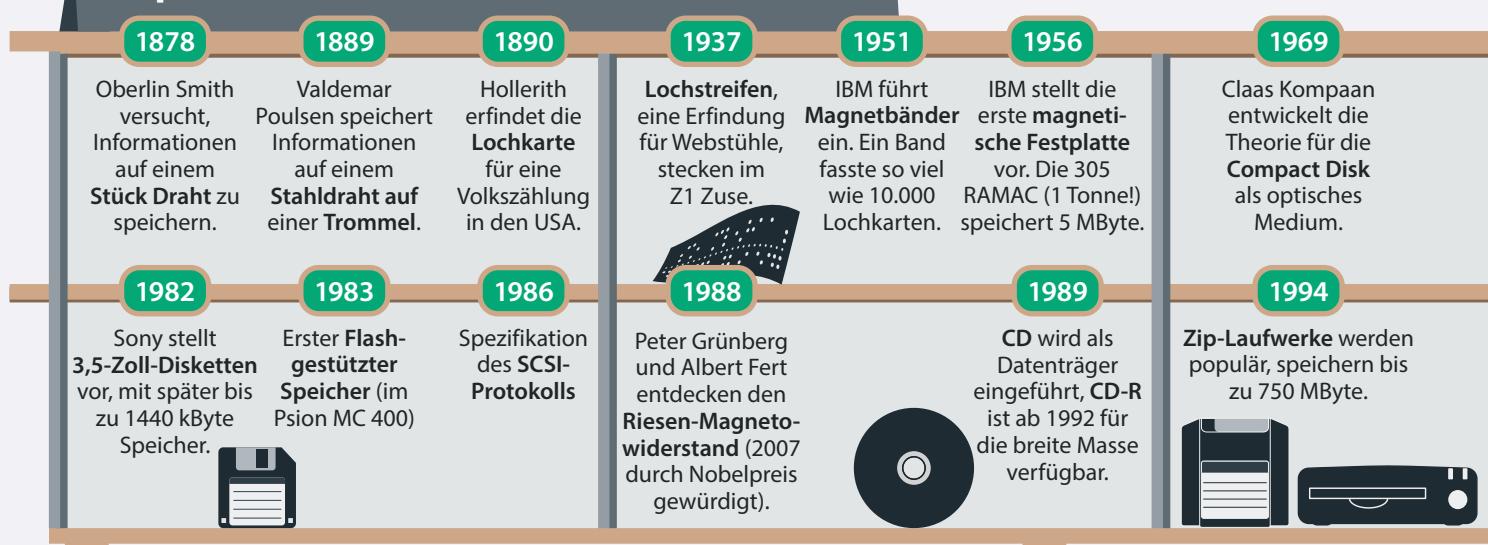


## ► Durchschnittspreise

Die Preise für Speichermedien sind leicht gestiegen. Allerdings bekommt man wesentlich mehr GByte für den Euro.<sup>1</sup>



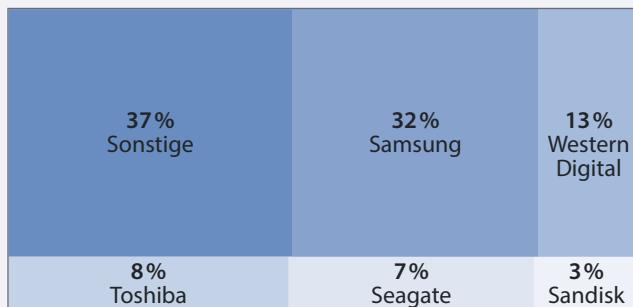
## ► Speicher vor der Jahrtausendwende



## ► Hersteller

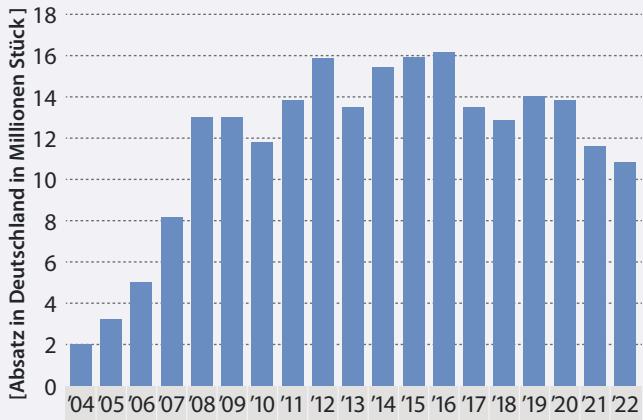
No-Name-Produkte nehmen bereits einen großen Raum bei verkauften Massenspeichern ein.<sup>2</sup>

[weltweit in Prozent, 1/2024]



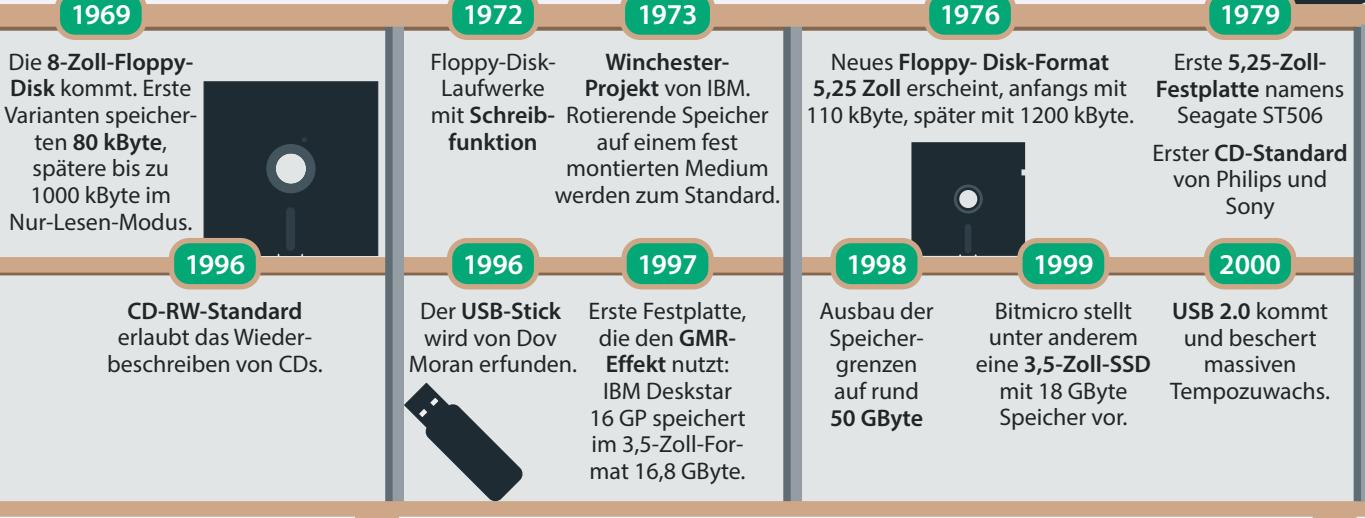
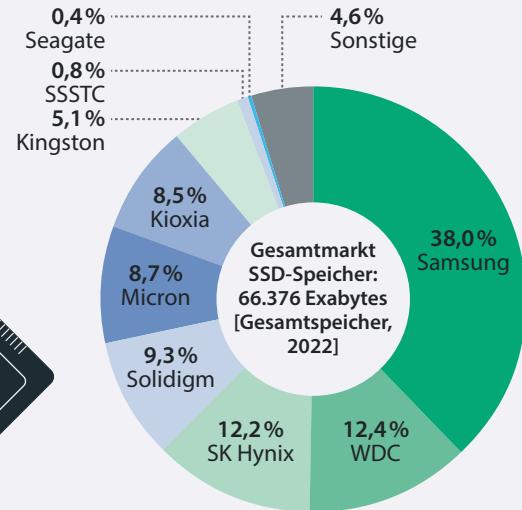
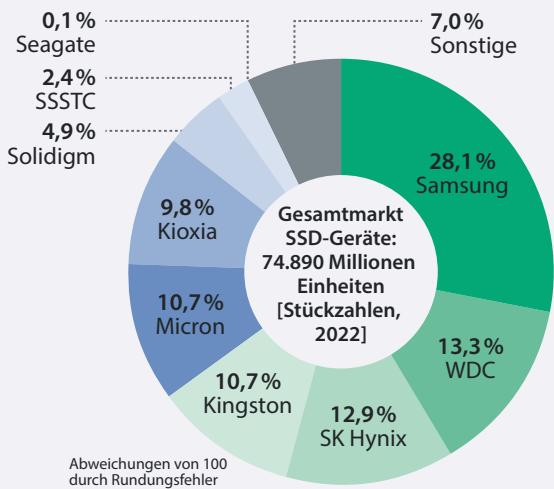
## ► USB-Sticks

Die große Zeit der USB-Sticks ist vorbei. Doch 2022 wurden noch knapp 11 Milliarden Stück verkauft.<sup>1</sup>



## ► SSD: Stückzahlen und Größen

Laut Trendmicro-Studie vom Jahr 2022 stammten viele SSDs von Samsung. Schaut man auf die Speichergrößen, ist der Samsung-Anteil noch größer.<sup>3</sup>



# Fix it

## Recht auf Reparatur soll weiße Ware, Smartphones & Co. langlebiger machen

**Das Recht auf Reparatur gewährt Verbrauchern mehr Rechte gegenüber Herstellern. Diese müssen künftig Ersatzteile liefern, selbst nach der Gewährleistungsfrist. Allerdings greift die Regelung nur für einen exklusiven Produktkreis. Sie wird von der Reparatur-Szene sehr unterschiedlich bewertet.**

Von Robin Brand

**E**in Recht auf Reparatur soll weiße Ware und Elektronikprodukte wie Smartphones und Tablets langlebiger machen. Darauf haben sich Unterhändler des Europaparlaments und der EU-Staaten kürzlich geeinigt. Mit ihrem Vorstoß korrigiert die EU auch ein Versäumnis der Ökodesignanforderungen für Smartphones und Tablets.

Das Recht auf Reparatur soll es einfacher machen, Produkte reparieren zu lassen. Nach EU-Angaben verursachen vorzeitig weggeworfene Waren, die eigentlich repariert werden könnten, jährlich 35 Millionen Tonnen Abfall. Grundlage der Einigung ist ein Vorschlag, den die EU-Kommission vor knapp einem Jahr vorgelegt hatte [1]. Vom Recht auf Reparatur sind nur Produktgruppen erfasst, für die die EU auch Ökodesignregeln formuliert hat. Das sind Smartphones und Tablets, Waschmaschinen, Trockner, Geschirrspüler, Kühlschränke, Displays, Schweißgeräte, Server und Staubsauger. Dass Fahrräder nicht auf der Liste landeten, wie vom EU-Parlament gewünscht, lag am Widerstand der Mitgliedsstaaten.

Das neue Verbraucherrecht wird nicht nur gegenüber dem Händler greifen, sondern Kunden darüber hinaus eine Handhabe gegenüber Herstellern geben. Lässt

man einen Defekt während der gesetzlichen Gewährleistungsfrist reparieren, verlängert sich diese um ein Jahr. Zwei Jahre zusätzliche gesetzliche Gewährleistungsdauer bekommt man zugeschrieben, wenn man sich im Reparaturfall für ein Ersatzgerät entscheidet, weshalb das Bündnis Right to Repair Europe befürchtet, Verbraucher würden sich weiterhin „eher für einen Austausch als für eine Reparatur entscheiden“.

### Ansprüche nach der Gewährleistung

Nach der Gewährleistungsfrist werden Verbraucher eine Reparatur von Defekten bei allen Geräten verlangen können, für die Ökodesignregeln gelten. Außerdem müssen Hersteller darüber informieren, wie teuer die gängigsten Reparaturen ungefähr sind. Ersatzteile müssen Hersteller zu einem „angemessenen Preis“ zur Verfügung stellen. Diese Regelung gilt für die gesamte Lebensdauer der Geräte, die die EU nach Produktgruppen in den jeweiligen

**Die EU will Reparieren attraktiver machen und unter anderem Software-blockaden verbieten.**

Ökodesignregeln definiert: Kühlschränke und Waschmaschinen müssen zum Beispiel zehn Jahre lang reparierbar sein, für Smartphones und Tablets müssen Hersteller sieben Jahre ab Verkaufsende Ersatzteile liefern.

Auch ein Versäumnis der Ökodesign-Regeln für Smartphones und Tablets [2] korrigiert das Recht auf Reparatur. So verbieten die Ökodesignregeln Herstellern nicht, Reparaturen durch Softwareblockaden zu kontrollieren. Apple beispielsweise erschwert durch sogenanntes „parts pairing“ freien Werkstätten die Reparatur [3]. Das Recht auf Reparatur ändert das und untersagt Herstellern explizit, Reparaturen „vertraglich, technisch oder durch Softwareeinstellungen zu erschweren“.

Die EU verpflichtet künftig Mitgliedsstaaten, Reparaturen zu fördern, etwa mit Reparaturgutscheinen, einem Reparaturfonds oder durch den Aufbau lokaler Reparaturinitiativen. Über eine europäische Reparaturplattform sollen Werkstätten ihre Dienstleistungen anbieten können. Vor allem kleine und mittlere Unternehmen sollen davon profitieren.

### Kritik und Beifall

Im Großen und Ganzen positiv kommentieren Umwelt- und Right-to-Repair-Initiativen sowie Reparaturbetriebe und Aufbereiter die EU-Beschlüsse. iPhone-Aufbereiter Swappie spricht in einer Mitteilung von einer „bahnbrechenden Einigung“, die einen entscheidenden Schritt zur Förderung von Nachhaltigkeit, Ver-



braucherschutz und Wettbewerb in der Reparaturbranche der EU darstelle.

Die Initiative Right to Repair Europe erkennt in der Regelung einen „großen Schritt nach vorn“, kritisiert aber, dass die Regelung nur für bestimmte Produktgruppen gelte. „Damit bleiben viele potenziell problematische Produkte wie Notebooks, Spielzeuge oder kleinere Haushaltsgeräte unreguliert. Weitere Produktgruppen sollten so schnell wie möglich hinzugefügt werden“, kommentiert auch Anna Hannisch, Referentin für Kreislaufwirtschaft beim NABU. Mit Fairphone äußerte sich auch ein Smartphonehersteller wohlwollend zum Recht auf Reparatur, wenngleich sich Thea Kleinmagd, im Unternehmen zuständig für Kreislaufwirtschaft, einen breiteren Zugang zu Reparaturinformationen und Ersatzteilen gewünscht hätte.

## Hersteller gegen freien Ersatzteilmarkt

Nach Ansicht von Tim Seewöster, Geschäftsführer des Refurbishers asgoodas-

new, geht die EU nicht weit genug. Er fordert einen offenen Ersatzteilmarkt. „In der Automobilbranche ist es bereits seit langem Standard, dass Reifen, Zündkerzen oder andere Bauteile nicht nur original von Audi, BMW oder Volkswagen, sondern von Continental oder Bosch kommen.“

Genau dagegen sprach sich während der Verhandlungen die Lobbygruppe Digitaleurope aus. Der Herstellerverband hat Sicherheitsbedenken, wenn die Ersatzteile nicht vom Hersteller selbst stammen. Auch von der Idee, das Recht auf Reparatur über Produktgruppen hinweg anzuwenden, hält Digitaleurope wenig. Vielmehr will der Verband dessen Anwendung weiterhin daran koppeln, dass bereits Ökodesignregeln für eine Produktgruppe existieren, was das Recht auf Reparatur für neue Produktgruppen Jahre hinauszögern würde. Auch Zuschrüsse für Reparaturen sieht der Herstellerverband kritisch. Diese könnten sich negativ auf „nachhaltige Konsumgewohnheiten auswirken, da

die tatsächlichen Reparaturkosten nicht auf den Endverbraucher abgewälzt würden“, behauptet Digitaleurope.

Der genaue Rechtstext für das Recht auf Reparatur war bei Redaktionsschluss noch nicht veröffentlicht. Dies passiert in der Regel einige Wochen nach Einigung der Unterhändler. Das Parlament und die EU-Staaten müssen dem Kompromiss zustimmen. In den meisten Fällen ist das reine Formsache. (rbr@ct.de) ct

## Literatur

- [1] Harald Büning, Endlich wieder langlebige Technik? Das europäische „Recht auf Reparatur“ unter der Lupe, c't 15/2023, S. 160
- [2] Robin Brand, Reparieren bleibt ein teurer Spaß, Batterieverordnung, Recht auf Reparatur, Ökodesign: Was die EU-Regeln für Smartphones bringen, c't 18/2023, S. 132
- [3] Robin Brand, Holger Zelder, Schrauben mit Hindernissen: Apples Self Repair Programm ausprobiert, c't 6/2023, S. 156

**Aktuelle Entwicklungen zum Thema lesen Sie unter: [ct.de/y1pg](http://ct.de/y1pg)**

# Bestens verdrahtet!

Auch als  
Heft + PDF  
mit 28% Rabatt

The magazine cover for 'ct NETZWERKE' has a blue header with the title and a white footer with a red circle containing the text 'inkl. 50 Seiten Fritzbox'.

Schnelles WLAN, eine komplette Abdeckung in Ihrem Zuhause und bei Bedarf das eigene VPN. Das c't-Sonderheft deckt alle wichtigen Netzwerkthemen ab mit einem Schwerpunkt rund um den beliebten Fritzbox-Router und seinem stark verbesserten FritzOS:

- Fritzbox einrichten und tunen
- Kaufberatung: die beste Fritzbox für jeden Anschluss
- Mesh & Repeater optimal auswählen
- Mit speziellen VPNs die Privatsphäre schützen
- Netzwerke bauen
- Das bringen Wi-Fi-6E und Wi-Fi-7

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

[shop.heise.de/ct-netzwerke23](http://shop.heise.de/ct-netzwerke23)



Bild: Collage c't

# Wider den gesunden Statistikverstand

**AI Act: Was aus rein mathematischen Gründen gegen anlasslose Überwachung spricht**

**Nach langem Gezerre ist die europäische KI-Verordnung abgenickt. Doch der AI Act öffnet eine Hintertür für biometrische Massenüberwachung. Befürwortern und Entscheidern ist oft nicht bewusst, dass eine solche Verwendung aufgrund mathematisch-statistischer Gesetze unangemessen hohe Risiken birgt.**

Von Andrea Trinkwalder

**W**ie groß darf die Fehlerquote einer Gesichtserkennung maximal sein, damit biometrische Massenüberwachung keinen unverhältnismäßig hohen Schaden anrichtet? 1 Prozent? 0,1 Prozent? 0,01 Prozent? Wie viele Fehler darf sich ein sogenannter CSAM-Scanner (Child Sexual Abuse Material) erlauben, der die gesamte Kommunikation jedes EU-Bürgers daraufhin analysiert, ob sie Darstellungen von sexualisierter Gewalt gegen Kinder enthält? Diese und ähnliche Fragen stellen Abgeordnete und Mitglieder von Ausschüssen, die in der EU über die Einführung solch flächendeckender Überwachungsmethoden entscheiden.

Doch es sind die falschen Fragen, mahnen Experten wie Gerd Gigerenzer, Direktor des Harding-Zentrums für Risikokompetenz an der Universität Potsdam und die Politikwissenschaftlerin Vera Wilde vom Hertie School Centre for Digital Governance. Selbst eine verschwindend gering wirkende Fehlerquote von 0,001 Prozent – also eine als nahe hundert Prozent wahrgenommene Trefferquote von 99,999 Prozent – kann einen verheerenden Schaden in der Gesellschaft anrichten. De facto liegt die Trefferquote aber deutlich darunter, insbesondere wenn sich die Technik im echten Leben, also auf Bahnhöfen oder an-

deren öffentlichen Plätzen, beweisen muss.

Hinter Bild- und insbesondere Gesichtserkennung steckt mittlerweile fast immer ein tiefes neuronales Netz. Das heißt: Diese Systeme wurden mithilfe von Beispieldotos darauf trainiert, Menschen oder andere Objekte zu identifizieren. Das Training wird gesteuert von einer Optimierungsfunktion, die die Fehlerquote des Systems minimiert. Sie bewirkt, dass sich die Parameter nach jedem Trainingsdatensatz so verändern, dass der Prognosefehler im Laufe der Zeit immer geringer wird, bis das System sich nicht mehr weiter verbessern kann. Am Ende hat sich das zuvor recht unspezifische neuronale Netz zu einem System entwickelt, das die charakteristischen Merkmale aus Fotos extrahiert, um zum Beispiel Gesichter voneinander zu unterscheiden.

Doch egal, wie gut die Gesichtserkennung wird und wie komplex die Abläufe im Inneren sind: Bei der vermeintlichen Erkennung handelt es sich immer nur um eine Prognose, also um einen Wahrscheinlichkeitswert. Speist man zum Beispiel ein Foto aus einer Überwachungskamera in das System ein und gleicht dieses mit der Terroristendatenbank ab, so wird es die charakteristischen biometrischen Merkmale extrahieren und mit denen der gespeicherten Terroristenfotos vergleichen. Das Ergebnis ist eine Rangliste, etwa: Mit 90 Prozent Sicherheit handelt sich um Person 5, mit 60 Prozent um Person 10 und die Übereinstimmung mit Person 25

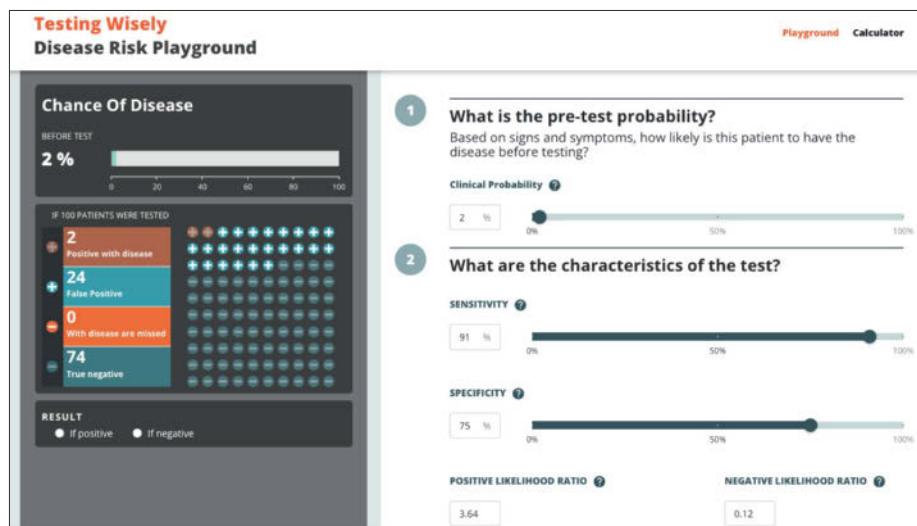
beträgt nur 0,8 Prozent. Das System würde sich also für Person 5 entscheiden, kann damit aber auch danebenliegen. Ist die Übereinstimmung mit keinem bekannten Terroristen hoch genug (zum Beispiel nur maximal 45 Prozent), wird das neuronale Netz wohl die Kategorie „kein Terrorist“ vorschlagen. Auch diese Einschätzung kann falsch sein, zum Beispiel wenn sich die Person mit einer Brille, einem dichten Bart und einem Käppi tarnet.

### Geringe Fehlerquote, riesige Zahlen

Es gibt also immer eine Fehlerquote, die sich aus zwei Arten von Fehlern zusammensetzt: den Falsch-Positiven („Terrorist“, obwohl es keiner ist) und den Falsch-Negativen („kein Terrorist“, obwohl es einer ist). Auch wenn es darum geht, unbekannte CSAM-Inhalte aus der Kommunikation herauszufischen, gibt es erheblichen Interpretationsspielraum und damit diverse Fehlerquellen. Beispielsweise muss die KI das Alter der abgebildeten Personen einschätzen und erkennen, ob eine strafbare Handlung vorliegt. Auch solche Systeme haben naturgemäß eine Gesamtfehlerquote, die sich aus Falsch-Positiven und Falsch-Negativen zusammensetzt. In der Praxis müssen die Betreiber aber immer für den jeweiligen Verwendungszweck eine möglichst gute Balance finden. Stellt etwa eine Bank ihren Scanner zur Betrugserkennung extrem scharf, um möglichst jeden Betrugsversuch aufzudecken, wird es unzumutbar

## ct kompakt

- Die Trilogverhandlungen zum AI Act haben die ursprünglich geplanten faktischen Verbote von Echtzeitüberwachung und Emotionserkennung gehörig aufgeweicht.
- Solche Massenscreenings auf selte-ne Probleme können verheerende Folgen für die Gesellschaft haben.
- Das liegt an der unangemessen hohen Falsch-Positiv-Rate solcher Systeme. Reparieren lässt sich dies aufgrund mathematischer Gesetzmäßigkeiten kaum.



Das Online-Tool „Medical Test Calculator“ (siehe ct.de/y74g) lädt zum Experimentieren ein und vermittelt ein Gefühl für den Zusammenhang zwischen falsch-positiven und falsch-negativen Ergebnissen statistischer Modelle.

„Wir können nicht jeden vor allem schützen“, resümiert die Politikwissenschaftlerin Dr. Vera Wilde in ihrem Aufsatz „Rock, Paper, Statistics: Mass screening for rare problems endangers society“ (siehe ct.de/y74g). Darin versucht sie, das Bewusstsein für die mathematischen Gesetze zu schärfen, die das Massenscreening bei solch ungleich verteilten Gruppen absurdum führen.

Zusätzlich zu dem oben beschriebenen Problem der Seltenheit eines Ereignisses – also der Zugehörigkeit zu einer extrem kleinen Gruppe – nennt Wilde zwei weitere Bedingungen, unter denen solche Systeme versagen: Erstens, wenn das Verifizieren der Ergebnisse mit beträchtlichen Kosten und Risiken verbunden ist. Dann würde für einen Großteil der betroffenen Personen der resultierende Schaden den Nutzen überwiegen. Und zweitens, wenn sich die Ergebnisse mit wissenschaftlichen Tests gar nicht prüfen lassen. Dann besteht die anfängliche Unsicherheit weiter.

### Verheerende Chatkontrolle

Welchen Flurschaden ein System mit einer vermeintlich akzeptablen Fehlerquote anrichten kann, hat auch Gerd Gigerenzer am Beispiel der kontrovers diskutierten EU-weiten Chatkontrolle durchgerechnet. Ein entsprechender Gesetzentwurf sieht vor, dass die gesamte Kommunikation clientseitig auf CSAM-Inhalte und Grooming, also der gezielten Kontaktaufnahme mit pädokrimineller Absicht, gescannt wird. Dafür kämpft nicht nur EU-Kommisarin Ylva Johansson, sondern im Hinter-

grund auch ein ganzes Heer aus Lobbyisten der US-amerikanischen Überwachungsindustrie, siehe [1]. Ein solches Gesetz hätte zur Folge, dass die Ende-zu-Ende-Verschlüsselung zerstört wird, eine Überwachungsinfrastruktur entstünde und das System am Ende sogar Kinder und Jugendliche gefährden könnte, die untereinander intime Fotos austauschen.

Gigerenzers exemplarische Rechnung gründet auf folgenden Annahmen: Allein auf WhatsApp und allein in Deutschland werden pro Tag rund 3 Milliarden Nachrichten verschickt. Wenn sich hinter nur 0,0001 Prozent, also einer von zehntausend Nachrichten, CSAM oder Grooming verbirgt, wären es insgesamt 3000 Nachrichten pro Tag. Um die Verhältnisse besser visualisieren zu können, rechnen wir im Folgenden mit 2 Milliarden Chats und somit 2000 missbräuchlichen Nachrichten. Bei einer eher unrealistisch hohen Trefferquote von 99,9 Prozent würde das System davon 1998 Nachrichten entdecken. Allerdings würde es auch von den legalen Fotos und Videos fast zwei Millionen fälschlicherweise als missbräuchlich einstufen. Übrigens: Auch wenn man einen deutlich höheren CSAM/Grooming-Anteil (etwa eine von tausend Nachrichten) zugrunde legt, bleibt das eklatante Missverhältnis aus Falsch-Positiven und Echt-Positiven bestehen.

Die Dimensionen und Verhältnisse sind nur schwer vorstell- und darstellbar, deshalb zum Vergleich: Steckt man jede WhatsApp-Nachricht in ein Standardbriefkuvert mit rund 20 Zentimetern Breite, dann ergeben die zwei Milliarden

Nachrichten aneinandergereiht eine Strecke von 400.000 Kilometern. Das entspricht ungefähr der Entfernung von Erde und Mond. Die Kette der falsch-positiven Kuverts wird immerhin knapp 400 Kilometer lang und schafft es damit ebenfalls weit ins All, nämlich bis zur internationalen Raumstation ISS. Die Richtig-Positiven bringen es hingegen nur auf knapp 400 Meter, was ungefähr dem Weg zum nächstgelegenen Bäcker entspricht. Oder, wenn man bei der Höhe bleiben möchte: Die Briefkette würde nur bis zur Spitze eines Mittelklasse-Wolkenkratzers reichen.

Die als CSAM beziehungsweise Grooming klassifizierten Bilder sollen einem 2022 bekannt gewordenen internen Bericht der EU-Kommission zufolge anschließend von Menschen überprüft und händisch aussortiert werden. Die Genauigkeit der aktuellen Grooming-Erkennungstechnik beträgt laut diesem Bericht lediglich 90 Prozent. Nur 9 von 10 gemeldeten Nachrichten enthalten also tatsächlich Versuche von Pädokriminellen, sich das Vertrauen von Kindern zu erschleichen. Bei der Erkennung unbekannter Missbrauchsbilder geht die EU-Kommission von „über 90 Prozent Genaugigkeit und 99 Prozent Präzision“ aus, wie aus der Folgenabschätzung zum Verordnungsentwurf hervorgeht.

In der Realität dürften die jeweiligen Fehlerquoten allerdings deutlich höher liegen, denn die Zahlen beruhen auf Herstellerangaben. Die Anbieter haben gegenüber der EU-Kommission nicht offen gelegt, mit welchen Daten sie ihre Systeme

## Anlassloses Massenscreening: zu viele Falsch-Positive

Würde man die 2 Milliarden WhatsApp-Nachrichten aus unserem Beispiel in ein 20 cm breites Kuvert eintüten und aneinander reihen, dann reicht der „Kettenbrief“ von der Erde bis zum Mond. Der Anteil der Falsch-Positiven schafft es

ebenfalls noch weit ins All, nämlich bis zur 400 km entfernten ISS. Der Anteil der korrekt als missbräuchlich eingestuften Chats erreicht mit 400 Metern nur die Höhe eines mittleren Wolkenkratzers und ist auf dieser Skala gar nicht darstellbar.

Erde – Wolkenkratzer (kleiner Punkt)  
korrekt als Missbrauch  
klassifizierte Chats 0,399 km

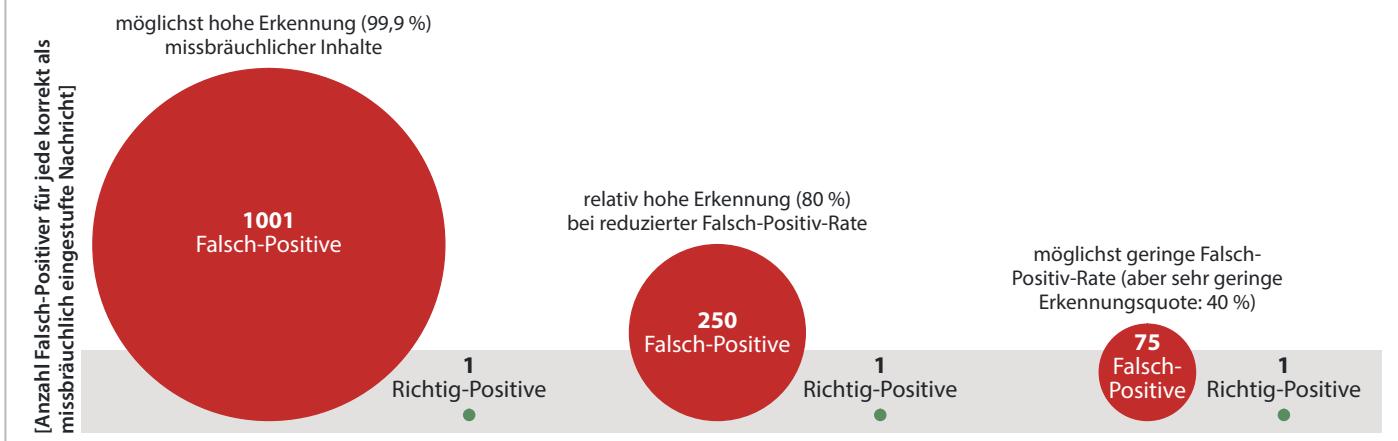
Erde – Mond  
Gesamtzahl Chatnachrichten 400.000 km

Erde – ISS  
fälschlicherweise als Missbrauch  
klassifizierte Chats 399,99 km

## Das Falsch-Positiv-Dilemma

Wenn Bild- oder andere Detektoren in Massenscreenings zum Einsatz kommen, um selten auftretende Probleme zu erkennen, tut sich ein statistisches Dilemma auf. Selbst bei sehr hoher Genauigkeit (Accuracy) des im Text beschriebenen exemplarischen CSAM- und Grooming-Scanners kommt es zu überproportional vielen Falsch-Positiven (links). Also stellt man das System weniger

scharf, sodass es zum Beispiel nur 80 Prozent unbekannter missbräuchlicher Chat-Nachrichten erkennt (Mitte). Pro erkanntem CSAM würden dann aber immer noch über 200 Falschmeldungen eingehen. Auch bei einer inakzeptablen niedrigen Erkennungsquote von nur 40 Prozent kämen 75 Falsch-Positive auf eine korrekt identifizierte Nachricht (rechts).



getestet haben. Deshalb lässt sich auch nicht abschätzen, wie gut die Technik unter realistischen Bedingungen arbeitet.

### Statistisches Dilemma

Es führt also kein Weg daran vorbei, die Falsch-Positiv-Rate erheblich zu senken. Um dies zu erreichen, müsste man das System aber so justieren, dass es den Großteil der Missbrauchsbilder durchwinkt. Damit würde es seinen Zweck nicht mehr erfüllen.

Diesen statistischen Gesetzmäßigkeiten unterliegen viele Massenscreenings, die Krankheiten, Seuchen oder andere seltene Ereignisse verhindern sollen, etwa: Krebs in einem möglichst frühen Stadium erkennen, Coronaerkrankte in Quarantäne schicken, bevor sie eine Epidemie auslösen, oder eben gesuchte Verbrecher per Echtzeitvideoerkennung am Berliner Hauptbahnhof herausfischen. Bei all diesen Szenarien kann das oben beschriebene statistische Phänomen zuschlagen: sehr viel Aufwand, wenige Treffer, erheblicher potenzieller Schaden durch Fehldiagnosen.

In der Medizin löst man das Dilemma dadurch, dass man nicht alle Menschen von 0 bis 99 zum Screening schickt, sondern nur diejenige Bevölkerungsgruppe, in der die Krankheit mit relativ hoher Wahrscheinlichkeit auftritt. Zur Darm- und Brustkrebsvorsorge werden zum Bei-

spiel erst Menschen ab 50 geladen. Man berücksichtigt also die Prävalenz, das Auftreten des Phänomens in unterschiedlichen Gruppen der Gesamtpopulation. Dadurch fällt die Nutzen-Schaden-Rechnung deutlich günstiger aus, sodass pro gerettetem Leben deutlich weniger Gesunde gefährdet werden, etwa durch Strahlenbelastung oder weitere (invasive) Untersuchungen.

### Fazit

Es ist verlockend: Man installiert ein paar Screening-Tools, die Verbrecher und lebensbedrohliche Krankheiten erkennen, bevor sie Schaden anrichten, und fortan hat die Gesellschaft ein paar Probleme weniger. In vielen Fällen ist das ein unrealistischer Traum, wie es Vera Wiley in ihrem Aufsatz auf den Punkt bringt: „Technology can't escape maths“ (Die Technik kann den mathematischen Gesetzmäßigkeiten nicht entkommen). Viele Hersteller wissen das, denn ähnlich wie im Krieg lapidar von Kollateralschäden die Rede ist, wenn Hunderte bis Tausende beim Versuch sterben, ein „strategisches Ziel“ zu zerstören, so werden auch die verheerenden Auswirkungen der Massenüberwachung kleingeredet: Meist nennen Hersteller und Befürworter von Überwachungssoftware nur eine allgemeine Erkennungsquote (Accuracy) und differenzieren nicht zwischen Falsch-Positiven

und Falsch-Negativen. Absolute Zahlen veröffentlichen sie ohnehin nicht, die wären ja beunruhigend hoch. Stattdessen operieren sie mit akzeptabel wirkenden, nicht nachprüfbar Zahlen, die das wahre Ausmaß des Flurschadens, den ihre Systeme anrichten, verschleieren.

Risikomanagement-Experten wie Gerd Gigerenzer und Vera Wiley fordern deshalb, dass der Gesetzgeber strenge Anforderungen für Massenscreenings auf seltene Probleme definiert: Hersteller müssten vor der Implementierung nachweisen können, dass die Technik mehr Nutzen als Schaden anrichtet und unabhängige Experten sollten Kosten, Nutzen sowie Risiken der Systeme evaluieren. Außerdem müssten alle relevanten Daten veröffentlicht werden, nebst Angaben, wie sie analysiert und interpretiert wurden.

Leider wurden Regularien im AI Act, die genau in diese Richtung zielten, während der jüngst abgeschlossenen Trilogverhandlungen aufgeweicht: Nun steht doch eine Hintertür für solch fragwürdige Techniken offen.

(atr@ct.de) ct

### Literatur

[1] Kathrin Stoll, Privatsphäre-Alptraum, c't 24/2023, S. 14

**Studien und interaktive Visualisierungen:** [ct.de/y74g](http://ct.de/y74g)



Bild: KI Midjourney | Collage c't

# Menschenmengen-Arithmetik

## Von Zollstock bis KI: Wie man die Teilnehmerzahl auf Massenveranstaltungen ermittelt

**Bestand das Lichtermeer in München aus 100.000 oder 300.000 Menschen? Strömen in Hamburg 60.000, 100.000 oder gar noch mehr zur Demo gegen Rechtsextremismus? Polizei und Veranstalter liegen in ihren Schätzungen oft weit auseinander. Die Größe einer Menschenmenge korrekt zu berechnen, ist gar nicht so einfach.**

Von Andrea Trinkwalder

**N**ach fast jeder Demonstration entzündet sich reflexartig die Diskussion um die Teilnehmerzahl und man wundert sich: Wie kommt es, dass die Schätzungen von Polizei und Veranstalter um Tausende oder gar Zigtausende Personen auseinander liegen? Klar: Der Veranstalter hat immer ein Interesse daran, eine möglichst hohe Teilnehmerzahl zu verkünden, während der (politische) Gegner diese regelmäßig kleinredet. Die Polizei wiederum benötigt die Zahlen vor allem zur Einsatzplanung und für ihr Sicherheitskonzept.

Zwar wird den Polizeisprechern gerne unterstellt, dass sie absichtlich niedrige Zah-

len verbreiten, um ihre arg knappe Personalplanung zu rechtfertigen. Belegen lässt sich diese Behauptung allerdings nicht: Soziologen, die sich mit diesem Phänomen befassen, sehen keine belastbaren Hinweise darauf, dass die Polizei ein Eigeninteresse an besonders niedrigen Zahlen haben könnte. Im Fall der Hamburger Demo gegen Rechts am 19. Januar rechnete die Behörde aufgrund des hohen öffentlichen Interesses „ausnahmsweise“ nochmals nach und korrigierte die Zahlen schließlich deutlich nach oben, wie wir weiter unten erklären.

Tatsächlich ist es nicht einfach, die Anzahl der Individuen auf einer Massen-

veranstaltung einigermaßen korrekt zu beziffern: Abzählen scheitert am Aufwand, beim Berechnen gibt es viel Interpretationsspielraum und Personenerkennung via KI neigt zu Verwechslungen. Wir werfen einen Blick auf den Stand der Technik und wie man es schafft, das Unzählbare realistisch einzuschätzen.

## Tückische Dichte

Theoretisch ist das Berechnen ganz einfach. Man benötigt nur die Fläche A (in m<sup>2</sup>) und die Personendichte P (durchschnittliche Anzahl der Menschen pro Quadratmeter). Dann ergibt sich die Teilnehmerzahl T schlicht aus der Formel  $T = A \cdot P$ . In der Praxis lässt sich aber nur die Fläche A einigermaßen zuverlässig ermitteln, doch wie viele Personen haben sich tatsächlich einen Quadratmeter geteilt?

Um dies herauszufinden, benötigt man geeignete Fotos. Aus der Luft von einer Drohne oder einem Hubschrauber aus aufgenommene Bilder zeigen die realen Abstände zwischen den Menschen relativ gut. Stammen sie hingegen von fest installierten Kameras oder von Teilnehmern, dann wirkt das Gedränge viel enger, als es tatsächlich war. Hinzu kommt, dass die Personendichte nicht überall gleich ist: Bei jeder Großveranstaltung gibt es zentrale Bereiche (meist vor der Bühne), in denen die Menschen dicht beieinander stehen, an den Rändern wiederum geht es eher luftig zu. Man kann also anhand der Bilder und der darauf erkennbaren, durch die Perspektive verfremdeten Verteilungsmuster nur grob erahnen, wie hoch die Personendichte im Schnitt war.

Veranstalter rechnen gerne großzügig mit einem Wert von drei oder mehr Personen pro Quadratmeter – der oft nur lokal, aber nicht flächendeckend erreicht wurde. Ob es nun im Schnitt zwei oder drei waren, macht auf einem großen Gelände auch einen großen Unterschied: Bei einer Veranstaltungsfäche von 90.000 Quadratmetern wie jüngst beim Lichtermeer gegen Rassismus auf der Münchener Theresienwiese beträgt die Differenz dann 90.000 Personen.

Wer die von verschiedenen Akteuren kolportierten Zahlen überprüfen möchte, kann mithilfe von Online-Tools und Infoquellen selbst ein Bild von der Lage gewinnen, zumindest ein grobes. Erste Anlaufstelle für eigene Experimente ist das MapChecking-Tool von Anthony Catel. Es kombiniert eine Google-Maps-Karte mit einem Markierwerkzeug, einem Rechner

und ein paar nützlichen Links zu Grafiken, die beim Abschätzen der Dichte helfen.

## Eigenes Lagebild

Zunächst grenzt man auf der Karte den Bereich ein, in dem sich die Teilnehmer aufhielten. Daraufhin berechnet der Map-Checker automatisch die belegte Fläche. Schon hier gibt es Interpretationsspielraum beziehungsweise Raum für Ungenauigkeiten: Wo sich tatsächlich Menschen aufgehalten haben (können), muss man aus Fotos ableiten. Bei Großveranstaltungen gibt es häufig Rettungsgassen, deren Fläche abzuziehen ist. Werden auch Menschen berücksichtigt, die aus Seitenstraßen hinzuströmen, oder nur diejenigen, die sich in dem offiziell „gebuchten“ Areal aufhalten? Ganz zu schweigen von jenen, die umdrehten, als sie erfuhren, dass die Demo wegen Überfüllung aufgelöst wurde. Die Polizei etwa betrachtet häufig nur das vorab definierte Veranstaltungsgelände, weshalb sie in München und Hamburg auf deutlich geringere Zahlen kam als die Organisatoren.

Die Personendichte lässt sich bei MapChecking mithilfe eines Schiebereglers einstellen, wobei die Markierungen „Light“ (0,75 Personen pro m<sup>2</sup>), „Crowded“ (2,2 Personen) und „Packed“ (4,5 Personen) erste Orientierung geben. Wer sich nicht vorstellen kann, wie „crowded“ aussieht und woran man „packed“ erkennt, folgt einfach dem Link „How does it look like?“ oberhalb des Schiebereglers. Er führt zur Website des britischen Risikomanagement-Experten Keith Still, der das Verhalten von Menschenmassen wissenschaftlich erforscht. Zwölf computergene-

## c't kompakt

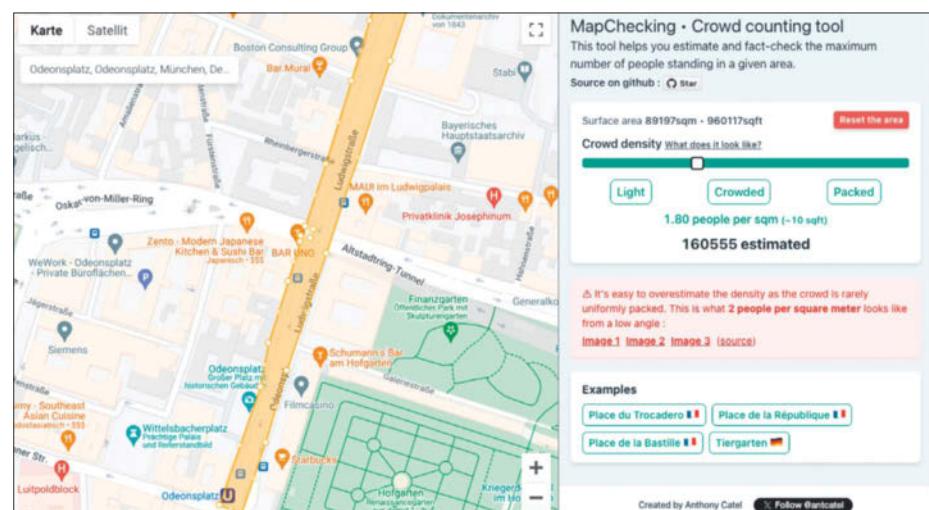
- Nach Demonstrationen gibt es regelmäßig Diskussionen um die Teilnehmerzahl: Oft liegen die Angaben von Polizei und Veranstalter sehr weit auseinander.
- Das liegt auch daran, dass es schwierig ist, die Parameter zur Berechnung korrekt einzuschätzen.
- Genauer zählen könnten KI-Systeme, aber auch die haben ihre Tücken.

rierte Grafiken vermitteln dem Betrachter ein Gefühl dafür, ob sich auf einem Foto von einer aktuellen Demo eher 0,5, zwei oder gar vier Personen pro Quadratmeter aufgehalten haben.

## Inhomogene Masse

Dennoch bleibt es schwierig: Die Demo gegen Rechtsextremismus in München Ende Januar erstreckte sich vom Odeonsplatz bis hin zur Münchener Freiheit. Um exakt zu bestimmen, wie viele Menschen sich dort aufgehalten haben, müsste man anhand einer Luftaufnahme relativ viele unterschiedliche Dichtebereiche separat markieren und berechnen. Weil sich der Aufwand nicht lohnt, muss der Durchschnittswert einigermaßen realistisch geschätzt werden.

Sehr differenziert auseinandergesetzt hat sich damit der Technisch-Wissenschaftliche Beirat Vereinigung zur Förderung des Brandschutzes (vfdb). Für ihren Bericht „Statische und dynamische Personendich-



**Menschenmengen selbst berechnen:** MapChecking ist ein praktisches Online-Tool, mit dem jeder experimentieren und sich ein Bild von der Lage verschaffen kann.



Bilder: G. Keith Still; gkstill.com

**Der Risikomanagementexperte Keith Still demonstriert auf seiner Website mit zahlreichen Beispielen, wie es aussieht, wenn Menschen sehr locker, etwas enger oder sehr dicht beieinander stehen. In der linken Visualisierung teilen sich zwei Personen einen Quadratmeter, in der rechten sind es drei.**

ten bei Großveranstaltungen“ haben die Forscher zahlreiche Fotos von Großveranstaltungen solcher Events zusammengetragen und analysiert. Als Resultat findet man darin so ziemlich alle Richtwerte inklusive Grafiken, die man bei stehenden und sich bewegenden Menschenmassen je nach Situation ansetzen kann.

Die theoretisch mögliche maximale Personendichte liegt demzufolge zwischen 7 und 9 Personen pro Quadratmeter. Diese werde allerdings in der Praxis bei Weitem unterschritten, wenn die Menschen ohne äußere Krafteinwirkung eng zusammenstehen. Bei dieser sogenannten freiwilligen Personendichte teilen sich maximal fünf bis sechs Personen einen Quadratmeter. Die maximal beobachteten Dichten lagen bei den meisten Veranstaltungen allerdings nicht über 4 Personen pro Quadratmeter, und: „Auf die gesamte Veranstaltungsfläche bezogen kann man dann von einer durchschnittlichen Dichte von unter 2 P/m<sup>2</sup> ausgehen, da immer Be-

reiche mit einer deutlich geringeren Dichte vorhanden sind“, resümieren die Forscher. Weiter heißt es: „Die Erfahrungen mit allen analysierten frei zugänglichen Veranstaltungen haben gezeigt, dass die offiziell bekannt gegebenen Besucherzahlen mindestens um einen Faktor 2 über den tatsächlichen Besucherzahlen liegen, wenn man eine Dichte von 2 P/m<sup>2</sup> zugrunde legt. Die lokalen Dichten bei einer Veranstaltung schwanken jedoch erheblich von kleiner 0,5 bis zu 5–6 P/m<sup>2</sup>.“

Laut einem Bericht der Süddeutschen Zeitung haben die Organisatoren der Licherme-Demo im vorderen Bereich 4,5 bis fünf Personen pro Quadratmeter gezählt und im hinteren „deutlich weniger“, woraus sie einen Durchschnitt von 3,3 ableiteten – hochgerechnet auf die mit 90.000 Quadratmetern angesetzte Veranstaltungsfläche kamen dann 300.000 Teilnehmer zustande. Realistischer erscheint ein Wert von um die 200.000, wenn man die Erkenntnisse der vfdb-

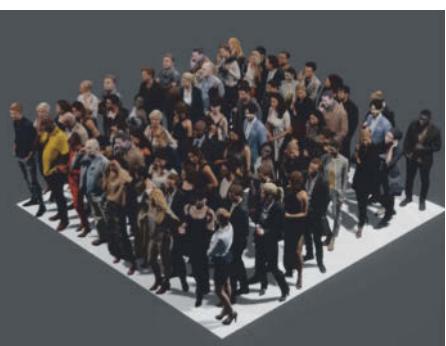
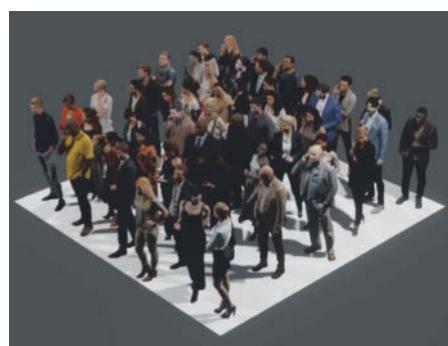
Experten zugrunde legt und mit etwas über zwei Personen pro Quadratmeter rechnet. Allerdings: Bei der Demo in Hamburg scheinen die Menschen aufgrund des permanenten Zustroms tatsächlich so eng gestanden zu haben, dass sich drei Personen auf einem Quadratmeter drängen mussten. Zu diesem Schluss kam die Hamburger Polizei, nachdem sie „wegen des öffentlichen Interesses“ nachträglich Luftbilder ausgewertet und die ebenfalls gut gefüllten Nebenstraßen mit einbezogen hatte. Daraufhin korrigierte sie ihre Zahlen von ursprünglich 50.000 auf 180.000.

### Genauer zählen mit KI?

Seriöse Schätzungen sind gut, genauere Zählungen besser: ein prima Einsatzgebiet für eine maschinell trainierte Objekterkennung, die bekanntermaßen niemals ermüdet und monotone Aufgaben klaglos abarbeitet. Tatsächlich gibt es dazu bereits einige Forschungen und kommerzielle Systeme. Sie wurden anhand von markiertem Bildmaterial darauf trainiert, menschliche Köpfe zu erkennen und zu zählen. Anders als die biometrische Gesichtserkennung können solche Methoden keine Personen identifizieren. Sie haben lediglich gelernt, Menschen beziehungsweise deren Köpfe von Bäumen, Büschen und anderen Objekten zu unterscheiden. Ein Problem ist, dass bei den mitunter niedrigen Auflösungen die Verwechslungsgefahr etwa zwischen dicht aufgereihten Köpfen und Buschwerk recht hoch ist.

Bereits 2019 entwickelten Forscher des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) ein Verfahren auf Basis tiefer neuronaler Netze (Deep Learning) inklusive einer umfangreichen Trainingsdatenbank. Die KI namens MRCNet sei robust genug, um Bilder aus unterschiedlichen Quellen und Perspektiven auszuwerten. Das Spektrum reicht von hoch aufgelösten Luftbildern bis hin zu verackelten Handyvideos. Bei einer Testaufnahme von „Rock am Ring“ aus dem Jahr 2013 zählte der Algorithmus nur rund 1000 Menschen zu viel; insgesamt sei die Fehlerquote aber noch zu hoch.

Das KI-gestützte Crowd-Counting kommt bei Demonstrationen in Deutschland noch nicht zum Einsatz, wohl aber in einem ganz anderen Bereich: Im Nationalpark Berchtesgaden wertet eine solche KI seit Neuestem Luftbilder aus, um Bäume zu zählen. (atr@ct.de) **ct**



Bilder: G. Keith Still; gkstill.com

**Während die Dichte aus der Vogelperspektive relativ klar zu erkennen ist, fällt es von einem niedrigeren Standpunkt aus deutlich schwerer, den Unterschied zwischen zwei (links) und drei Personen pro Quadratmeter (rechts) korrekt einzuschätzen.**

**Studien und Quellen:** [ct.de/y5z4](http://ct.de/y5z4)

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)



3x als  
Heft



[www.iX.de/testen](http://www.iX.de/testen)



49 (0)541 800 09 120



[leserservice@heise.de](mailto:leserservice@heise.de)





Bild: Collage c't

# Antitrust-Bollwerk

## Die EU zwingt Weltkonzerne zu europäischen Sonderlocken

**Mit dem Digital Markets Act greift die EU seit dem 7. März tief ins Business von US-Mega-konzernen wie Google und Meta ein. Anwender dürfen sich über bessere Produkte und mehr Auswahl innerhalb der EU freuen. Außerhalb der EU reibt man sich angesichts der bereits vollzogenen Anpassungen teils neidisch die Augen.**

Von Holger Bleich

**W**ir befinden uns im Jahr 2024 n.Chr. Auf dem Globus dürfen wenige US-Digitalkonzerne schalten und walten, wie sie wollen. Auf dem ganzen Globus? Nein!

Ein von unbeugsamen Europäern bevölkerter Landstrich hört nicht auf, den Ein dringlingen Widerstand zu leisten.

Die Anführer dieses Kontinents sitzen in Brüssel und verabschieden ein Gesetz nach dem nächsten, um die Konzerne einzuhegen. Am 17. Februar wurde der Digital Services Act (DSA) wirksam, ab dem 7. März gelten nun auch die Regeln von dessen Zwillingsverordnung Digital Markets Act (DMA). Während der DSA die Haftung für Darstellung und Inhalte der Onlineplattformen regelt, nimmt der DMA missbräuchliches Verhalten von marktbeherrschenden US-Unternehmen ins Visier.

Es geht hier keineswegs nur um die Regulierung des Wettbewerbs dieser Dickschiffe untereinander. Auch auf Verbraucher und Geschäftskunden der Anbieter kommen innerhalb der EU eine Menge Änderungen zu. Kleine Verbesserungen sind bereits seit Jahresbeginn zu spüren,

und die großen Brocken werfen ihre Schatten voraus. Fest steht schon heute: Der DMA führt dazu, dass viele digitale Produkte in der EU anders aussehen und funktionieren werden als im Rest der Welt.

### Torwächter in der Pflicht

Als proaktives („ex ante“) Kartellrecht betrifft der DMA sogenannte „Torwächter“-Dienste, also Services, die den Wettbewerb in einem Marktsegment dominieren und dem Mitbewerb damit schädliche Bedingungen aufzwingen können. Bei den sozialen Netzwerken beispielsweise hat die dafür zuständige EU-Kommission TikTok, Facebook, Instagram und LinkedIn als Torwächter benannt, bei den Messengern WhatsApp und Facebook Messenger, bei den Betriebssystemen Android, iOS und Windows und bei den Browsern Chrome und Safari. Insgesamt stufte die EU zum DMA-Start 22 Produkte der Konzerne

Alphabet, Amazon, Apple, ByteDance, Meta und Microsoft als Torwächter ein.

Gegen diese Benennungen haben einige Konzerne protestiert und Rechtsmittel eingelegt. Wenige Verfahren laufen noch, andere sind entschieden. Am 10. Februar etwa schmetterte das Gericht der Europäischen Union (EuG) einen Antrag auf einstweiligen Rechtsschutz von ByteDance ab, der verhindern sollte, dass TikTok ab dem 7. März die DMA-Auflagen erfüllen muss. Man befürchte, durch den DMA gezwungen zu werden, seine Geschäftsstrategie offenzulegen, obwohl man gar kein Torwächter sei, argumentierte der chinesische Konzern mit EU-Sitz in Dublin. In der Hauptsache läuft die Klage weiter, genau wie eine ähnliche, die Meta angestoßen hat.

Der DMA nennt konkrete Kriterien, die zu einer Torwächter-Größe führen, „die sich auf den EU-Binnenmarkt auswirkt“: Das Unternehmen muss in den letzten drei Geschäftsjahren im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) einen Jahresumsatz von mindestens 7,5 Milliarden Euro erzielt haben oder im letzten Geschäftsjahr einen Marktwert von mehr als 75 Milliarden Euro ausweisen. Außerdem muss es einen „zentralen Plattformdienst“ betreiben, der über 45 Millionen monatlich aktive Endnutzer oder mindestens 10.000 gewerbliche Nutzer in der EU hat.

Letztere Kennzahl zielt auf B2B-Marktplätze ab, auf denen Betreiber Händlern eine Plattform bieten, um ihre Produkte zu Endkunden zu bringen. Darunter fallen die App-Stores für Android und iOS sowie der Marketplace von Amazon, aber auch einige Google-Services wie Shopping, Play und Maps. Selbst Werbeplattformen umfasst der DMA, deshalb schrauben Google, Meta und Amazon derzeit eifrig an den Modalitäten ihrer Werbesysteme, die ja einen großen Teil der Einnahmen generieren.

### Schweißperlen der CEOs

Der DMA enthält eine Menge Verbote und Pflichten für Torwächter. Diese stehen in Artikel 5, 6 und 7 der Verordnung. Eine ausführliche Darstellung finden Sie in c't 5/2024 [1]. Die EU-Kommission weist stets darauf hin, dass diese Liste nicht als abschließend zu verstehen ist, sondern recht kurzfristig geändert werden kann, falls die Marktbeobachtung es nötig macht. Dazu genüge ein sogenannter „delegierter Rechtsakt“. Sie muss also nicht die Verordnung selbst aufwendig anpas-

## c't kompakt

- Der Digital Markets Act (DMA) wurde am 7. März im Europäischen Wirtschaftsraum wirksam und soll die Marktmacht von US-amerikanischen Digitalkonzernen einhegen.
- Alphabet, Amazon, Apple, ByteDance, Meta und Microsoft mussten ihre Produkte anpassen. Anwender erhalten mehr Wahlmöglichkeiten.
- Apple steht in der Kritik, weil der Konzern zwar unter Protest sein hermetisches Ökosystem öffnet, aber gleichzeitig hohe Hürden setzt, die einzelne Produkte sogar verschlechtern könnten.

sen und neu in den Gesetzgebungsprozess bringen.

Betroffene Torwächter müssen ihre Produkte in der EU teilweise wesentlich gravierender ändern, als sie es vom DSA schon kennen. Dazu drängen die drakonischen Strafandrohungen der EU, die selbst hartgesottene US-CEOs nicht kaltlassen. Bis zu 20 Prozent des weltweiten Konzern-Jahresumsatzes können fällig werden, wenn ein Torwächter wiederholt gegen das neue Digital-Kartellrecht verstößt. Hinzu kommen mögliche Zwangsgelder; sogar die Anweisung, einzelne Unternehmen aus dem Konzern herauszulösen, steht bei systematischen Zuwiderhandlungen als Strafe im Raum.

Für die Marktbeobachtung und Durchsetzung ist gemäß DMA direkt die EU-Kommission zuständig. Diese organisiert derzeit ein Team, das aus Mitarbeitern der Generaldirektionen CNECT (Communications Networks, Content and Technology) und COMP (Competition) besteht. Ein Sprecher bestätigte c't, dass man dafür rund 80 Vollzeitstellen bereitstellt, besetzt unter anderem mit „Juristen, Datenwissenschaftlern und Politikreferenten mit Fachwissen in den Bereichen digitale Regulierung, Sicherheitsmaßnahmen und anderer spezifischer Aspekte“.

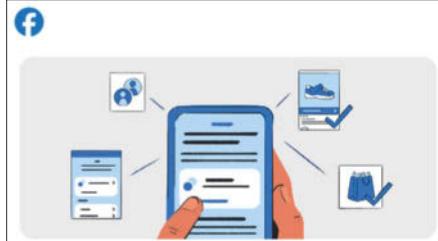
Im Folgenden erläutern wir einige wichtige Neuerungen, deren Umsetzung die Konzerne bereits vollzogen oder angekündigt haben. Dieser Artikel wurde Ende Februar fertiggestellt. Deshalb kann es sein, dass Sie hier nicht sämtliche Maßnahmen finden, die ab dem 7. März grei-

fen. Änderungen kurz vor diesem wichtigen Stichtag sind zu erwarten. Beispielsweise können wir uns nur auf die Betaversion des an den DMA angepassten iOS 17.4 beziehen, weil Apple das Betriebssystem erst Anfang März veröffentlicht. Auf heise online halten wir Sie tagesaktuell auf dem Laufenden.

### Separierte Daten

Artikel 5 Abs. 1 DMA verbietet es, personenbezogene Daten, die in verschiedenen Unternehmen eines Konzerns anfallen, ohne Nutzererlaubnis zusammenzuführen. Auch das sogenannte Single Sign-on, also eine Login-Plattform für alle Dienste des Konzerns, muss abschaltbar sein. Dies betrifft vor allem Meta, Google und Microsoft, die deshalb in der Vergangenheit kartellrechtlicher Kritik unterlagen, weil sie Daten verschiedener Dienste gewinnbringend aggregieren. Wichtig: Erklärt der Nutzer nicht explizit sein Einverständnis, ist jede Zusammenführung ab dem 7. März untersagt.

Tatsächlich hat etwa Meta wegen des DMA begonnen, seine Dienste in der EU zu separieren. Deutsche Nutzer sind in den vergangenen Wochen in den Apps von Facebook und Instagram gedrängt worden, „angesichts sich ändernder Gesetze in deiner Region“ ihre Konten „zu bestätigen“. Taten sie das nicht, bekamen sie die Wahl, Konten einzelner Dienste aus der gemeinsamen Verwaltung herauszulösen. Die Daten würden dann nicht mehr



**Bestätige deine Konten**

Angesichts sich ändernder Gesetze in deiner Region ist es erforderlich, dass du unsere Verwendung deiner personenbezogenen Daten über alle Facebook- und Instagram-Konten in deiner Kontenübersicht hinweg bestätigst.

**Los geht's**

Facebook- und Instagram-Nutzer können nun bestimmen, dass Meta ihre Daten nicht mit dem jeweils anderen Dienst zusammenführt.

zwischen den Diensten geteilt, versichert Meta.

Den Facebook Messenger wird Meta aufgrund der DMA-Vorgaben als Standalone-Version mit eigenem Login anbieten, teilte der Konzern mit. Die wählbare Datentrennung sei zum DMA-Start auch für den Facebook Marketplace sowie die Gaming-Plattform vorgesehen. Facebook unterstütze die mit dem DMA verbundenen Ziele. „Um dies zu erreichen, haben wir ein großes funktionsübergreifendes Team zusammengestellt“, versicherte der Konzern. Die Frage, warum man die gelobten Pflichten dennoch nur im EWR umsetzt, blieb unbeantwortet.

Google hat noch nicht angekündigt, sein Single Sign-on über die Dienste hinweg abstellen zu können. An verschiedenen Stellen, beispielsweise in YouTube oder Maps, fragte der Konzern bisher lediglich das Einverständnis dazu ab, die gesammelten Daten aggregieren zu dürfen. Ganz in Dark-Pattern-Manier wies Google darauf hin, dass einige Dienste nicht mehr richtig oder gar nicht funktionieren, wenn der Nutzer ablehne. So hieß es zum Beispiel: „Wenn die Suche, You-

Tube und Chrome keine verknüpften Dienste sind, werden Ihre Empfehlungen in der Suche, wie zum Beispiel ‚Was Sie sich ansehen sollten‘ und Ihr Discover-Feed weniger personalisiert sein.“

Microsoft verfährt ähnlich in seinem Business-Netzwerk LinkedIn: „In den nächsten Wochen werden Sie, falls Sie sich als Mitglied im Europäischen Wirtschaftsraum oder der Schweiz befinden, aufgrund des Gesetzes über digitale Märkte die Möglichkeit erhalten, zu wählen, ob Sie Ihr berufliches LinkedIn Netzwerk mit den LinkedIn Jobs, Marketing Solutions und/oder Learning-Services verknüpfen wollen.“

### Return of the Auswahlscreens

Eine weitere Vorschrift, die die EU-Kommission aus vergangenen Kartellrechtsverfahren abgeleitet hat, findet sich in Art. 6 Abs. 3 DMA. Torwächter dürfen demnach nicht bestimmte Produkte auf ihren Plattformen bevorzugen. Sie müssen Nutzern erlauben, vorinstallierte Apps leicht zu deinstallieren oder Standardeinstellungen in Betriebssystemen zu ändern. Entscheidend: Sie müssen „Auswahlbildschirme für wichtige Dienste“ anbieten, wie sie manche

noch aus vergangenen Browserkrieg-Zeiten kennen. Mit „wichtigen Diensten“ sind insbesondere Browser, Suchmaschinen und smarte Assistenten gemeint. Tatsächlich wird es diese Auswahlfenster in den Betriebssystemen geben.

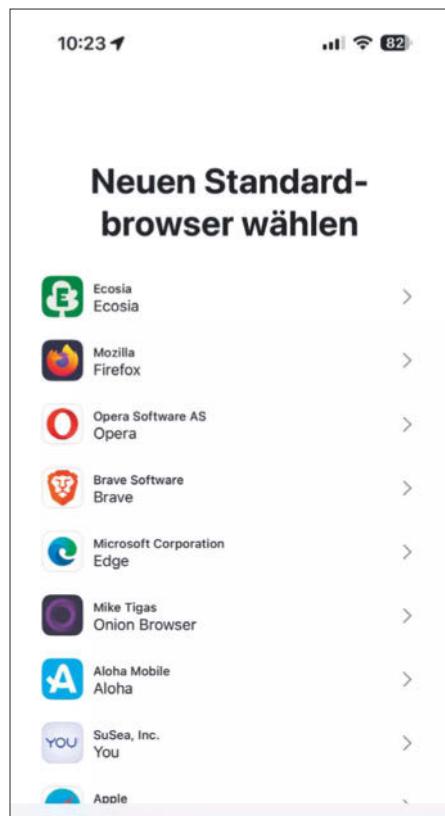
Microsoft etwa liefert das DMA-konforme Update 23H2 von Windows 11 punktgenau zum Start der Verordnung aus, wie der Konzern bereits im November des vergangenen Jahres ankündigte. Nur innerhalb des EWR wird dieses Update fragen, ob man den Browser Edge und die Websuche Bing zugunsten von Konkurrenzprodukten deinstallieren möchte. Die Auswahl wie auch die Default-App-Einstellungen behält Windows dann neuerdings auch über mehrere Updates hinweg bei. In einem Blogbeitrag warnte Microsoft schon einmal: „Windows verwendet die vom Kunden bei der Einrichtung des Geräts gewählte Region, um festzustellen, ob sich der PC im EWR befindet. Die bei der Einrichtung des Geräts gewählte Region, die für die DMA-Konformität verwendet wird, kann nur durch Neuinstallation geändert werden.“

Google hat angekündigt, dass in Android ein Auswahlbildschirm den Wechsel von Chrome und Google-Suche zu anderen aufgezeigten Produkten ermöglichen wird. Der Browser Chrome selbst wird laut Google auch unter iOS, macOS und Windows andere Suchmaschinen als die von Google als Voreinstellung vorschlagen. Auch Apples Safari als zweiter Torwächter-Browser wird in jedem Apple-Betriebssystem per Update dazu gebracht, einen Auswahlscreen zu präsentieren.

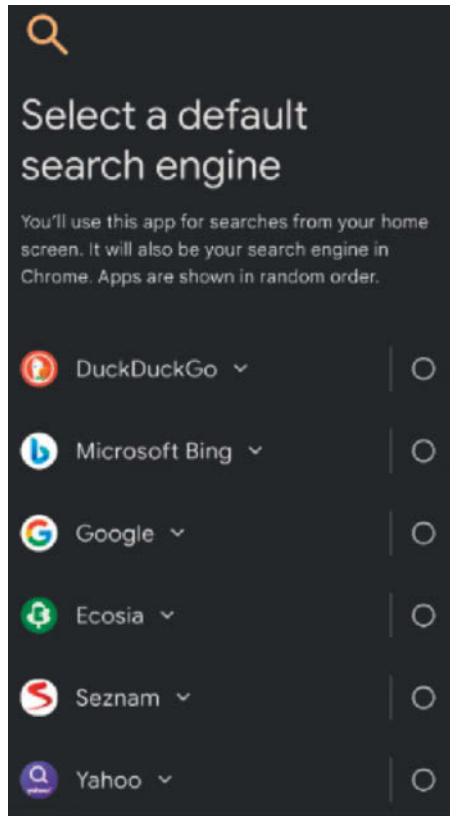
### Lex Apple?

Apropos Apple: Kein anderer Torwächter muss ähnlich weitgehende Anpassungen vornehmen wie der Konzern aus Cupertino. Einige Absätze im DMA scheinen gar exklusiv für Apple geschrieben worden zu sein. Es geht hier nicht nur um Auswahlscreens oder andere Abfragen, sondern um tiefe Eingriffe in die Software. Apples hermetisches Ökosystem war der EU-Kommission schon immer suspekt, weil der Konzern allein die Regeln bestimmt – oft zum Nachteil der direkten Konkurrenz, aber etwa auch von Start-ups und freien Entwicklern. Einer kostenintensiven Lobbyarbeit in Brüssel und dem persönlichen Einsatz von Chef Tim Cook zum Trotz sprangen schlussendlich kaum Erleichterungen heraus.

Der DMA soll Apples Software- und Bezahldienst-Monopol auf iPhones beenden.



In Version 17.4 von Apples iOS kann man erstmals zwischen mehreren Web-browsern wählen, die nicht auf WebKit als Engine zurückgreifen müssen.



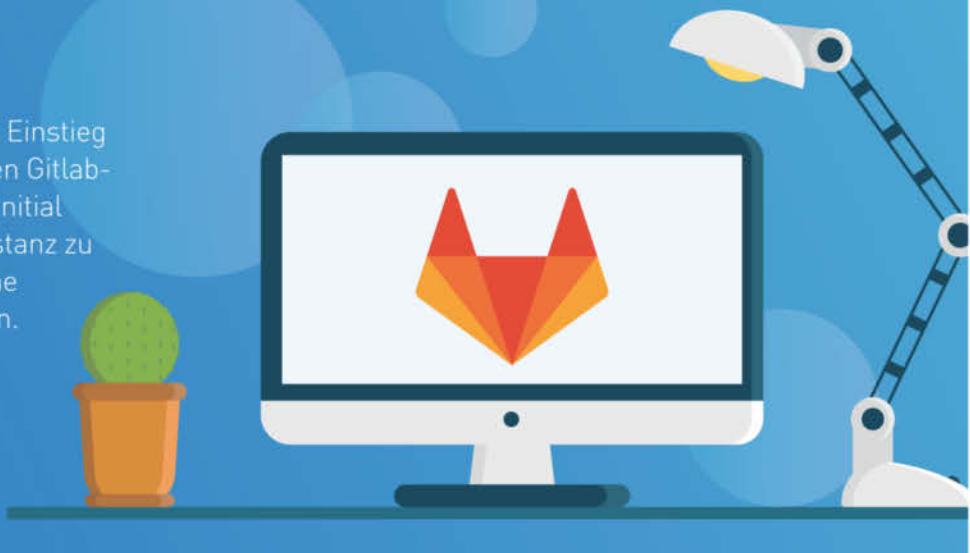
Eine weitere DMA-Pflicht: Android wird mit einem Auswahlscreen abfragen, welche Suchmaschine in Chrome vor eingestellt sein soll.

Bild: Ecosia

## Einführung in GitLab

10. April

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



## CI/CD mit GitLab

17. & 24. April

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



Sichern Sie sich Ihr Ticket:  
**[heise.de/ct/Events](https://heise.de/ct/Events)**

den. Kunden muss es demnach möglich sein, in iOS Fremdanbietersoftware und alternative Stores zu installieren (Art. 6 Abs. 4 DMA). Außerdem darf Apple seine Geschäfts- oder Privatkunden nicht mehr an den eigenen, hochlukrativen Bezahl-service binden (Art. 5 Abs. 7 DMA) und muss eine NFC-Schnittstelle schaffen..

Bislang müssen alternative Browser wie Firefox und Chrome in iOS die Apple-eigene Safari-Browser-Engine WebKit nutzen und unterliegen dabei Einschränkungen. Ab der DMA-anangepassten iOS-Version 17.4, die pünktlich zum Verordnungsstart kommt, muss Apple Browser mit eigenen Engines zulassen. Diese Änderung wirft bereits ihre Schatten voraus: Entwickler von Progressive Web Apps (PWA) haben entsetzt festgestellt, dass ihre Produkte in der Beta von iOS 17.4 nicht mehr funktionieren.

Mitte Februar bestätigte Apple, dass sich künftig in der EU keine PWAs mehr auf dem Homescreen installieren lassen. Bislang hätten solche Web-Apps „das Sicherheits- und Datenschutzmodell für native Apps auf iOS“ genutzt, „einschließlich der Isolierung des Speichers und der Erzwingung von Systemauflösungen zum Zugriff auf datenschutzrelevante Funktionen“. Und weiter: „Um die komplexen Sicherheits- und Datenschutzbedenken im Zusammenhang mit Web-Apps, die alternative Browserengines verwenden, auszuräumen, müsste eine völlig neue Integrationsarchitektur geschaffen werden, die es derzeit in iOS nicht gibt.“

Bereits Ende Januar ließ der Konzern die größte Katze aus dem Sack und erklärte, wie er ab iOS 17.4 alternative App Stores, Bezahlfunktionen und das sogenannte Sideload von Apps gestaltet. Wer einen eigenen Store in iOS eröffnen will, muss eine Art Bürgschaft hinterlegen, um seine Finanzkraft nachzuweisen. Er benötigt einen „Letter of Credit“ über eine Million Euro, der von einem Geldinstitut stammen muss, das mindestens ein A-Rating hat. Diese Bürgschaft muss er jährlich erneuern. Die Einstiegshürde ist also sehr hoch gesetzt.

Und wer seine Apps über einen solchen alternativen Store vertreiben will, unterliegt kruden Regeln. Apple verfährt wie beim aus macOS bekannten Notarisierungsmodell: Alle Apps müssen vom Entwickler mit einem gültigen Apple-Zertifikat signiert und dann zur Beglaubigung bei Apple eingereicht werden. Dort unterlaufen sie unter anderem eine automati-



Bild: EU-Kommision

**Letzte Versuche:** Ende 2023 traf sich Apple-Chef Tim Cook (links) mit EU-Binnenmarktkommissar Thierry Breton in Brüssel, um seine Vorbehalte zum DMA anzubringen.

sierte Malware-Prüfung und eine von Mitarbeitern des Konzerns vorgenommene Basiskontrolle. Inhaltlich wolle man dabei aber nicht einschreiten, hieß es. Entsprechend müssten künftig auch Apps aus bislang nicht zugelassenen Bereichen wie Emulatoren und Pornografie in Dritt-App-Läden möglich sein.

Viel Kritik erntete Apple für seine so genannte „Core Technology Fee“, die anfällt, wenn Entwickler alternative App-Stores zum Vertrieb unter iOS nutzen, oder wenn sie sich für ein neues, kostengünstigeres Gebührensystem entscheiden. Die neue Core Technology Fee beträgt 50 Eurocent für jede App-Installation pro Jahr, sobald eine Schwelle von einer Million Installationen überschritten ist.

Apple hat einen Onlinerechner veröffentlicht. Der bekannte Entwickler Steve Troughton-Smith hat damit beispielweise für eine kostenlose App, die zwei Millionen Installationen im Jahr hat, zusätzliche Kosten von 41.667 Euro pro Monat errechnet. Apple behauptet, dass „99 Prozent der Entwickler“ unter den neuen EU-Regeln „weniger oder gleich viel“ Provision an den Konzern abführen werden: „Unter ein Prozent der Entwickler würden die Core Technology Fee für ihre EU-Apps bezahlen“, weil sie mehr als eine Million Installationen erreichen.

Unternehmen wie Mozilla, Microsoft und Spotify laufen Sturm gegen das neue Modell. Mozilla betont, es sei ja optional –

niemand müsse sich darauf einlassen. Epic Games, das seit Jahren wegen seines Megasellers Fortnite mit Apple im Clinch liegt, ist richtig sauer. CEO Tim Sweeney sprach von „bössartiger Compliance“ in der EU. Apple tue das Gegenteil von dem, was der DMA fordert. Der Konzern untergrabe den Wettbewerb und erhebe „weiterhin Apple-Steuern auf Transaktionen, an denen Apple nicht beteiligt ist“. Dennoch hat Epic bereits die Bürgschaft hinterlegt und plant, noch in diesem Jahr über einen eigenen App-Store Fortnite zurück auf iOS zu bringen.

Die EU-Kommision hält sich zu den Ankündigungen von Apple bislang bedeckt. Man habe sie zur Kenntnis genommen, bestätigte die Behörde gegenüber c't. Und: „Wir werden die umgesetzten Lösungen anhand der im DMA festgelegten Konformitätsstandards analysieren. Sollten wir Verstöße aufdecken oder vermuten, werden wir nicht zögern, Maßnahmen zu ergreifen.“

## Messenger-Interoperabilität

Genau beobachten wird die EU-Kommision auch, ob und wie die Torwächter-Messenger WhatsApp und Facebook Messenger ihre Produkte für andere Dienste öffnen wollen: Ab dem 7. März müssen sie diesen ermöglichen, Textnachrichten zwischen Nutzern der Systeme auszutauschen (Interoperabilität). 2026 wird diese Pflicht auch für Gruppenchats gelten, 2028 darüber für Audio- und Videoanrufe.

Eine Schnittstelle müssen die Meta-Dienste WhatsApp und Facebook Messenger aber nur zeitnah anbieten, wenn andere Anbieter sie einfordern. Bislang winnen alle Mitbewerber ab. Signal-Chefin Meredith Whittaker befürchtet, dass dies Datenschutz- und Sicherheit der Nutzer gefährde. Martin Blatter, Gründer und CEO von Threema, will „das Sicherheitsrisiko, das von Meta ausgeht, nicht eingehen“. Derweil betont die EU-Kommision, der DMA stelle sicher, „dass das vom Torwächter gebotene Niveau der Dienstintegrität, Dienstsicherheit und Verschlüsselung nicht verringert wird“.

Laut WhatsApp-Technikchef Dick Brouwer haben die Arbeiten an der Interoperabilität bereits vor zwei Jahren begonnen. Dem Technikmagazin Wired sagte er, Ziel sei es gewesen, den App-übergreifenden Nachrichtenversand zu ermöglichen, ohne auf Ende-zu-Ende-Verschlüsselung zu verzichten. Auf diese Weise wolle man auch weiterhin für die Privatsphäre und



## Kommentar: Beleidigte Apfelleberwurst

Von Leo Becker

**D**arf noch etwas mehr FUD sein? Seit Jahren streut Apple „Fear Uncertainty and Doubt“ (Angst, Ungewissheit und Zweifel), um Stimmung gegen den Digital Markets Act zu machen. Das gipfelte darin, dass Apples Software-Chef die freiere Installation von Apps außerhalb des App Store kurzerhand als den „besten Freund der Cyberkriminellen“ bezeichnete. Dabei sorgen die neuen DMA-Vorgaben letztlich für Selbstverständlichkeiten, die klassische Computer-Betriebssysteme seit jeher auszeichnen und eine Vielzahl von Software-Innovationen ermöglicht haben – auch in Apples macOS.

Der Konzern hatte nun wirklich mehr als genug Zeit, um das bald siebzehnjährige iPhone unter eigener Regie zu öffnen und andere App-Läden, vollwertige Drittbrowser und NFC-Wallets auf die Plattform zu lassen. Letztlich geht es Apple weniger um den Schutz der Nutzer als vielmehr den Schutz der Milliarden, die Jahr für Jahr durch hohe Provisionen an In-App-Käufen in die eigenen Kassen gespült werden.

Jetzt nagt die EU an diesem Geschäftsmodell und erzwingt die Korrektur offensichtlicher Versäumnisse. Im Gegenzug wird Apples Blockadetaktik immer perfider: Auf dem Papier erfüllt der Konzern die neuen Regeln, gestaltet die Öffnung seiner Plattform aber so unbequem wie möglich, und das nicht nur für Entwickler, sondern auch für Nutzer. Statt den kargen Support für alleinstehende Web-Apps endlich auszubauen, sagt Apple die Funktion in Europa kurzerhand ab. Mit dem Finger wird dabei in Richtung DMA gezeigt, um so die eigenen Kunden

gegen die EU aufzuhetzen – ein neuer Tiefpunkt. Intern dürfte der Konzern mit diesen radikalen Schritten so manche Mitarbeiter verprellen, die gerade erst dafür gesorgt haben, dass iOS Web-Apps überhaupt richtig unterstützt. Dabei verwies Apple nach außen immer gerne auf den Browser als freien Vertriebskanal und damit als Alternative zum App Store – natürlich mit dem Wissen, dass die konsequent eingeschränkten Web-Apps einer nativen App nicht das Wasser reichen können.

Es liegt in der Natur der Sache, dass die Öffnung eines Betriebssystems neue Risiken mit sich bringt und unbequeme Konsequenzen lauern, wenn etwa die eigene Bank bei Apple Pay ausschert und lieber ihre halbgare NFC-App in den Markt drücken will. Bestenfalls fachen die neuen Regeln immerhin frischen Software-Wind an, der auch bislang von Apple beharrlich abgelehnte App-Kategorien wie Emulatoren und Virtualisierer aufs iPhone pustet. Mehr Wettbewerb könnte nicht zuletzt dafür sorgen, dass Apple eigene Apps und Dienste schneller weiterentwickelt, statt sich darauf auszuruhen, Alternativen jederzeit blockieren zu können.

Das ab iOS 17.4 offenkere iPhone bleibt letztlich höchst abgesichert: Alle Programme prüft Apple weiter auf Malware und Zugriff auf sensible Daten erhalten Apps nur mit Zustimmung des Nutzers – egal aus welcher Quelle sie stammen. Aufpassen muss man letztlich ohnehin: Opfer von Fake-Krypto-Wallets, betrügerischen Passwortverwaltungen und Abo-Nepp kann man auch in Apples kontrolliertem App Store werden.

Sicherheit der Nachrichten sorgen. Wired zufolge rechnet Brouwer nicht damit, dass es bereits zum DMA-Start Anfragen von anderen Anbietern gibt.

Wie in den letzten Betaversionen von WhatsApp zu sehen ist, sollen Drittanbieter-Chats in einem separaten Posteingang auflaufen. Meta bevorzugt zum Austausch das Signal-Verschlüsselungsprotokoll, will aber auch andere Verschlüsselungsprotokolle erlauben, sofern sie die Sicherheitsstandards erfüllen. Gemeint sein dürfte das MLS-Protokoll (Messaging Layer Security), an dem bereits seit fünf Jahren gearbeitet wird.

### Brüsseleffekt?

Der DMA bringt viele weitere Änderungen mit sich, von denen allerdings die Anwender zunächst weniger mitbekommen dürfen, weil sie die Interaktionen von Geschäftspartnern untereinander betreffen. Beispielsweise müssen Händlerplattformen ihren gewerblichen Kunden nun mehr Nutzungsdaten bereitstellen. Und sie dürfen ihnen nicht verbieten, ihre Produkte anderswo billiger anzubieten, wie es etwa Amazon immer wieder unterstellt wurde.

In den Suchergebnissen sollen künftig die Produkte der Handelsplattform selbst nicht mehr besonders prominent erscheinen. Außerdem soll die Erfolgsmessung für geschaltete Werbung transparenter erfolgen. Auch an dieser Stelle bastelten Google, Meta, Amazon & Co. intensiv an ihrer DMA-Compliance.

Die EU-Kommission hat sich mit dem Digital Markets Act eine Menge Arbeit aufgehalst. In den ersten Monaten dürfte das zuständige Durchsetzungsteam mit Prüfungen ausgelastet sein, bevor es dann die ersten Verfahren eröffnet. Verfolgt man US-amerikanische Tech-Medien, wird klar, dass man jenseits des großen Teiches mit einem gewissen Neid auf die ersten Änderungen schaut, die nur im EWR gelten. Ein Kartellrecht, das nicht erst aktiv wird, wenn das Kind in den Brunnen gefallen ist: Damit beschreitet die EU neue Wege und könnte im Erfolgsfall tatsächlich einmal Nachahmer in anderen Teilen der Welt animieren. Das wäre dann der viel zitierte „Brüsseleffekt“.

(hob@ct.de) ct

### Literatur

- [1] Holger Bleich, FAQ zum Digital Markets Act, c't 5/2024, S. 164

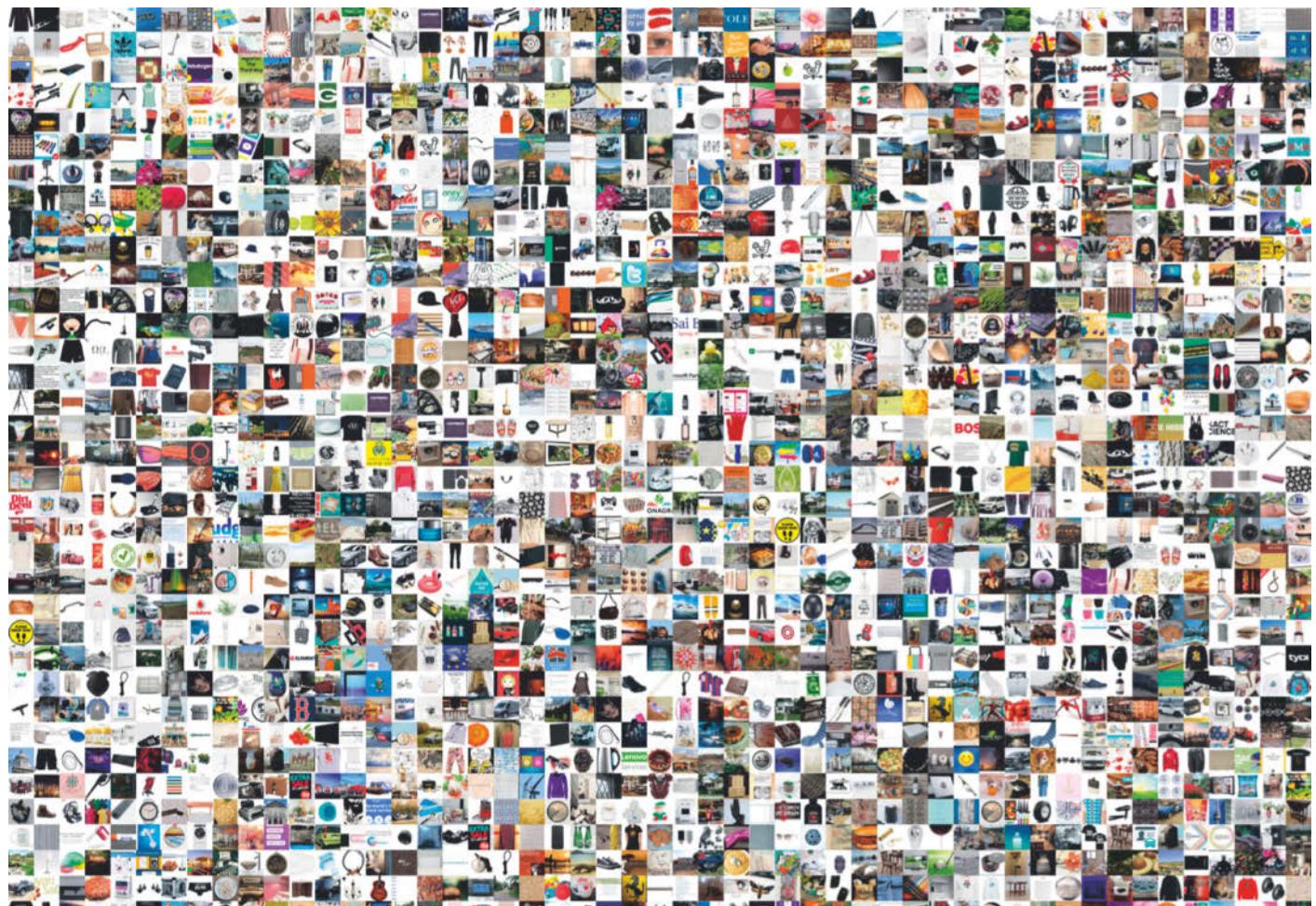


Bild: LAION

# Offene KI für alle

**Das Netzwerk LAION erzeugt generative KI-Modelle frei und transparent**

**Hinter LAION (Large-scale Artificial Intelligence Open Network) steht ein Verein nach deutschem Recht und zugleich ein internationales Netzwerk von Freiwilligen, das innerhalb von drei Jahren die Forschung an generativer KI stark beeinflusst hat. Offene Datensätze und offener Quellcode sollen Anwender großer Sprach- und Bildmodelle befähigen.**

Von Arne Grävemeyer

Als OpenAI im Januar 2021 erstmals seinen Bildgenerator Dall-E ankündigte, regte sich Widerspruch in der Open-Source-Gemeinde. Das US-Softwareunternehmen hatte bereits mit seinen Sprachmodellen der GPT-Reihe für Furore gesorgt und stellte nun ein Modell vor, das Bilder einzig aufgrund eines Beschreibungstexts anfertigen konnte. Aber abgesehen von diesen bisher unvorstellbaren Funktionen erfuhr man fast nichts darüber. Nicht, welche Daten im Training verwendet worden waren, und nicht, wie der Code aussah. Das Modell stand zunächst nicht einmal für Tests zur Verfügung und später nur gegen Bezahlung. Das war die

Geburtsstunde von LAION (Large-Scale Artificial Intelligence Open Network).

Der gemeinnützige Verein mit Adresse in Hamburg hat bis heute viel erreicht. Mitglieder und Unterstützer trainierten und veröffentlichten quelloffene openCLIP-Modelle. Ebenso wie CLIP von OpenAI sind auch die Mitglieder der openCLIP-Produktfamilie Sprach-Bild-Modelle mit Funktionen zur Bilderkennung und -analyse. Sie können dazu dienen, Objekte in Bildern zu finden, Bildszenen zu segmentieren und Bilder zu beschriften. Nicht nur viele Forschungsgruppen nutzen diese offenen Modelle, auch das US-Unternehmen Stability AI

## ct kompakt

- LAION stellt Bilddatensätze zusammen, die weltweit für das Training generativer Bild-KIs genutzt werden.
- Als offenen Code haben die Unterstützer unter anderem ein leistungsfähiges deutsches Sprachmodell aufgebaut.
- Derzeit arbeiten sie an einem natürlichsprachlichen persönlichen Assistenten.

nutzte openCLIP, um den Bildgenerator Stable Diffusion zu entwickeln.

Zudem hat LAION bereits 2021 offene Bilddatensätze aus dem Common Crawl, der größten frei zugänglichen Sammlung von Webseiten, zusammengestellt. Diese Datensätze, darunter die bekannten Sammlungen LAION-400M und LAION-5B, dienten seitdem für viele KI-Modelle als Trainingsgrundlage. Die Namensgebung bezieht sich jeweils auf die Anzahl der Bild-Text-Paare. Demnach verzeichnet LAION-400M die Webadressen von 400 Millionen öffentlich zugänglichen Bilddateien, bei LAION-5B geht es sogar um mehr als fünf Milliarden. Zu jeder URL sind im Datensatz die Bildmaße hinterlegt, dazu beschreibende Texte, die ein CLIP-Modell erstellt hat, sowie Lizenzbedingungen gemäß Creative Commons, sofern diese vorliegen.

### Begehrte Bilddatensätze

Auch die Bilddatensätze von LAION haben in der KI-Entwicklung weltweit Zuspruch bei Forschern und Mitwirkenden verschiedener Industrieprojekte gefunden. Google verwendete beispielsweise für das Training seines Text-zu-Bild-Modells Imagen eine Auswahl von LAION-400M; das Stable-Diffusion-Modell beruht auf LAION-5B.

In einem weiteren Projekt namens DataComp untersuchten Forscher aus dem LAION-Netzwerk Filtertechniken, um mit bestimmten Machine-Learning-Trainingscodes und festgelegten Rechenkapazitäten das beste CLIP-Modell zu erzeugen. Der DataComp-Benchmark gibt einen Trainingscode vor und ermöglicht es dadurch, die Auswahl eines Trainingsdatensatzes zu bewerten. Im Fokus dieses Projekts stand also nicht das beste Daten-

modell, sondern die beste Auswahl des Trainingsdatensatzes. Im selben Rahmen ist auch der bisher größte Datensatz aus Bild-Text-Paaren zusammengestellt worden: CommonPool umfasst etwa 12,8 Milliarden Bildlinks und -beschreibungen.

Ein weiteres Ergebnis des DataComp-Projekts ist DataComp-1B, ein CommonPool-Subset, das etwa 1,4 Milliarden Bild-Text-Einträge verzeichnet. DataComp-1B ermöglicht es als Trainingsdatensatz, besonders treffsichere allgemeine CLIP-Modelle zu erzeugen, und hat in Vergleichen bereits deutlich umfangreichere Trainingsdatensätze ausgestochen.

### LeoLM spricht Deutsch

Die LAION-Community organisiert sich über einen Discord-Server. Dessen Teilnehmerzahl liegt aktuell über 28.000. Dazu gehören Forscher, Softwareentwickler und Open-Source-Unterstützer. Gründungsmitglied Christoph Schuhmann unterstreicht, dass die Initiative zwar mit starker deutscher Beteiligung ins Leben gerufen worden, aber international aufgestellt ist. Viele Teilnehmer leben über ganz Europa verstreut in Amerika oder in Indien. Eine starke internationale Open-Source-Community hat inzwischen selbst bei großen US-Konzernen zu einem Umdenken geführt: Auch Google und Meta stellen heute einige Datenmodelle als offenen Code zur Verfügung.

Dadurch konnten LAION-Mitglieder auf der Basis von Metas großem Sprach-

modell LLaMA 2 das deutsche Foundation Language Model LeoLM entwickeln. Foundation Models legen die Basis für ganze Modellfamilien und sind dadurch an verschiedene Anwendungsszenarien anpassbar. Die Entwickler initialisierten das neuronale Netz von LeoLM mit den gleichen Gewichtungsparametern wie in LLaMA 2 und führten das Training anschließend mit einem deutschen Textkorpus von 65 Milliarden Wörtern weiter. Dabei achteten sie insbesondere darauf, dass ihr Modell nicht die zuvor erlernten Fähigkeiten wieder verlor.

Im Ergebnis steht ein Sprachmodell, das in Benchmarks gegenüber LLaMA 2 nur wenig schlechtere Ergebnisse liefert, aber bei Aufgaben in deutscher Sprache weit vorne liegt. Auch mit GPT-3.5 kann LeoLM mithalten und zudem in Übersetzungs-Tasks seine besonderen Stärken ausspielen. Speziell auf diesem Feld kann es sogar GPT-4 Paroli bieten, in allen anderen Bereichen aber nicht.

Am Beispiel LeoLM zeigt sich einmal mehr der gesellschaftliche und wissenschaftliche Vorteil des Open-Source-Ansatzes. Mit LeoLM ist vordergründig eine Suite deutscher Sprachmodelle unter offener Lizenz entstanden. So gibt es Modelle mit sehr unterschiedlicher Größe: Sie umfassen beispielsweise 7, 13 oder 70 Milliarden Parameter. Während die kleineren Familienmitglieder noch auf dem Laptop laufen, genügt für das größte Modell eine einzige Grafikkarte nicht mehr. Produkt-



Bild: LAION



Bild: LAION

**Mit LeoLM (hier das Maskottchenmotiv)** ist eine offene Sprachmodellfamilie entstanden, die besondere Stärken in deutscher Sprache aufweist.

**Das LAION-Projekt BUD-E ist ein persönlicher Assistent für lokale Anwendungen und soll wie sein Maskottchen auf einem Staubsaugerroboter immer dabei sein.**

## „Wir sind eine KI-Graswurzel-Bewegung“

**Die LAION-Initiative überrascht mit öffentlichen Trainings-Bilddatensätzen und einem ganzen Bündel offener KI-Modelle. Im Interview sprechen die Gründungsmitglieder Christoph Schuhmann, Jenia Jitsev und Robert Kaczmarczyk über ihre schlanke Organisation und kurzfristig zusammengeklaubte Prozes-**

**sorzeiten, über Urheberrechte und die Macht offener Forschung.**

**c't: Wofür hat LAION den Falling Walls Science Breakthrough Award 2023 erhalten?**

**Robert Kaczmarczyk:** Wir sind in der Kategorie Science & Innovation Management ausgezeichnet worden. Science: Wir versuchen, wissenschaftliche Standards einzuhalten. Das bedeutet Transparenz und Reproduzierbarkeit von Machine-Learning-Modellen mithilfe von offenen Datensätzen und offenem Code. Innovation Management: Wir setzen auch auf Transparenz in der Mitarbeit. Wir haben eine große Discord-Community, die schnell Zugriff auf gemeinsame Errungenschaften hat. Man redet direkt miteinander und wird schnell von Christoph, von Jenia oder von mir in eine Gruppe eingeladen. Dort ist man gleich nah am Thema und kann direkt mitarbeiten.

**Christoph Schuhmann:** Wir sind eine Grassroots-Community und ein gemeinnütziger Verein. Die Kommunikationswege sind extrem kurz. Unser Vorteil ist unsere Agilität. Wenn wir eine Idee haben, schreiben wir das in eine Chatgruppe und schnell finden sich ein paar Leute, die da mitmachen wollen.

**c't: Welche KI-Systeme hatten LAION-Datensätze im Trainingsmaterial?**

**Jenia Jitsev:** Für die Grundlagenforschung hat LAION zum Beispiel openCLIP-Modelle trainiert und als Open Source veröffentlicht. Damit lassen sich Objekte in Bildern erkennen, Szenen segmentieren und Bilder beschriften. Solche Modelle gehören in der Forschung zu der wichtigen Klasse sogenannter Foundation Models – Basismodelle, die sich nach dem Training auf verschiedene Aufgaben übertragen lassen. Und als offene Basismodelle können openCLIP-Modelle in der Forschung reproduziert werden; die Daten, der Trainingscode, die trainierten Modelle selbst und Code zu deren Evaluierung (Benchmarking) liegen vollständig offen.

Verschiedene Industrieprojekte haben LAION-Datensätze verwendet, generative Text-zu-Bild-Modelle wie zum Beispiel Image von Google, das die Entwickler unter anderem mit einem Subset aus dem Bilddatensatz LAION 400M trainiert haben. Beim Stable-Diffusion-Modell hat Stability AI auf openCLIP als einen der wichtigen Bausteine gesetzt.

**c't: Sie bezeichnen die LAION-Initiative als demokratisch, gemeinnützig und offen. Wo liegen die größten Unterschiede zu privaten Unternehmen?**

**Kaczmarczyk:** LAION verfolgt keine monetären Interessen, sondern konzentriert sich auf Projekte, die der Menschheit nützen.

te Finanzinstitution Russlands, zur Hälfte im Besitz der russischen Zentralbank] und von Huawei – und diese Angebote haben wir sehr klar abgelehnt. Diese Institutionen verkörpern nicht, wofür wir stehen.

**c't: Aber was, wenn ein Vorschlag in einem Grenzbereich steckt, wie wird dann entschieden?**

**Schuhmann:** Die Entscheidung erfolgt im Konsens, wie in einem Verein, nur eben nicht im persönlichen Treffen, sondern über den Austausch in einer Webgruppe innerhalb der Kernmitglieder und der sehr aktiven Mitglieder.

**c't: Welche Rechenkapazitäten stehen dem Verein zur Verfügung?**

**Jitsev:** LAION hat Zugang zu verschiedenen Rechenressourcen, dazu gehören der Supercomputer „Juwels Booster“ des Jülich Supercomputing Center, Summit/FRONTIER in USA, der Stability AI Cluster

## „Wir hatten Kooperationsangebote von der russischen Sber-Bank und von Huawei.“

zen. Unsere Entscheidungen sind nicht von Gewinnstreben geleitet, sondern von der Förderung gemeinnütziger und demokratischer KI-Forschung. Unser Schwerpunkt liegt auf offener Forschung und Open Source.

**c't: LAION unterstützt offene Forschung und wie Sie sagen „Projekte, die der Menschheit nützen“. Funktionsieren diese Definitionen in der täglichen Arbeit?**

**Kaczmarczyk:** Wir unterstützen breit Projekte und halten uns an Standards, die einer westlichen Ethik entsprechen. Durch den EU-AI-Act haben wir eine zusätzliche Formalisierung erhalten. Dort ist noch einmal definiert, was erlaubt ist und was nicht, zum Beispiel im Hinblick auf biometrische Überwachung.

**Schuhmann:** Ganz konkret: Wir hatten Kooperationsangebote von der russischen Sber-Bank [Anm. der Redaktion: die größ-

te und der Hessian AI Computing Cluster. Bei Bedarf an großer Rechenkapazität stellen Forschungsgruppen, die mit LAION affiliert sind, Anträge für Supercomputer-Zugänge. So wurden zum Beispiel mehrere solche Anträge über meine Forschungsgruppe am Jülich Supercomputing Center gestellt, und zusammen mit internationalen Kooperationspartnern erhielten wir Rechenzeit für die Forschung an Open Foundation Models am Juwels Booster.

**Schuhmann:** Wenn wir Ressourcen brauchen, Rechenzeit, dann ist auch das eine Anfrage in einer offenen Gruppe auf Discord. Dort lesen auch Leute mit, die Forschungslabore leiten an Unis oder in Instituten, CIOs von Unternehmen. Oft ist mal ein Superrechner im Leerlauf. Und tatsächlich kommt dann die Rückmeldung: „Ja, wir haben soundso viele GPU-Stunden übrig. Bevor es verfällt ...“ Innerhalb von wenigen Tagen oder sogar nur Stunden hat man dann ein neues Projekt und die Leute wundern sich, dass ein kleiner Ver-



**Die LAION-Gründer Jenia Jitsev, Christoph Schuhmann und Robert Kaczmarczyk (von links) arbeiten ehrenamtlich für transparente KI-Modelle.**

ein ohne eigene Mittel große Forschung machen kann.

### c't: Open Source, quelloffene KI-Modelle – bedeutet das automatisch auch offengelegte Trainingsdaten?

**Jitsev:** Ja, das ist ein wichtiger Aspekt. Echte Open-Source-Modelle erfordern Transparenz nicht nur beim Modell selbst, sondern auch beim Trainingscode und den Datensätzen, um Bias und Funktionsweise verstehen zu können. Deshalb ist auch eine der wichtigen Aktivitäten in LAION das Erstellen von offenen Datensätzen.

**Kaczmarczyk:** Bildgeneratoren sollten generell auf die fürs Training verwendeten Ursprungsbilder verweisen. Dies ist im Sinne von Open Source und der Reproduzierbarkeit von wissenschaftlichen Ergebnissen. Ganz aktuell legt der EU AI Act aus Gründen der Sicherheit und des Datenschutzes Wert auf diese Transparenz.

### c't: Wie steht LAION zu Urheberrechten? Sollten Urheber frei entscheiden können, ob ihre Werke zum Training von KI-Modellen herangezogen werden?

**Schuhmann:** Urheber sollten zwar die Möglichkeit haben, über die Nutzung ihrer Werke zum Training von KI-Modellen zu entscheiden. Allerdings ist es wichtig, zwischen kommerzieller Nutzung und wissenschaftlicher Forschung zu differenzieren. Im Kontext der wissenschaftlichen Forschung besagt Paragraph 60c des Urheberrechtsgesetzes, dass das Urheberrecht keine Hürde darstellen sollte, die den Fortschritt und die Entwicklung etwa im Bereich der künstlichen Intelligenz behindert. Bei kommerziellen Anwendungen ist es jedoch entscheidend, dass die Zu-

stimmung der Urheber eingeholt wird, um ihre Werke für das Training von KI-Modellen zu verwenden.

### c't: Können Open-Source-Modelle und freie Forschung generell Alternativen zu den Modellen großer US-Konzerne darstellen?

**Kaczmarczyk:** Zunächst hatte die Open-Source-Community zwei grundlegende Nachteile: US-Konzerne hatten riesige Rechenzentren und riesige Datensätze, die keiner kannte. Im Zuge des AI Act, der auch Unternehmen mit großen Modellen auffordert, Transparenz zu schaffen, gibt es bald vielleicht „nur noch“ die Compute-Barriere. Mit großer Rechenpower in Europa könnte man also die Modelle aus den USA einholen. Und es gelingt jetzt schon, die Modelle aus dem Vorjahr einzuholen.

**Schuhmann:** Die Open-Source-Community hat eine Art „Schwarm-Vorteil“. Jeder profitiert davon, dass man geistige Leistung teilt. Zu der Rechenpower: GPT-4 wurde nach unseren Informationen für 100 Tage auf 25.000 A100-GPUs trainiert – und das bereits vor anderthalb Jahren. So viel Rechenleistung haben nicht einmal die größten Supercomputer in Europa. Wir haben im März 2023 eine Petition an die EU gerichtet, dass sie ein Rechenzentrum mit 100.000 H100-GPUs [Anm. d. Red.: eine leistungsfähigere Generation] bauen sollten. Das ist nicht passiert. Stattdessen hat Mark Zuckerberg auf X ein Video gepostet, in dem er ankündigt, dass Meta noch in diesem Jahr ein Rechenzentrum mit 350.000 H100-GPUs aufbauen wird. Damit werde man Open-Source-Modelle wie LLaMA 3 trainieren. Ich meine, die EU sollte mal ganz dringend aufwachen und deutlich mehr Geld in die Hand nehmen.

entwickler können ein Modell passend zum jeweiligen Anwendungsfall wählen und in ihr Projekt integrieren. Beispielsweise setzt das Hamburger Bildungs-Start-up Fobizz Informationsdienste an Schulen mit ChatGPT um und hat sich bereits an LeoLM interessiert gezeigt. Zudem ist LeoLM Ergebnis einer wissenschaftlichen Arbeit, die demonstriert, wie sich internationale Sprachmodelle auf eine lokale Sprache erweitern lassen.

### Personal Assistant to go

Das jüngste LAION-Projekt ist BUD-E, ein Personal Assistant, der in natürlicher (englischer) Sprache und mit natürlicher Stimme, empathisch und emotional intelligent, den Anwender auf seinem Laptop oder Smartphone begleitet. Dieses Projekt ist in Zusammenarbeit mit dem ELLIS Institute in Tübingen, Collabera und dem Tübingen AI Center entstanden.

Die Besonderheit an BUD-E ist, dass die lokale Software ziemlich schnell antworten kann, schneller als Cloudsysteme wie ChatGPT von OpenAI und Gemini von Google. Das zeigt eine Demo auf der LAION-Website. Zudem soll sich der ständige Begleiter an die Inhalte bisheriger Gespräche erinnern und entsprechend kontextbezogen antworten. Das könnte natürlich auch die Antwortzeiten in der Demo verkürzt haben.

Als Open-Source-Projekt ist auch die Entwicklung von BUD-E ein laufender Prozess. Es gibt eine lange Liste geplanter Verbesserungen. Dazu zählen verschiedene Ansätze, die Latenz der Antworten zu verringern, die natürlich klingende Stimme zu verbessern, Gesprächsinhalte besser im Speicher zu behalten und sogar, sich auf mehrere Sprecher einzustellen.

Auch an dieser Stelle erkennt man die Vorteile quelloffener Programmierung gegenüber geschlossenen Ansätzen einzelner Marktteilnehmer. LAION-Projekte bauen, wie bei der wissenschaftlichen Forschung abgeguckt, auf offenen, reproduzierbaren und wiederverwendbaren Ergebnissen auf. So entstehen Projekte, die naturgemäß eine Vielzahl an Verbesserungsansätzen für neue Forschungsgruppen eröffnen. Und es entstehen Modelle, die von vielen Unternehmen, auch kleinen und mittelständischen, aufgegriffen und kommerzialisiert werden können.

(agr@ct.de) ct

**LAION-Homepage und Projektseiten:**  
[ct.de/yvjm](http://ct.de/yvjm)



# PS5-Fernsteuerer

## PS5-Spiele auf PS Portal, Steam Deck und Tablets streamen

**Über Remote Play streamt die PlayStation 5 ihre Spiele auf Smartphones und andere Mobilgeräte. Wenn wie in Sonys PS Portal oder Valves Steam Deck der Controller bereits eingebaut ist, klappt das besonders gut. Der Praxistest zeigt die Vor- und Nachteile der Ansätze.**

Von Dennis Schirrmacher

Sony's Remote-Play-Funktion überträgt Audio- und Videosignale einer PlayStation 4 oder 5 als spielbaren Video-stream an Smartphones und andere mobile Endgeräte, die als Fernsteuerung für

die PlayStation dienen. Die PlayStation berechnet die Frames und schickt sie an das Endgerät. Das stellt die Bilder dar und schickt die Steuerbefehle an die PS5. So spielen Sie etwa zu Hause im eigenen Netzwerk, in dem sich auch die PS5 befindet, auf einem iPhone oder Android-Tablet, während die PS5 im Wohnzimmer die Rechenarbeit übernimmt. Das klappt sogar über das Internet.

Mit der PS Portal (220 Euro) hat Sony jüngst einen mobilen Streamingclient für PS5-Spiele veröffentlicht. Alternativ klappt das auch mit einem Steam Deck (ab 369 Euro) in Verbindung mit der Open-Source-Software Chiaki4deck [1] mit einer PS4 oder PS5. Für Android- und iOS-Geräte gibt es die offizielle App PS

Remote Play. Weil sie einen Controller mitbringen, stehen in diesem Artikel die PS Portal und das Steam Deck OLED mit einer PS5 im Fokus.

Für alle Varianten sind eine PS5 (ab 440 Euro) zum Berechnen der Spiele und des Videostreams und ein Router erforderlich. Von der Einrichtung, Nutzung und Bildqualität unterscheiden sich die Ansätze. Wir haben ausführlich Probe gespielt und zeigen die Vor- und Nachteile auf.

### Erste Schritte

Damit in allen drei Fällen der Zugriff auf die PS5 klappt, selektieren Sie im Menü der Spielkonsole unter „Einstellungen/System/Remote Play“ die Option „Remote Play aktivieren“. Außerdem müssen Sie unter „Einstellungen/System/Energie sparen/Im Ruhemodus verfügbare Funktionen“ die beiden Punkte „Mit dem Internet verbunden bleiben“ und „Einschalten der PS5 aus dem Netzwerk aktivieren“ auswählen. Mit diesen Einstellungen müssen Sie keine Angst vor einer hohen Stromrechnung haben: Die Leistungsaufnahme einer PS5 beläuft sich in diesem Zustand auf lediglich rund 1 Watt. Um die Verbindung zu optimieren, sollte die PS5 via Netzwerkkabel am Router hängen. In unserem Testaufbau war auf der PS5 die Systemsoftware 8.60 installiert.

### Der offizielle Weg

Die PS Portal ist kein Nachfolger von Sonys mobiler Spielkonsole PS Vita aus dem Jahr 2011. Sie berechnet keine Spiele, sondern dient ausschließlich als Streamingclient für Remote Play. Nach dem ersten Einschalten müssen Sie das PS Portal via WLAN mit Ihrem Netzwerk verbinden, in dem sich auch die eingeschaltete PS5 befindet. Das PS Portal erkennt die PS5 automatisch und Sie können direkt loslegen.

Solange die PS5 und PS Portal online sind, können Sie auch von unterwegs zocken. Praktisch: In fremdem WLANs funktioniert das auf Knopfdruck und es sind keine weiteren Einstellungen nötig; die Software der PS Portal kümmert sich um das Zustandekommen der Verbindung. Wollen

Sie unterwegs Ihr Smartphone als Hotspot nutzen, müssen Sie der PS5 in Ihrem Router eine feste IP-Adresse zuweisen und die folgenden UDP/TCP-Ports dorthin durchleiten: 987, 8572 und 9295 bis 9308.

Frisch aus  
**ct Nerdistan**

Auf Smartphones und Tablets gelingen die Vorbereiten ähnlich einfach. Die App findet die PS5 im gleichen Netzwerk automatisch und Sie können ohne Konfigurationsaufwand direkt losspielen.

## Stream Deck

Mit einem Steam Deck ist die Einrichtung etwas komplizierter, aber auch mit wenig Computerkenntnissen gut zu meistern. Als Erstes brauchen Sie die Remote-Play-Streamingsoftware Chiaki, die es unter anderem für Linux, macOS und Windows gibt. Chiaki4deck ist die auf das Steam Deck maßgeschneiderte Ausgabe. Besitzen Sie ein Steam Deck OLED [2], stellt Chiaki4deck den Videostream der PS5 sogar in High-Dynamic-Range-Qualität (HDR) dar. Aufgrund eines erweiterten Farbraums und erhöhtem Kontrastverhältnis erstrahlen HDR-Spiele ungemein brillant, was aufgrund des exzellenten Kontrastverhältnisses des OLED-Bildschirms besonders gut zur Geltung kommt.

Für die Installation von Chiaki4deck müssen Sie durch langes Drücken des Power-Knops des Steam Deck in den Desktopmodus wechseln. Rufen Sie dort in der Taskleiste über das Icon einer blauen Tragetasche den Discover-App-Store auf. Geben Sie in das Suchfeld „Chiaki4deck“ ein und installieren Sie die Anwendung. Da die App immer mal wieder Updates erhält, sich aber nicht automatisch aktualisiert, lohnt sich ein regelmäßiger Aufruf von Discover.

Damit das Steam Deck mit einer PS5 Daten austauschen kann, registrieren Sie Ihre Konsole im Chiaki4deck-Client. Dafür müssen sich beide Geräte im gleichen Netzwerk befinden und die PS5 muss entweder eingeschaltet sein oder sich im Netzwerk-Stand-by-Modus befinden.

Ist das gegeben, starten Sie Chiaki4deck und Ihre PS5 taucht automatisch mit dem Status „unregistered“ im Client auf. Klicken Sie auf den Eintrag. Für die Registrierung der Konsole benötigen Sie Ihre PSN-Account-ID. Um diese zu bekommen, klicken Sie auf „PSN Login“ und tippen Sie den Nutzernamen Ihres PlayStation-Accounts ein. Im Anschluss wird das nebenstehende Feld automatisch mit der PSN-Account-ID gefüllt.

Um beide Geräte miteinander bekannt zu machen, wechseln Sie auf Ihre PS5. Unter „Einstellungen/System/Remote Play“ wählen Sie „Gerät verknüpfen“ aus. Tippen Sie den angezeigten Code im PIN-Feld im Chiaki4deck-Client ein und

## c't kompakt

- Sonys Remote Play streamt PlayStation-Spiele auf Geräte wie die PS Portal, das Steam Deck und Android- und iOS-Geräte.
- Trotz Übertragung per WLAN fällt die Eingabeverzögerung kaum auf.
- Es gibt jedoch je nach Gerät Unterschiede in der Bild- und Streamingqualität.

setzen Sie den Haken im Feld „Broadcast“. Klicken Sie dann oben rechts auf „Register“. Nun sollte die Konsole in der Auflistung den Status „registered“ aufweisen. Um die Verbindung zu prüfen, versetzen Sie die PS5 in den Ruhemodus. Klicken Sie nun in Chiaki4deck auf den Eintrag, sollte die Konsole aufwachen.

## Einstellungen optimieren

Damit Spiele mit bestmöglicher Qualität und HDR erstrahlen, öffnen Sie im Client über das Zahnradssymbol die Einstellungen. Unter „Video“ wählen Sie unter „Resolution“ „1080p (PS and PS4 Pro)“ aus. Den FPS-Wert setzen Sie auf 60. Bei der Video-bitrate haben wir mit 30.000 Kbit/s gute Erfahrungen gemacht. Mit größeren Werten konnten wir keine Steigerung der Bildqualität beobachten. Beim „Codec“ aktivieren Sie den Eintrag „H265 HDR (PS5)“. Im Feld „Hardware Decoder“ ist „vaapi“ die korrekte Wahl und das „Render Preset“ setzen Sie auf „High Quality“. Die restlichen Einstellungen können Sie so belassen.

Damit in hellen Bildinhalten wie Wolken keine Details ausbrennen, müssen Sie in den Einstellungen der PS5 unter „Videoausgabe“ die HDR-Wiedergabe kalibrieren. Leider geht das nicht über Remote Play, sondern nur direkt an der Konsole. Die Kalibrierung teilt sich in drei Schritte auf. Um die HDR-Leuchtkraft auf das OLED-Display des Steam Deck mit seinen 1000 Nits abzustimmen, drücken Sie in den ersten beiden Bildschirmen auf dem Pad das Steuerkreuz so oft nach unten, bis Sie die unterste Stufe erreicht haben. Drücken Sie dann das Steuerkreuz fünfzehnmal nach oben. Im dritten Bildschirm drücken Sie für einen optimalen Schwarzwert das Steuerkreuz bis zum Minimum nach unten.

Damit das Aufwecken der PS5 und die Verbindung zum Chiaki4deck-Client automatisch klappt, müssen Sie ein Skript ausführen. Um das Skript zu erstellen, geben Sie im Terminal folgenden Befehl ein:

```
bash <<(curl -sLo- https://raw.githubusercontent.com/streetpea/chiaki4deck/main/scripts/gen-launcher.sh)
```

Bei den Abfragen tippen Sie die IP-Adresse Ihrer PS5 ein. Wollen Sie über das Internet streamen, geben Sie im nächsten Schritt zum Beispiel eine DynDNS-Adresse ein. Bei Bildmodus sollten Sie für eine unverzerrte Darstellung auf dem 16:10-Displays des Steam Deck die Option „Normal“ auswählen.

Um Ihre PS5 aus dem Game-Modus des Steam Deck zu starten, fügen Sie das Skript im Steam-Client über den Punkt „Steam-fremdes Spiel hinzufügen“ hinzu.



**Für den Controller der PS Portal hat Sony offensichtlich ein DualSense-Gamepad in der Mitte durchgeschnitten. Deswegen fühlt sich das Spielerlebnis fast wie auf einer PS5 an.**

Damit Sie das Skript Chiaki-launcher.sh sehen können, müssen Sie im Dateiexplorer oben rechts über die Option den Punkt zum Anzeigen versteckter Dateien aktivieren. Sie finden die Datei unter /home/steam/.var/app/io.github.streetpea.Chiaki4deck/config/Chiaki.

Wechseln Sie nun über das entsprechende Icon auf dem Steam-Deck-Desktop in den Gamemode. Dort konfigurieren Sie die Steuerung. Das geht ganz einfach und Sie laden ein von der Community vorkonfiguriertes Profil herunter. Öffnen Sie dafür den Eintrag des Clients und klicken Sie auf das Gamepad-Symbol. Wählen Sie den oberen Eintrag aus und suchen Sie unter „Community-Layouts“ das Profil „chiaki4deck+ mic“ vom Nutzer „gmonney23“ und wählen Sie es aus.

Um die WLAN-Verbindung zu optimieren, müssen Sie in den Steam-Deck-Einstellungen unter „Entwickler“ den Punkt „WLAN-Energieverwaltung aktivieren“ ausschalten. So haben wir die Latenz im WLAN von 16 Millisekunden auf 8 Millisekunden reduziert. Bei einer Bildwiederholrate von 60 Hertz baut sich ein Frame innerhalb von 16,67 Millisekunden auf. Dementsprechend kommt ein Steuerbefehl weniger als nur einen halben Frame verzögert bei der PS5 an. Das merkt man nicht. Um die Verzögerung herauszufinden, haben wir über die Linux-Konsole des Steam Deck die PS5 im Netzwerk angepingt. So lange braucht also ein Datenpaket vom Client zur PS5 und wieder zurück zum Client.

Auf der Projektwebsite von Chiaki4deck (siehe ct.de/yp6t) finden Sie noch weitere Hilfestellungen, etwa wie Sie einen DualSense-Controller mit dem Steam Deck verbinden und mit Chiaki4deck nutzen oder wie Sie über das Internet streamen.

### Wie spielt es sich?

Das Spielerlebnis steht und fällt mit der Stärke und Stabilität der WLAN-Anbindung. Videospiele zu streamen, stellt höhere Anforderungen an eine WLAN-Verbindung als etwa Filme von Netflix & Co. Schließlich muss das Ganze in Echtzeit mit einem möglichst kleinen Zwischenpuffer stattfinden, damit Controllereingaben so schnell wie möglich übers Netz zur PS5 gelangen.

In unseren Versuchen mit einer Fritzbox 6660 klappte das im gleichen Raum mit dem Router größtenteils sehr gut. Auch ein Zimmer weiter konnten wir mit der PS Portal, einem iPad Air 4 und dem Steam Deck noch gut spielen, wenngleich die PS Portal im Nebenraum die Bildqualität reduzierte, um die Verbindung durch die geminderte Videodatenrate aufrechtzuerhalten. Dadurch wurde die Darstellung sehr pixelig. Das Steam Deck OLED und das iPad Air verfügen über ein Wi-Fi-6-Modul, während in der PS Portal ein Wi-Fi-5-Chip die Daten überträgt. Daran kann die Reduzierung der Bildqualität im Nebenraum aber nicht liegen, da ein Steam Deck LCD mit seinem Wi-Fi-5-Modul im Vergleich besser performte.

Doch auch im selben Raum mit dem Router kam es mit beiden Handhelds immer wieder zu leichten Rücklern. Auf der PS Portal hat der Bildaufbau spürbar öfter gestottert als auf dem Steam Deck und dem iPad. Eine Reduzierung der PS5-Auflösung von 4K auf 1080p hat das Ruckeln auf der PS Portal nicht behoben. Entfernt man sich zu weit vom Router, ruckelt der Videostream auf allen Geräten immer mehr, bis er ganz abbricht.

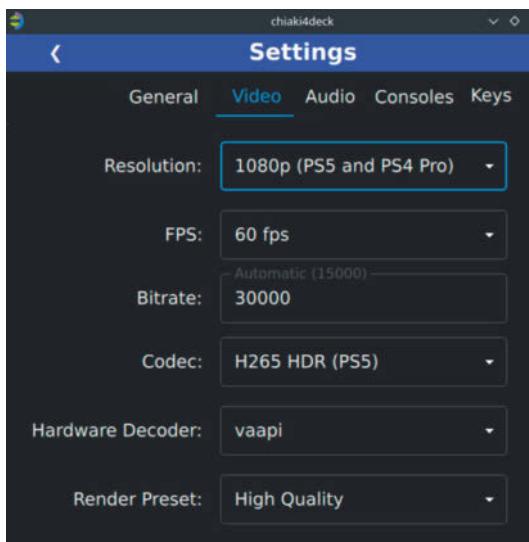
Auf einem Steam Deck ist ein störungsfreies Streamingerlebnis trotzdem möglich: Dafür schließen Sie über die USB-C-Buchse einen LAN-Adapter an und binden den Handheld via Kabel ins Netzwerk ein. Das geht aufgrund fehlender Schnittstellen mit der PS Portal nicht. So verkabelt haben wir „Psychonauts 2“ ruckelfrei durchgespielt.

In puncto Latenz (8 ms) nehmen sich die mobilen Geräte im WLAN unseren Tests zufolge nichts und die Steuerung fühlt sich vergleichsweise direkt an. Unterwegs müssen Sie aber mit einer größeren Verzögerung klarkommen. Mit einer stabilen WLAN-Verbindung an einem anderen Ort konnten wir mit dem Steam Deck die PS5 zu Hause mit einer Umlaufzeit (Round-trip Time) von rund 30 Millisekunden anpingen. Bei einem Spiel mit 60 fps entspricht das einer Zeit von knapp zwei Frames. Das ist für die meisten Spiele noch verschmerzbar. Spätestens ab 5 Frames (rund 80 ms) nimmt man die Verzögerung als störend wahr und man stirbt in Action-Titeln aufgrund der verzögerten Steuerung ungewollte Bildschirmtopte. Über eine WireGuard-VPN-Verbindung zu einer Fritzbox 6660 waren Spiele trotz einer Latenz von knapp über 30 Millisekunden wegen Dauerruckeln unspielbar. In einem VPN-Tunnel werden Daten verschlüsselt übertragen, was Rechenleistung einfordert. Dementsprechend ist die CPU des Mittelklasse-Routers offensichtlich zu schwach für die VPN-Verschlüsselung und die parallele Übertragung eines PS-Remote-Videostreams.

Bei der Steuerung hat die PS Portal klar die Nase vorn: Der Controller fühlt sich fast wie ein DualSense-Pad der PS5 an. Sogar die adaptiven Trigger sind dabei, sodass man etwa bei „Gran Turismo 7“ feinfühlig Gas geben kann. Auch die Vibrationen fühlen sich wie vom DualSense gewohnt an. Die Daumenauflagefläche der Analogsticks ist aber etwas kleiner als bei einem regulären PS5-Controller. Der Touchscreen der PS Portal fungiert als Er-



**Da PS Portal und Steam Deck (im Bild) nur einen Videostream abspielen müssen, hat die CPU kaum etwas zu tun und der Akku der Geräte hält fünf bis sechs Stunden durch. Aufgrund der geringen Rechenlast ruht der Lüfter des Steam Deck. Die PS Portal hat keine aktive Kühlung.**



**Mit diesen Einstellungen im Chiaki4deck-Client erstrahlen PS5-Spiele in HDR auf dem Steam Deck OLED.**

mit. Immerhin können Sie beliebige Kopfhörer via Klinkenstecker anschließen.

## Fazit

In der Summe spielen Sie aufgrund der einfacheren Einrichtung PS5-Titel auf der im Vergleich günstigeren PS Portal und Smartphones und Tablets unkomplizierter als auf dem Steam Deck. Doch die Streamingqualität der PS Portal hinkt der des Steam Deck mit Chiaki4deck qualitativ leicht hinterher. Gestreamte PS5-Spiele laufen auf dem Steam Deck bei gleicher Netzwerkverbindung flüssiger und sehen zudem brillanter aus. Bei wackeligem WLAN können Sie das Steam Deck zudem via LAN-Adapter ins Netz bringen. Es bleibt zu hoffen, dass Sony das Problem mit der HDR-Ausgabe und die leichten Ruckler über Firmwareupdates löst.

Mit einem Steam Deck sind Spieler zudem flexibler aufgestellt und können neben PC-Spielen unter anderem auch Retrotitel über Emulatoren zocken [3]. Schließlich halten sie damit einen Linux-PC mit all seinen Möglichkeiten in ihren Händen – dafür ist der Handheld aber auch deutlich teurer. In dem Sinne wäre es von Sony nur konsequent, die Streamingfähigkeiten der PS Portal auszubauen und etwa Cloudtitel des PS-Plus-Abos ohne PS5-Zwang anzubieten. (des@ct.de) ct

## Literatur

- [1] Dennis Schirrmacher, Stream Deck, PlayStation-Spiele auf das Steam Deck streamen, c't 3/2023, S. 164
- [2] Dennis Schirrmacher, Steam Deck 1.5, Valve's Handheld-Spielkonsole Steam Deck OLED im Test, c't 29/2023, S. 82
- [3] Dennis Schirrmacher, Retrogaming to go, Videospielkonsolen auf dem Steam Deck emulieren, c't 25/2022, S. 158

**Chiaki4deck-Projektwebsite:** [ct.de/yp6t](http://ct.de/yp6t)

## Streamingclients mit Controller für die PS5

	Steam Deck OLED (SteamOS 3.5.7)	PS Portal (Firmware 2.05)
Hersteller, URL	Valve, <a href="https://steamelectronics.com">steamelectronics.com</a>	Sony, <a href="https://playstation.com">playstation.com</a>
Bildschirm	7,4 Zoll OLED (max. 90 Hertz), HDR	8 Zoll LCD (60 Hertz), SDR
Auflösung	1280 × 800 Pixel (203 PPI)	1920 × 1080 Pixel (275 PPI)
Netzwerkverbindung	Wi-Fi 6, LAN-Adapter	Wi-Fi 5
Headsets & Kopfhörer	Bluetooth 5.3, 3,5 mm Stereo-Klinke	PS Link, 3,5 mm Stereo-Klinke
Anschlüsse	USB-C	USB-C (nur laden)
Prozessor, GPU	AMD Zen 2, AMD RDNA 2	Qualcomm Snapdragon 662, Adreno 610
Lüftergeräusch	beim Remote-Play-Streaming	–
Akkulaufzeit beim Stream	rund 6,5 Stunden	rund 5 Stunden
weitere Anwendungen	PC-Spiele, Netflix & Co. ...	–
Gewicht	639 Gramm	529 Gramm
Preis	ab 569 € (LCD ab 369 €)	220 €

satz für das Touchpad der DualSense-Controller. Nervig: Einige Titel wie „Baldurs Gate 3“ ändern unvermittelt die Tastenbelegungen der PS Portal und die Triggertasten sind plötzlich nicht mehr die R1- und L1-Knopfe, sondern R2 und L2.

Da Joypad-Eingaben über den Touchscreen eines Smartphones oder Tablets sehr ungenau sind, kommt kein Spielspaß auf und Sie sollten unbedingt einen Bluetooth-Controller koppeln. Für ein authentisches Spielerlebnis geht das auch mit einem PlayStation-Pad. Das funktioniert auch auf einem Steam Deck. Doch selbst ohne Sony-Pad lassen sich Spiele darauf akkurat steuern.

## Bildqualität

Bedingt durch die etwas höhere Pixeldichte (PPI) wirkt die Darstellung auf der PS Portal einen Tick schärfer. Davon profitieren aber nur Standbilder wie das Menü. Denn im direkten Vergleich mit Chiaki4deck sind auch bei einer stabilen Verbindung mehr Kompressionsartefakte des Videocodes sichtbar, worunter die Bildschärfe leidet.

Auch wenn Sonys Handheld einen leuchtstarken und blickwinkelstabilen Bildschirm hat, verliert das Display qualitativ gegen den OLED-Bildschirm. Um den Unterschied beider Bildschirme im Einstiegsbild zu visualisieren, stellen wir das PS-Portal-Display bewusst kontrastärmer dar. In der Realität erstrahlt der Bildschirm brillanter. Mit aktiverter HDR-Option zeigt die PS Portal sogar Bildfehler und Details in hellen Bildinhalten gehen verloren. Im Einstiegsbild zu diesem Artikel sehen Sie, dass man deswegen auf der PS Portal im Himmel gar keine Wolken erkennt. Das Problem ist, dass die PS5 das

HDR-Bildsignal trotz Inkompatibilität an den SDR-Bildschirm der PS Portal weiterleitet. Für eine korrekte Darstellung müssen Sie die HDR-Option in den Einstellungen der PS5 unter dem Punkt „Videoausgabe“ komplett ausschalten. Das geht aber leider nicht über die PS Portal, da das Bildschirmeinstellungsmenü der PS5 für den Streamingclient gesperrt ist. So müssen Sie die PS5 an einem Fernseher oder Monitor einschalten und die HDR-Option für die PS Portal deaktivieren. Wenn Sie an einem HDR-Fernseher spielen, müssen Sie also bei jedem Wechsel zwischen TV und Portal umschalten.

Ein weiterer nerviger Faktor ist, dass sich Sonys Handheld wegen des fehlenden Bluetooth-Moduls nicht mit kabellosen Headsets verbinden kann. Er unterstützt ausschließlich Kabelverbindungen über eine kleine Klinkenbuchse oder Sonys proprietäres kabelloses PS-Link-Format, das derzeit nur mit Sonys Wireless-Headset Pulse Elite und den Pulse Explore Earbuds kompatibel ist. Beide Modelle klingen okay und bringen Mikrofone für Sprachchats

# Umzug auf VoIP

## Festnetznummern beim Wegfall des Anschlusses retten und weiternutzen

**Eine Festnetznummer ist an einen Anschluss gebunden. Fällt der Anschluss weg, verliert man auch die seit Jahrzehnten im Bekanntenkreis verteilte Rufnummer. Ein Umzug zu einem VoIP-Provider kann die Nummer retten. Dabei sind aber einige Vorschriften zu beachten.**

Von Urs Mansmann

Rufnummern, ob im Festnetz oder im Mobilfunknetz, gehören dem Anschlussinhaber. Die Bundesnetzagentur wacht bei Festnetznummern über den Ortsnetzbezug, den es auch im Internetzeitalter zu erhalten gilt. Wer eine Münchner Vorwahl hat, muss in München wohnen, Hamburger Vorwahlen gibt es nur in Hamburg, so will es das Gesetz.

Aktuell sind Festnetznummern inklusive der führenden Null und der Vorwahl bis zu 12 Stellen lang. Ist eine Nummer kürzer als nach diesen Vorgaben, wird sie nicht neu vergeben, wenn sie einmal außer Betrieb genommen wurde. Als ehemaliger Inhaber kann man sie maximal sechs Monate lang zurückbekommen, wenn alle Voraussetzungen für eine Zuteilung ge-

geben sind. Nach dieser Gnadenfrist aber ist sie endgültig weg.

### Kein Anschluss im Seniorenheim

Ein Problem entsteht beispielsweise, wenn Senioren in ein Heim kommen. Dort bekommen sie oft eine Durchwahl für eine Haustelefonanlage und Zugriff aufs WLAN, aber keine Möglichkeit, einen eigenen Telefon- und Internetanschluss zu betreiben. Mit der Kündigung des alten Anschlusses fällt die Festnetznummer weg und damit die Erreichbarkeit für Familie und Bekannte, die diese Nummer vielleicht seit Jahrzehnten nutzen.

Mit einem Mobilfunkanschluss und einem VoIP-Account kann man diese Hürde überspringen und dabei sogar sein DECT-Telefon weiter nutzen [1], auch in Fritzboxen an Breitbandanschlüssen funktioniert ein zusätzlicher VoIP-Account problemlos. Alternativ nutzen Sie den VoIP-Account per Android/iOS-App oder per VoIP-Software am PC. Kostenlose VoIP-Accounts gibt es beispielsweise bei Bellsip, Fonial oder VoIP2GSM.

Wenn man keine gültige Adresse im Vorwahlgebiet mehr hat, sollte man der Versuchung widerstehen, zu schummeln. Spätestens wenn der erste Brief des VoIP-Providers als unzustellbar zurückkommt, wird er die Rufnummer sofort abschalten, um kein Bußgeld der Bundesnetzagentur zu kassieren.

### Überschreiben auf andere

Man kann Rufnummern auch retten, indem man sie auf andere überschreibt, etwa auf Kinder, die das Elternhaus übernehmen. Dazu muss man erklären, man sei unter dieser Rufnummer ebenfalls erreichbar gewesen.

Von Mitbewohnern einer WG, vom Partner oder als Erbe ist die Übernahme eines Anschlusses inklusive Nummer kein Problem. zieht man aber neu in eine Wohnung ein und möchte dabei eine dort bereits genutzte Rufnummer des Vermieters oder vormaligen Eigentümers übernehmen, stellen sich die Provider oft quer. Überlegen Sie also gut, wie Sie die Übernahme verkaufen. Es kann hilfreich sein, einen bestehenden Vertrag zunächst einmal auf den alten Inhaber weiterlaufen zu lassen, um ihn dann nach zwölf Monaten quasi als WG-Mitbewohner übernehmen zu können.

Umgehen lassen sich einige der Vorgaben auch mit einem Zweitwohnsitz, denn dafür kann man sich Rufnummern vor Ort zuteilen lassen. Einfacher ist es, eine Adresse bei Verwandten am Ort mit gleichem Nachnamen anzugeben. Das ist zwar auch geschummelt, fällt aber meist nicht auf, weil Post dorthin nicht zurückgeht.

Einem VoIP-Anbieter einen Umzug zu verschweigen, ist hingegen keine gute Idee. Das kann eine Weile lang gut gehen, aber irgendwann fällt es auf – und dann ist die Nummer unwiderruflich weg.

### Fazit

Kündigt man einen Festnetzanschluss, verliert man die damit verbundene Festnetznummer. Das lässt sich verhindern, wenn man mit dem Anschluss zu einem VoIP-Anbieter umzieht. Das aber geht nur, wenn man weiterhin eine Anschrift im richtigen Vorwahlbereich hat. Andere können den Anschluss nur unter bestimmten Voraussetzungen übernehmen. Auf diese Weise lassen sich Rufnummern retten und weiternutzen, die für viele Inhaber einen wichtigen Kommunikationskanal darstellen.

(uma@ct.de) ct

### Literatur

[1] Urs Mansmann, Funknachrüstung, Mit Festnetztelefonen zu Hause mobil telefonieren, c't 5/2024, S. 128

[2] Bundesnetzagentur, Struktur und Ausgestaltung des Nummernbereichs für Ortsnetzrufnummern, Verfügung 25/2006; Amtsblatt Bundesnetzagentur 9/2006 vom 10.05.2006, konsolidierte zum 10.08.2023 geltende Fassung

**Verordnungen und Formulare:**  
[ct.de/yg8z](http://ct.de/yg8z)

### Zusammenfassung

#### Der Vertrag soll auf einen Nachmieter übertragen werden

Für diesen Fall gilt:

- ✓ Eine Vertragsübernahme ist nur im Erbfall möglich.
- ✗ Eine Übernahme der Rufnummern ist nicht möglich.

Und so funktioniert es:

Füllen Sie für die Vertragsübernahme im Erbfall das folgende Formular aus und legen Sie die erforderlichen Unterlagen bei.

[Zum Formular](#)

Erforderliche Unterlagen  
Erbschein oder Notarurkunde

**Die Telekom verweigert in bestimmten Konstellationen eine Rufnummernübernahme.**



# DIGITAL DESIGN & UX NEXT

Produktentwicklung, Technologiepotenziale und Gestaltung zusammendenken

München • 17.-18. April 2024



Ganzheitliches Design und nahtlose User Experience sind die Bausteine für erfolgreiche Produkte.

Erfahren Sie, wie Sie **UX Design**, **Produktmanagement** und **Technologiekompetenz** in multidisziplinären Teams integrieren können.

**Digital Design & UX Next** – das Event-Ereignis für Usability- & UX-Profis, Digital Designer, Requirement Engineers und Product Owner.

[www.dd-ux.de](http://www.dd-ux.de)

Workshops am 16. April

Jetzt Tickets sichern!

Veranstalter



Kooperationspartner



VERBAND  
DEUTSCHER  
INDUSTRIE  
DESIGNER

UIG UNTERNEHMEN STÄRKEN  
NUTZENDE BEGEISTERN



Die Konferenz für  
**Enterprise-JavaScript**

Mainz • 7. - 8. Mai 2024

Jetzt  
Tickets mit  
Frühbucher-  
rabatt  
sichern!

Workshops am 6. Mai • Barrierefreiheit • React • Angular

[enterjs.de](http://enterjs.de)

Veranstalter



dpunkt.verlag

Silbersponsoren

adesso

R+V

# Speicherplatzvergrößerer

## SSD des Steam Decks tauschen

**Die Handheld-Spielkonsole Steam Deck enthält eine M.2-SSD, die man vergleichsweise einfach gegen eine SSD mit mehr Speicherplatz tauschen kann. Mit den richtigen Schritten ziehen Sie Ihre Daten und Spiele direkt mit um.**

Von Dennis Schirrmacher

Computerspiele werden immer größer und aktuelle Titel wie „Cyberpunk 2077“ beanspruchen rund 70 GByte auf einer Festplatte. Auf einem Steam Deck LCD mit 64 GByte können Sie das Spiel daher gar nicht erst installieren. Zum Glück kann man den Speicherplatz mit MicroSD-Karten aufstocken. Alternativ tauschen Sie die interne SSD aus.

### SSD-Vorteile

Im Vergleich zu einer MicroSD-Karte bringt der Festplattentausch einige Vorteile: Dank höherer Lesegeschwindigkeit starten Spiele schneller. Außerdem bekommen Sie mehr Gigabyte pro Euro: Eine M.2-SSD mit 1 TByte kostet rund 75 Euro, während eine Marken-MicroSDXC-Karte mit 1 TByte im Schnitt mit rund 90 Euro zu Buche schlägt. 2-TByte-MicroSD-Karten wurden zwar jüngst angekündigt, sind aber noch nicht erhältlich und werden voraussichtlich sehr teurer. Eine M.2-SSD mit 2 TByte kostet derzeit etwa 150 Euro.

Dieser Artikel zeigt den Festplattentausch exemplarisch mit einem Steam Deck OLED [1].

### So gehts

Um die alte M.2-SSD aus dem Steckplatz zu entfernen und die neue SSD einzubauen, müssen Sie das Gehäuse aufschrau-

ben, eine Abdeckung entfernen und einen Stecker abziehen. Um nahtlos weiterspielen zu können, klonen Sie im Vorfeld die alte SSD (siehe unten) und überspielen das Image im gleichen Schritt auf die neue SSD. Wollen Sie hingegen frisch starten, installieren Sie nach dem Austausch SteamOS neu.

Für den SSD-Tausch benötigen Sie beim Steam Deck OLED einen Torx-Schraubendreher (T6) und für die LCD-Variante einen Kreuzschlitzschraubendreher. Um die Gehäuseunterseite von der Oberseite zu lösen, hilft ein Öffnungschieß.

### SSD klonen

Um Spiele und Daten von der alten auf die neue SSD umzuziehen, klonen Sie die komplette Festplatte und kopieren das Image auf die neue SSD. Am einfachsten erledigen Sie das auf dem Steam Deck im Desktopmodus. Zum Erstellen und gleichzeitigen Kopieren des Images auf die neue SSD dient der Linux-Befehl dd. Um die neue, nackte SSD anzuschließen, benötigen Sie einen NVME-USB-Adapter (20 Euro). Für einen bequemeren Ablauf schließen Sie das Steam Deck an einen USB-Hub mit Tastatur, Maus und dem NVME-USB-Adapter an. Notfalls geht das aber auch ohne Dock über die Bildschirmtastatur. In dem Fall stecken Sie die SSD in den Adapter und schließen ihn direkt an den USB-C-Port der Handheld-Spielkonsole an.

Halten Sie bei eingeschaltetem Steam Deck den Einschaltknopf gedrückt und wechseln Sie in den Desktopmodus. Schließen Sie die neue SSD über den Adapter an. Öffnen Sie zum Eingeben von Befehlen die Konsole. Um wie im Folgenden mit Admin-Rechten zu arbeiten, setzen Sie durch das Eintippen von passwd ein Passwort.

Anschließend listet der Befehl sudo lsblk die angeschlossenen Datenträger auf. In der Regel trägt die alte SSD die Be-

zeichnung „nvme0n1“ und die extern angeschlossene SSD „sda“. Das Klonen und Kopieren auf die neue SSD starten Sie über folgenden Befehl:

```
sudo dd if=/dev/nvme0n1 of=/dev/sda
oflag=sync bs=128M status=progress
```

Passen Sie im Befehl nötigenfalls die Laufwerksbezeichnungen an.

Der Umzug einer nahezu vollen 512-GByte-SSD auf eine 2-Byte-SSD hat bei uns fast vier Stunden gedauert. Dabei war der NVME-USB-Adapter via USB-Typ-A am Dock angeschlossen. Die Schreibgeschwindigkeit ist höher, wenn die neue SSD direkt via USB-C ans Steam Deck angeschlossen ist, was die Kopierzeit in diesem Beispiel auf knapp eineinhalb Stunden verkürzt. Nach dem Kopiervorgang fahren Sie das Steam Deck herunter. Anschließend öffnen Sie die mobile Spielkonsole und tauschen die SSD.

### Vorbereitungen

Um während der Operation am offenen Gerät Akkuschäden vorzubeugen, sollte die Batterie vor dem Aufschrauben auf unter 25 Prozent entladen sein. Wenn Sie einen voll geladenen Akku aus Versehen mit einem Schraubendreher stechen, kann das böse Folgen haben. Zusätzlich ist es aus Sicherheitsgründen empfehlenswert, den Battery-Storage-Modus im BIOS zu aktivieren. In diesem Zustand reagiert das Steam Deck nicht auf Drücken des Powerknopfs, sodass es während des SSD-Tauschs nicht versehentlich eingeschaltet wird. Im Einzelnen gehen Sie so vor:

Fahren Sie das Steam Deck komplett herunter und schalten Sie es mit gedrückter Lautstärke-Plus-Taste ein. Nun erscheint das BIOS-Menü. Unter „Setup Utility“ finden Sie das Power-Menü, in dem Sie den „Battery storage mode“ aktivieren. Schalten Sie das Steam Deck nun komplett aus.

Achtung: Trotz aller Vorsichtsmaßnahmen kann immer etwas schiefgehen. Führen Sie die folgenden Schritte konzentriert und mit Ruhe durch. Wir übernehmen keine Haftung für beschädigte Steam Decks! Bevor Sie loslegen, sollten Sie sich die Fotos in diesem Artikel genau ansehen, um die Handgriffe besser zu verstehen.

### Operationsbeginn

Wichtig: Entfernen Sie zuallererst die MicroSD-Karte! Andernfalls zerbricht diese beim Öffnen des Gehäuses. Damit

das Steam Deck während des SSD-Tauschs nicht mit den Analogsticks auf dem Tisch hin- und herschlägt, platzieren Sie es mit den Joysticks nach unten im oberen Teil der mitgelieferten Tragetasche. So ist es für die folgenden Arbeiten sicher fixiert.

Lösen Sie die acht Torx-Schrauben auf der Rückseite und trennen Sie dann die Gehäuseunterseite von der Oberseite. Das ist etwas knifflig, weil die beiden Teile mit Clips ineinander gesteckt sind. Setzen Sie mit einem Öffnungsspieß am besten seitlich an den Bumpern auf der Oberseite an und knacken Sie das Steam Deck vorsichtig auf.

Um elektrostatischen Entladungen vorzubeugen, tragen Sie ESD-Handschuhe. Nach dem Öffnen sehen Sie die Innenreien der Handheld-Konsole. Die SSD versteckt sich unter der schwarzen Abdeckung (siehe Fotomarkierung 1), die Sie für den SSD-Tausch abnehmen müssen. Dafür lösen Sie die drei Schrauben. Merken Sie sich unbedingt die Position der Schrauben oder machen Sie ein Foto. Denn in der Nähe sind auch Schraublöcher des Gehäuses. Lösen Sie vorsichtig das schwarze Flachbandkabel auf der Unterseite der Abdeckung und entfernen Sie sie. Nun ziehen Sie den Batteriestecker ab (siehe Fotomarkierung 2). Das ist etwas frickelig, aber mit etwas Geduld und behutsamem Rütteln klappt es. Üben Sie nicht zu viel Kraft aus, sonst geht das Kabel kaputt. Hier kann ein Öffnungsspieß helfen. Gratulation, Sie haben den schwierigsten Teil der Operation bewältigt.

Entfernen Sie die Schraube der SSD-Halterung und ziehen Sie die SSD inklusive der Abschirmung heraus (siehe Fotomarkierung 3). Stecken Sie die neue SSD in die Abschirmung (siehe Fotomarkierung 4) und schließen Sie sie an. Drücken Sie die Halterung leicht herunter, um die Schraube zum Arretieren anzubringen. Ziehen Sie die Schraube nicht zu fest an, damit der Kopf nicht abbricht. Das gilt auch für die anderen Schrauben. Verbinden Sie die Batterie wieder. Schrauben Sie die Abdeckung fest und schließen Sie das Gehäuse. Erschrecken Sie beim Zusammenschrauben des Gehäuses nicht, wenn es knackt. Die Geräusche entstehen durch das Einrasten der Vorder- und Rückseite.

Sind die Gehäuseschrauben angezogen, stecken Sie das Ladekabel ans Steam Deck, um den Battery-Storage-Modus zu deaktivieren. Schalten Sie die Handheld-

Konsole ein. Nach wenigen Sekunden sollte eine automatische Prüfung der Installation von SteamOS beginnen, die nur wenige Sekunden dauert. Im Anschluss startet das System. Nun können Sie in den Einstellungen unter „Speicherplatz“ die Größe der neuen Festplatte prüfen. Praktischerweise müssen Sie mit der im Artikel beschriebenen Methode keine Partitionierung vornehmen und der gesamte Speicherplatz der neuen SSD steht direkt zur Verfügung.

## Neuinstallation

Alternativ können Sie das Steam Deck auch komplett zurücksetzen und SteamOS auf der größeren SSD neu installieren. Dafür bauen Sie zunächst die neue SSD ein, laden das SteamOS-Image herunter (siehe ct.de/yh8j) und kopieren es auf einen USB-Stick. Unter Windows klappt das etwa mit dem kostenlosen Tool Rufus in den Standardeinstellungen. Schließen Sie den Stick danach an das Steam Deck an und starten Sie es mit gedrückter Lautstärke-Minus-Taste, um das Bootmenü aufzurufen. Wählen Sie dort den Stick (EFI USB Device) zum Starten aus. Im Wiederherstellungsmodus starten Sie auf dem Desktop die Option „Reimage Steam Deck“. Achtung: Diese Option löscht alle Daten auf der SSD und installiert SteamOS neu. Der Vorgang dauert nur wenige Minuten. Nach dem Abschluss starten Sie das Steam Deck und beginnen mit der Ersteinrichtung.

## Fazit

Praktisch: Für den Umzug Ihrer Spiele und Daten ist lediglich die Eingabe einer Befehlskette nötig und nach dem Einbau steht die neue SSD direkt mit dem vollen Speicherplatz zur Verfügung. Da auch die M.2-SSDs in der Handheld-Spielkonsolen-Konkurrenz wie Asus ROG Ally [2] und Lenovo Legion Go austauschbar sind, können Sie auch dort den Speicherplatz mit vergleichsweise wenig Aufwand vergroßern. Die Schritte unterscheiden sich natürlich im Detail. Asus beispielsweise stellt dafür eine verständliche Anleitung bereit (siehe ct.de/yh8j).

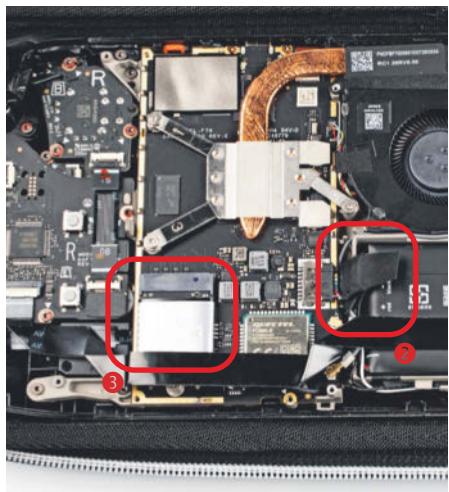
(des@ct.de) ct

## Literatur

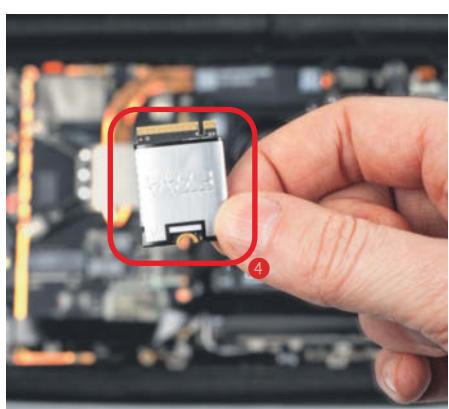
- [1] Dennis Schirrmacher, Steam Deck 1.5, Valve Handheld-Spielkonsole Steam Deck OLED im Test, ct 29/2023, S. 82
- [2] Jan-Keno Janssen, Steam-Deck-Konkurrent, Mobile Spielkonsole Asus ROG Ally im Test, ct 14/2023, S. 86



Die SSD verbirgt sich links unter der schwarzen Abdeckung (1). Um diese zu entfernen, drehen Sie die drei Schrauben heraus und lösen auf der Unterseite vorsichtig das angeklebte schwarze Flachbandkabel.



Ziehen Sie das Akkukabel ab (2) und entfernen Sie dann die alte SSD wie im Text beschrieben (3).



Um den Umbau abzuschließen, stecken Sie die neue SSD (4) in die Abschirmung und schließen Sie sie an.

**SteamOS-Image, SSD-Tausch Asus ROG Ally:** [ct.de/yh8j](http://ct.de/yh8j)



Bild: Thorsten Hübner

# Vorgegaukelt

## Windows-Software mit CrossOver unter Linux nutzen

**Adobe Reader, Scrivener, Papyrus, GOG Galaxy & Co.: CrossOver Linux vereinfacht die Installation und Konfiguration unterstützter Windows-Programme unter Linux.**

Von Liane M. Dubowy

Damit Windows-Programme auch unter Linux laufen, brauchen sie die gewohnte Betriebssystemumgebung. Die simuliert ihnen die Software Wine, die Freiwillige als kostenloses Open-Source-Tool entwickeln. Manchmal klappen Installation und Betrieb einer Windows-Anwendung ohne besondere Anpassungen, oft aber muss man an vielen Stellschrauben drehen, bis alles rund läuft. Um das zu vereinfachen, hat die amerikanische Firma CodeWeavers die Software CrossOver Linux entwickelt. Dabei handelt es sich um eine Weiterentwicklung von Wine, deren Code zum Teil auch ins Open-Source-Projekt zurückfließt.

Wer sich nicht selbst um die Konfiguration der simulierten Windows-Umgebung, des sogenannten „Wine Prefix“ kümmern will, erhält mit CrossOver Linux fertige Konfigurationen für viele Anwendungen sowie eine grafische Oberfläche, um Programme zu installieren und zu starten. CrossOver legt auf Wunsch für jedes Programm ein eigenes, passend konfiguriertes Wine Prefix an und erlaubt es Ihnen, an vielen Schrauben zu drehen.

Bevor Sie jetzt voller Vorfreude stapelweise Windows-Software hervorkramen, ein kleiner Dämpfer: Nicht jedes für das Microsoft-Betriebssystem vorgesehene Programm läuft auch unter Linux. Oft liegt der Teufel im Detail, sodass eine ältere Version funktioniert, die nächsthöhere dagegen streikt womöglich. Eine Linux-Alternative ist in vielen Fällen die bessere Wahl – auch wenn sie womöglich nicht denselben Funktionsumfang bereithält. Manchmal gibt es aber keinen Ersatz und bei proprietärer Herellersoftware für Kameras, Fitness-Gadgets und ähnlichem haben Sie oft ohnehin keine Wahl.

Um herauszufinden, wie die Chancen für Ihre unverzichtbare Windows-Software stehen, brauchen Sie kein Geld auszugeben. Sie können CrossOver kostenlos 14 Tage mit vollem Funktionsumfang testen. Erst danach werden Lizenzgebühren fällig: Für 74 Euro erhalten Sie die Vollversion sowie ein Jahr Updates, für 484 Euro gibt es die auch darüber hinaus. Wenn Sie sich zum Kauf entschließen, müssen Sie nicht alles neu installieren, sondern können die vorhandene Version einfach freischalten, indem Sie auf der CodeWeavers-Website eine Lizenz erwerben und sich in CrossOver mit dem CodeWeavers-Konto anmelden.

### CrossOver installieren

CodeWeavers stellt seine Kompatibilitätssoftware für Linux als DEB- (für Ubuntu, Debian, Mint) und RPM-Paket (für Fedora, openSUSE) bereit. Das DEB- oder RPM-Paket installieren Sie per Doppelklick mit der grafischen Softwareverwaltung Ihrer Distribution oder mit dem entsprechenden Kommandozeilenbefehl.

Für andere Distributionen wie Arch Linux und Manjaro erhalten Sie einen distributionsunabhängigen Installer mit der Endung .bin, der das Tool ohne administrative Rechte im Home-Verzeichnis einrichtet. Den können Sie auch auf anderen Distributionen installieren. Zunächst müssen Sie die Datei ausführbar machen. Dazu klicken Sie sie im Dateimanager mit der rechten Maustaste an, öffnen die Eigenschaften, wechseln zu den Berechtigungen und setzen das Häkchen, das die Ausführung als Programm zulässt. Danach können Sie den Installer per Doppelklick starten, die Lizenz bestätigen, das Installationsverzeichnis auswählen und mit „Weiter“ die Installation starten. Ein Klick auf „Fertig stellen“ schließt den Prozess ab.

### So funktioniert

Nach der Installation starten Sie CrossOver über das Anwendungs menü. Um ein Windows-Programm zu installieren, klicken Sie links in der Seitenleiste auf die Schaltfläche „Installieren“ und tippen den Namen des Programms ins Suchfeld. Damit durchforsten Sie den Fundus bereits vorhandener Konfigurationen. Alternativ nutzen Sie die Suche auf der CodeWeavers-Website unter „App Compatibility“. Gefundene Konfigurationen können Sie als JSON-Datei mit der Endung .tie herunterladen, indem Sie auf die Schaltfläche „Install now“ unterhalb von „Install

Windows Software“ klicken. Die Datei öffnen Sie anschließend mit CrossOver, um das Windows-Programm mit den darin festgehaltenen Einstellungen zu installieren. Oft liefert die Website mehr Treffer als die CrossOver-Software, da das Tool zu lange nicht getestete Einträge ausfiltert.

Gibt es einen zu Ihrer Suche passenden Eintrag, können Sie die Software mit den vorgegebenen Einstellungen installieren. Der Vorteil: CrossOver weiß dann bereits, ob Zusätze wie das .NET-Framework, Schriften oder anderes nötig sind und welche Windows-Version simuliert werden muss. Wenn es für Ihre Software keinen Eintrag gibt, können Sie über den Knopf „Installieren einer nicht aufgelisteten Anwendung“ direkt den Installer auswählen. Bevor es mit der Installation losgehen kann, müssen Sie die unten im Fenster aufgelisteten Voraussetzungen erfüllen. Hinter jedem Punkt zeigt CrossOver eine Schaltfläche „Bearbeiten“. Klicken Sie hinter „You need to provide...“ auf „Bearbeiten“ und navigieren Sie zur EXE-Datei des Programms, das Sie installieren möchten.

Das Fenster war im Test nur teilweise übersetzt; auch führten gelegentlich erklärende Links auf die CodeWeavers-Website ins Leere. Hier half in der Regel, auf der Website zu „Support“ zu wechseln und dort danach zu suchen. Noch ein Tipp: Viele Installer bieten an, die frisch installierte Software gleich zu starten. Verneinen Sie das, damit der Einrichtungsprozess abgeschlossen werden kann, und starten Sie die Software dann über das Fenster oder das Anwendungs menü.

## c't kompakt

- Windows-Programme wie Adobe Reader, Adobe Digital Editions, Scrivener, Papyrus Autor oder GOG Galaxy laufen mit CrossOver auch unter Linux.
- CrossOver erleichtert mit seiner grafischen Oberfläche und fertigen Einstellungen für viele Tools das Anlegen und Konfigurieren der simulierten Windows-Umgebung.
- Längst nicht alles geht, es hängt von der konkreten Anwendung und mitunter sogar deren Versionsnummer ab.

Für jede Anwendung können Sie bei der Installation eine eigene Windows-Umgebung, eine sogenannte Flasche anlegen, die ganz auf die Bedürfnisse der Software zugeschnitten ist. Die Flaschen trennen die einzelnen Anwendungen und Wine Prefixes sauber voneinander, sodass Sie bei Bedarf auch mehrere Versionen einer Software parallel installieren können. Ist ein Installationsversuch gescheitert oder brauchen Sie ein Programm nicht mehr, können Sie die Flasche rückstandslos in einem Rutsch entfernen. Wechseln Sie dazu über die CrossOver-Seitenleiste in die betreffende Flasche und klicken Sie rechts auf die Schaltfläche „Flasche entfernen“. Damit löscht CrossOver das Wine-Prefix und alle darin installierten Tools.

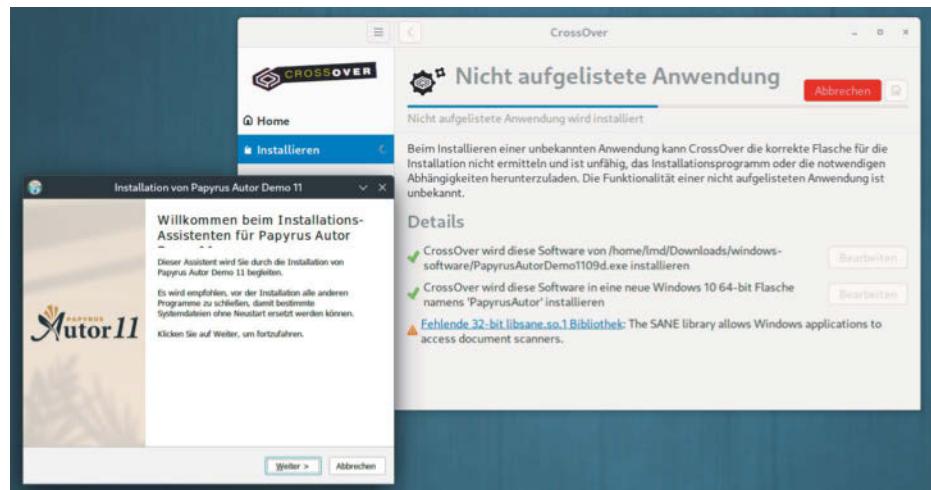


Unter „Installieren“ präsentiert CrossOver Installationseinträge für häufig nachgefragte Windows-Tools.

## Windows-Software unter Linux installieren

Wie die Installation eines Windows-Programms im besten Fall ablaufen kann, zeigt die Installation des kostenlosen Adobe Readers. Wenn Sie in CrossOver nach „Reader“ suchen, erhalten Sie vier Treffer für die Adobe-Software. Fünf Sterne beim Eintrag für Version 11 zeigen, dass diese am besten unterstützt wird. Einmal angeklickt, listet CrossOver auf, welche Schritte nun folgen: CrossOver übernimmt den Download der Software und installiert sie anschließend. Einziger Haken: CrossOver plant, die englischsprachige Version herunterzuladen. Wollen Sie stattdessen die deutsche Version, müssen Sie diese selbst herunterladen. Um die richtige Version zu erhalten, müssen Sie etwas tricksen, denn Adobe bietet auf seiner Website nur die Version „2023.008.20533 German Windows(64Bit)“ an, deren Installation im Test scheiterte. Um die deutsche Version XI zu erhalten, kopieren Sie deshalb den Link aus CrossOver in ein neues Browser-Tab und ersetzen darin an zwei Stellen „en\_US“ durch „de\_DE“, bevor Sie ihn aufrufen.

Zurück im CrossOver-Installationsfenster können Sie die so heruntergeladene Version an CrossOver verfüttern. Dazu klicken Sie in der Zeile, die mit „CrossOver“ wird das Installationsprogramm“ beginnt, auf „Bearbeiten“, dann auf „Wählen Sie ein Installationsprogramm aus“, hangeln sich zur heruntergeladenen EXE-Datei durch und bestätigen mit „Installationsdatei auswählen“. Eine Meldung, die das



### Das Schreibtool Papyrus Autor 11 lässt sich ohne Schwierigkeiten mit CrossOver installieren.

Fehlen von „32-bit libsane.so.1“ moniert, können Sie übrigens ignorieren, solange Sie keinen Dokumentenscanner mit der Anwendung nutzen wollen.

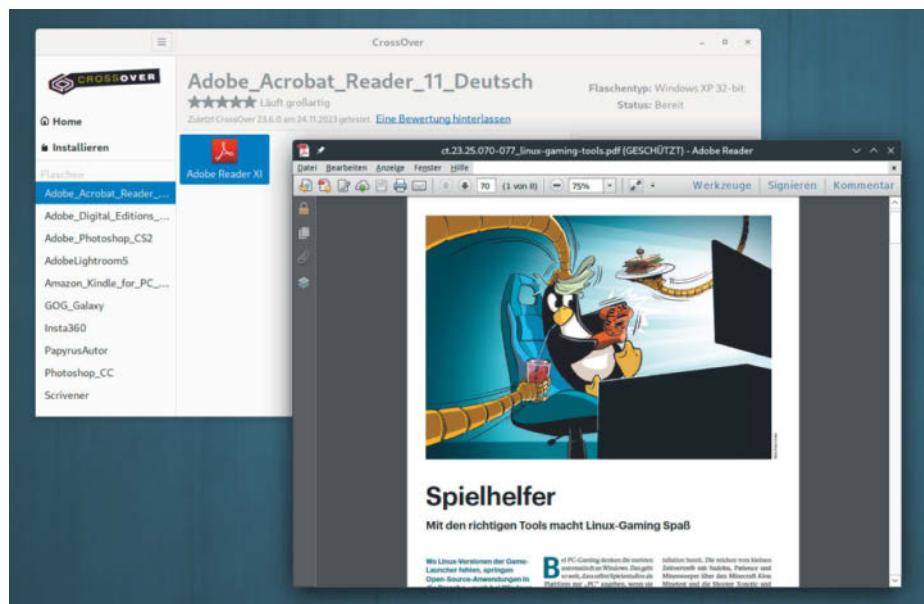
Ein Klick auf „Installieren“ startet den Installationsprozess, nach dem Abnicken der Lizenz läuft dieser glatt durch. Wie unter Windows installiert CrossOver dabei auch fehlende Windows-Komponenten, deren Einrichtung und Lizenzen Sie gegebenenfalls abnicken müssen. Bestätigen Sie die Installationspfade einfach. CrossOver legt außerdem nicht nur ein Startsymbol im eigenen Programmfenster an, sondern auch einen Eintrag im Anwendungsmenü, über den Sie den Adobe Reader wie gewohnt starten. Um ein mit CrossOver installiertes Programm zu star-

ten, müssen Sie nicht erst CrossOver starten – das Fenster dient nur dazu, die Anwendungen zu verwalten.

Ein weiteres Adobe-Tool ließ sich ebenfalls problemlos installieren: Adobe Digital Editions 2.0, das zum Öffnen von mit Adobe DRM geschützten E-Books nötig ist. Damit können Sie beispielsweise entsprechend geschützte PDFs der Onleihe lesen. Das nur für Windows erhältliche Autorentool Scrivener läuft laut CodeWeavers-Datenbank ebenfalls „großartig“. Erwartungsgemäß gab es in unserem Test keine Probleme: Die Installation lief reibungslos durch, CrossOver übernimmt dabei den Download der Software. Um das Programm auf Deutsch umzustellen, öffnen Sie „File/Options“ und wählen unter „Language“ aus dem Feld „Deutsch (Deutschland) Preview Available“. Nach einem Klick auf „OK“ und einem Neustart des Programms ist die Oberfläche in Deutsch, die Vorlagen bleiben allerdings englischsprachig. Wer stattdessen Papyrus Autor 11 verwenden möchte, kann das Tool als „Nicht installierte Anwendung“ einrichten. Wir haben das erfolgreich mit der Demoversion getestet.

### CrossOver für Spiele

In der Kompatibilitätsdatenbank von CrossOver finden sich viele Spieletitel. Die erste Wahl für Windows-Spiele unter Linux ist das Tool trotzdem nicht, denn es geht einfacher. Wer Spiele auf Steam besitzt, sollte lieber erst versuchen, sie direkt damit zu starten. Valves Kompatibilitäts- tool Proton [1] hat in den letzten Jahren enorme Fortschritte gemacht und startet viele Windows-Spiele ohne Probleme. Open-Source-Tools wie Heroic Games



**Paradebeispiel:** Adobe Reader XI lässt sich ohne Probleme mit CrossOver installieren und starten – über einen Trick auch in Deutsch.

Launcher und Lutris, die wir bereits in [2] ausführlich vorgestellt haben, übernehmen die Aufgabe, die Spielebibliotheken bei Epic Games, GOG, EA und Ubisoft auf den Linux-Desktop zu bringen. Erst wenn ein Spiel mit keinem dieser kostenlosen Tools läuft, lohnt sich der Griff zum kostenpflichtigen CrossOver.

CrossOver bringt Hersteller-Launcher wie GOG Galaxy oder die EA App zum Laufen sowie viele konkrete Games. Ob allerdings ein Spiel mit CrossOver besser läuft als mit einem der vielen Open-Source-Tools, lässt sich nicht pauschal beantworten. In problematischen Fällen können Sie es einfach mal mit der Testversion von CrossOver versuchen. Die Datenbank verrät, welche Titel besonders gut unterstützt werden, im Forum zum jeweiligen Titel finden Sie weitere Hinweise.

Getestet haben wir beispielsweise den Spiele-Launcher GOG Galaxy, der die Games von GOG in einer Bibliothek sammelt, den Store sowie eine Freundesliste einbindet. Installation und Start von GOG Galaxy bereiteten keine Probleme, auch ein Spieldownload klappte im Test und das Spiel lief. Das heißt allerdings nicht, dass jeder Titel mitspielt. CodeWeavers empfiehlt, in der Datenbank nach dem gewünschten Spiel zu suchen und es damit direkt zu installieren.

## Harte Knochen

Nicht immer läuft alles so rund wie bei Adobe Reader XI, Scrivener und Papyrus Autor. Um beispielsweise die Videos einer Actioncam Insta360 Go 3 auszulesen und zu bearbeiten, braucht man die Hersteller-Software Insta360 Studio. Deren Versionen 2023 4.9.1 und 2024 4.9.2 ließen sich zwar installieren, stürzten aber im Betrieb ständig ab.

Auch ließ sich keine der von uns getesteten Versionen von Microsoft Office 365 auch nur installieren; es bleibt nur die Browserversion als Alternative für Linux. Ältere Office-Versionen können durchaus laufen, doch auch hier dürfte die Versionsnummer entscheidend sein. Die Bewertungen auf der CodeWeavers-Website können dabei lediglich eine Richtung vorgeben, da aktuelle Versionen ohne Versionsnummer ausgeliefert werden und sich immer wieder ändern. Auch ein aktuelles Adobe Photoshop CC widersetzt sich schon bei der Installation; manch Old-timer wie Photoshop CS2 läuft dagegen.

Finden Sie im CodeWeavers-Forum oder in der App-Datenbank auf winehq.

org einen Hinweis, können Sie selbst an der Konfiguration Verbesserungen vornehmen. Ein Tipp dazu: Haben Sie bereits einige Flaschen angelegt, speichert CrossOver die darin installierten Tools und Schriften in einem Ordner, sodass sie bei der nächsten Flasche nicht erneut heruntergeladen werden müssen. Sie können sie bei Bedarf auch selbst in einer Flasche installieren. Bei der Installation unter Manjaro liegen diese im Home-Verzeichnis unter `~/.cxoffice/installers`, in anderen Distributionen sollten Sie unter `/opt/cxoffice` danach suchen.

Um herauszufinden, welche Bibliotheken CrossOver fehlen, liefert die Software ein Kommandozeilentool mit, das im Ordner `.bin` im Installationsverzeichnis liegt. Bei Manjaro rufen Sie es in einem Terminalfenster beispielsweise so auf:

```
./.bin/cxoffice/bin/cxfix --show-all
```

Den Pfad müssen Sie gegebenenfalls anpassen. Die Ausgabe zeigt, welche (häufig 32-Bit-)Bibliotheken fehlen und liefert gleich Installationsbefehle für verschiedene Distributionen mit. Da die Unterstützung für 32-Bit-Systeme aber nur noch in wenigen Distributionen mitgeliefert wird, funktionieren diese nicht immer. Unter Manjaro konnten wir der Fehlermeldung „Fehlende 32-bit libsane.so.1“ nicht abhelfen.

## Fazit

Unsere Ergebnisse im Test reichten von super bis unbrauchbar. Während manche Tools fehlerfrei liefen, hakte es bei anderen schon beim Start des Installers. Ältere Versionen hatten oft weniger Probleme, eine Regel lässt sich daraus aber nicht ableiten. CrossOver Linux kann also keine

Wunder vollbringen und die fehlende Linux-Unterstützung der Soft- und Hardwarehersteller nicht in jedem Fall wettmachen. Wie es sich in der Praxis schlägt, hängt erheblich von der konkreten Anwendung und deren Versionsnummer ab, ums Experimentieren kommen Sie daher nicht herum. Die CodeWeavers-Website wirkt mit ihren vielen fehlerhaften Links etwas angestaubt. Die Testberichte auf WineHQ.org sind im Gegensatz dazu deutlich aktueller, detaillierter und liefern oft Troubleshooting-Tipps.

Einen großen Vorteil bietet CrossOver bei der Konfiguration des Wine-Prefixes in seinen Flaschen. Und auch wenn Sie selbst noch Bibliotheken installieren wollen, weil ein Hinweis im Web Sie darauf gebracht hat, erleichtert CrossOver das Nachrüsten. Experimente kosten dank Testversion weder Geld noch hinterlassen sie unschöne Reste im System. Mit wenigen Klicks entfernen Sie eine Flasche schnell wieder von der Festplatte und damit alles, was darin installiert war.

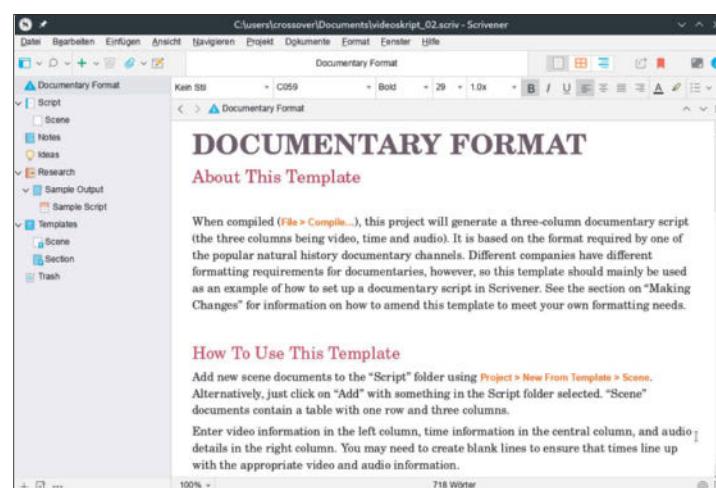
Mit etwas Glück muss man bei CrossOver weder selbst Zusatzbibliotheken nachspüren noch diese von Hand nachinstallieren. Ob sich der Preis für eine Lizenz lohnt, hängt davon ab, ob die von Ihnen benötigte Windows-Software damit läuft und wie dringend Sie genau dieses Tool brauchen. Denn viele Aufgaben kann auch native Linux-Software übernehmen.

(lmd@ct.de) ct

## Literatur

- [1] Liane M. Dubowy, Läuft einfach, Windows-Spiele unter Linux mit Proton, c't 8/2021, S. 164
- [2] Liane M. Dubowy, Spielhelfer, Mit den richtigen Tools macht Linux-Gaming Spaß c't 25/2023, S. 70

**CrossOver Linux:** [ct.de/y5dm](http://ct.de/y5dm)



**Das Schreibwerkzeug Scrivener zum Verfassen von Romanen und Drehbüchern läuft mit CrossOver auch unter Linux.**



Bild: Thorsten Hübner

# Schreibtischcontainer

## Mit Distrobox mehrere Linux-Systeme gleichzeitig betreiben

**Distrobox startet beliebig viele Linux-Distributionen parallel innerhalb Ihres laufenden Linux-Systems. Sie erhalten so schnell eine Testumgebung oder können Software installieren, die auf Ihrem System normalerweise nicht laufen würde. Die wenigen dazu notwendigen Handgriffe vermittelt dieser Praxisartikel.**

Von Tim Schürmann

**D**as pfiffige Werkzeug Distrobox packt komplette Distributionen einsatzbereit in Container. Mit der dahinter stehenden Technik müssen Sie sich für die allermeisten Zwecke weder auskennen noch beschäftigen. Es genügen zwei einfache Kommandozeilenbefehle. Auf diese Weise können Sie problemlos mehrere Distributionen ausprobieren, relativ gefahrlos mit Befehlen experimentieren oder eine Software in verschiedenen Linux-

Umgebungen testen. Darüber hinaus lassen sich in den Containern Programme mit Root-Rechten ausführen, selbst wenn Sie auf Ihrem Host-System keine Root-Rechte besitzen oder diese dort nicht einräumen möchten. Zu guter Letzt erlaubt

Distrobox das Nachinstallieren von Software auf sogenannten immutable Systemen mit schreibgeschütztem Dateisystem, wie Fedora Silverblue, VanillaOS oder SteamOS.

Distrobox erzeugt die Container nicht selbst. Stattdessen weist es eine Container-Engine wie Docker oder Podman an, die gewünschte Linux-Distribution aus dem Internet zu holen, in einen Container zu packen und diesen dann zu starten. Distrobox

richtet die Container so ein, dass die darin laufenden Linux-Systeme das Netzwerk nutzen und auf Ihr Heimatverzeichnis zugreifen können. Dies sorgt für eine komfortable Arbeitsumgebung, gewährt den Programmen in den Containern aber auch

**ct Hardcore**

## ct kompakt

- Distrobox richtet im Handumdrehen beliebige Linux-Distributionen als Container ein, wobei es Befehle von Docker & Co. abstrahiert.
- So installiert oder testet man bequem Programme, ohne das man die Installation des Hauptsystems verhunzt.
- Auf Wunsch generiert Distrobox Verknüpfungen im Startmenü für Anwendungen in den Containern.

recht umfangreiche Befugnisse. Sie sollten die Container folglich nicht mit einer Sandbox oder einer abgeschotteten virtuellen Maschine verwechseln. Außerdem verwenden die Gastsysteme keinen eigenen Kernel, sondern den des Hostsystems.

### Installation

Viele Distributionen offerieren Distrobox in ihrer Softwareverwaltung, die allerdings in einigen Fällen eine von Distrobox benötigte Container-Engine mit suboptimalen Einstellungen installiert. So sind etwa bei Ubuntu für den Betrieb von Distrobox mit Docker Systemverwalterrechte notwendig und unter openSUSE müssen Sie sogar noch die Container-Engine explizit zur Zusammenarbeit überreden (siehe ct.de/y7fa).

Darüber hinaus liefern einige Distributionen veraltete Distrobox-Fassungen aus. Seit Distrobox 1.4 kann das Tool alle Container auf einen Schlag aktualisieren. Ab der Version 1.5 reicht Distrobox den proprietären Grafikkartentreiber von Nvidia in die Container durch, was zumindest für Besitzer einer GPU dieses Herstellers sehr hilfreich ist. Das zum Redaktionsschluss aktuelle Distrobox 1.6 verbessert die Nvidia-Unterstützung weiter, ergreift noch eine Sicherheitsmaßnahme für spezielle Konstellationen und kommt auch mit der Container-Engine Lilipod zurecht.

Die Entwicklung von Distrobox schreitet in recht großen Schritten voran. Um immer die aktuelle Version zu haben, sollten Sie erwägen, Distrobox ausnahmsweise manuell einzurichten. Das gelingt spießend einfach, da Distrobox nur aus einer Handvoll Shellskripte besteht. Die Distrobox-Dokumentation schlägt dazu einen Weg über cURL oder Wget vor, der allerdings Root-Rechte verlangt. Daher raten

wir von dieser Installationsmethode aus Sicherheitsgründen ab. Spielen Sie stattdessen zunächst über Ihre Softwareverwaltung die Container-Engine Podman ein. Bei unseren Tests hat sich Podman als unkompliziert bewährt und die Container laufen ohne Systemverwalter-Privilegien. Unter Debian und Ubuntu lautet der Befehl `sudo apt install podman` und bei Fedora geben Sie `sudo dnf install podman` ein.

Laden Sie sich dann das Archiv der aktuellen Distrobox-Version von GitHub herunter (siehe ct.de/y7fa) und entpacken Sie das Archiv. Öffnen Sie dann ein Terminal, wechseln Sie in das entpackte Verzeichnis und starten dort das Installationsskript:

```
cd ~/Downloads/distrobox-1.6.0.1/
./install
```

Dies richtet Distrobox in Ihrem Heimatverzeichnis unter `~/.local/bin/` ein. Updates kommen zukünftig mit den gleichen Handgriffen auf Ihren Rechner. Kontrollieren Sie mit `which distrobox`, ob die Installation geklappt hat. Erhalten Sie darauf nicht die Rückmeldung „`~/.local/bin/distrobox`“ ergänzen Sie am Ende der versteckten Konfigurationsdatei `~/.bashrc` die folgende Zeile:

```
export PATH="~/.local/bin:$PATH"
```

Öffnen Sie danach eine neue Shell, was die geänderte Konfiguration lädt. Die sorgt dafür, dass Sie die Distrobox-Werkzeuge ohne Pfadangabe direkt aufrufen können.

### Schnellstart

In einem ersten Schritt angelt sich Distrobox aus dem Internet ein vorinstalliertes

System. Für jede unterstützte Distribution existieren in der Regel mehrere dieser so genannten Images. Welche Images im Einzelnen bereitstehen, verrät der Befehl:

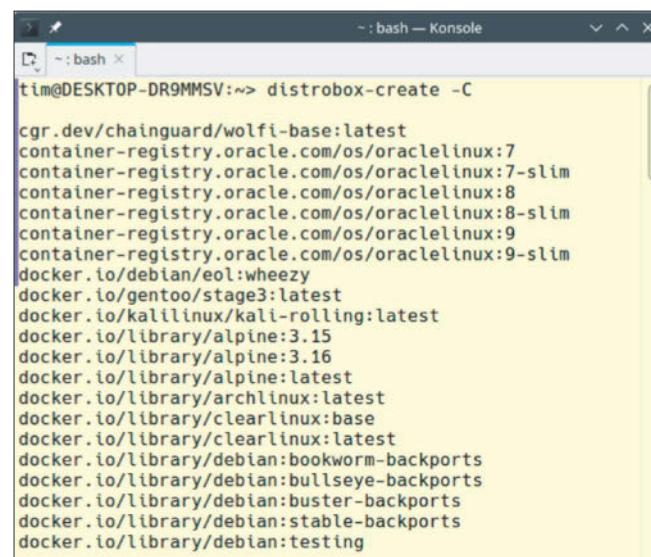
```
distrobox create -C
```

Sollte der Befehl ein fehlendes cURL be mängeln, installieren Sie dieses Tool über Ihre Softwareverwaltung, etwa mit `sudo apt install curl`.

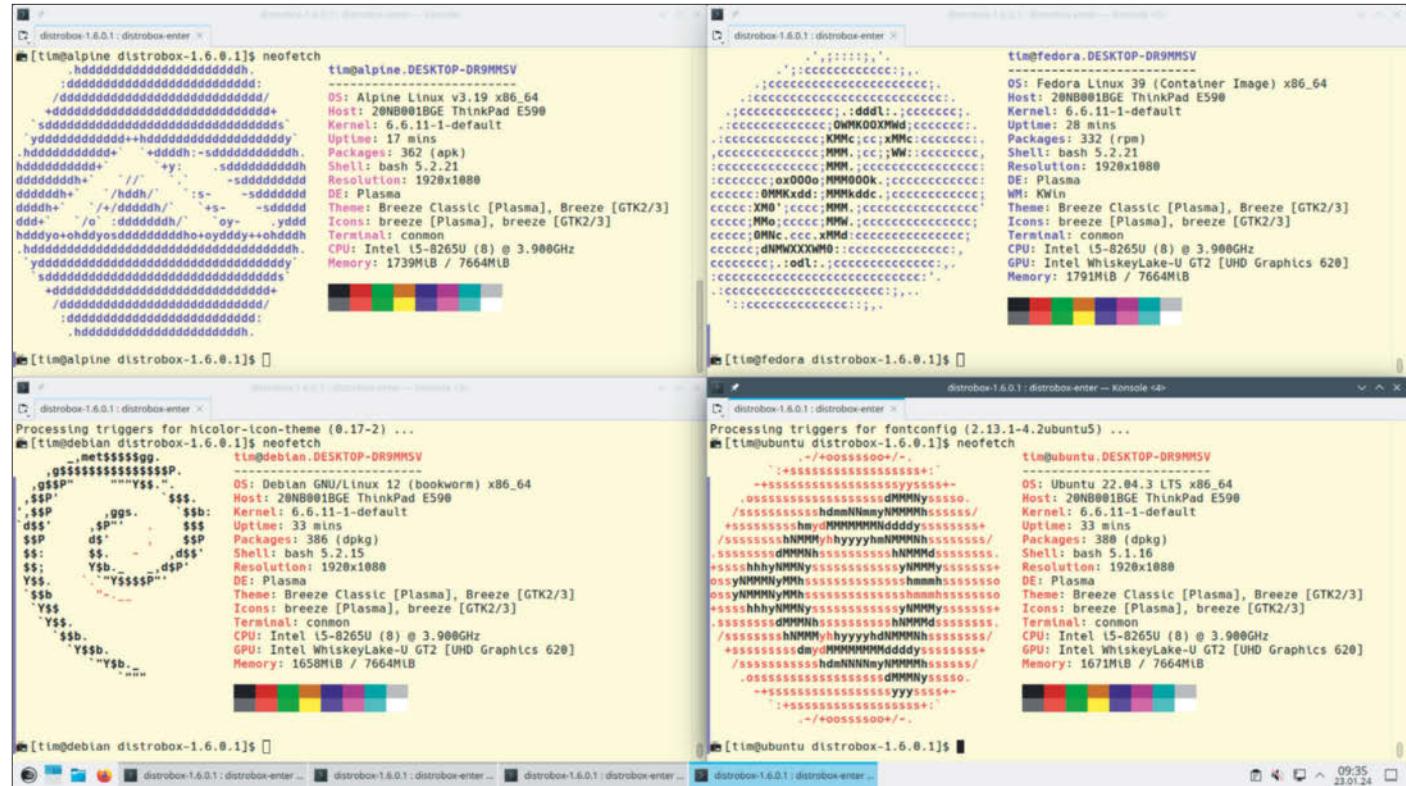
In der von `distrobox create` ausgespuckten Liste finden Sie in jeder Zeile ein mög liches Image. Konzentrieren Sie sich auf deren Namen am Zeilenende hinter dem letzten Schrägstrich (/) und suchen Sie dort die Images der gewünschten Distribution. Für das schlanke Alpine Linux stehen beispielsweise die Images „alpine:3.15“, „alpine:3.16“ und „alpine:latest“ zur Wahl. Hinter dem Doppelpunkt ist stets die Version oder die entsprechende Variante der Distribution vermerkt, „latest“ repräsentiert die aktuelle Fassung. Entscheiden Sie sich für ein Image und merken Sie sich seinen Namen. Wenn Sie keine bestimmte Version benötigen, verwenden Sie am besten nur den Namen der Distribution, etwa „alpine“. Distrobox greift dann automatisch zur jüngsten Version der Distribution. In jedem Fall übergeben Sie die Bezeichnung des Images mit dem Parameter `-i` an `distrobox create`:

```
distrobox create -i alpine:latest \
-n alpine-ct
```

Dieser Befehl holt zunächst ein Image mit der aktuellen Alpine-Linux-Version aus dem Internet und baut daraus einen neuen Container. Nach dem Aufruf des Befehls bestätigen Sie den Download durch Drü-



**Die Images mit den vorbereiteten Basis systemen tragen Namen, an denen sich Quelle und Versionsnummer der Distribution ablesen lassen.**



Vier Distributionen auf einem openSUSE-Tumbleweed-System: Wie Neofetch zeigt, nutzen alle Distributionen den Kernel des Host-Systems.

cken der Eingabetaste. Der Parameter `-n` verpasst dem Container noch einen eindeutigen Namen, im Beispiel heißt er `alpine-ct`. Über ihn lässt sich der Container später leichter finden und verwalten.

Beendet sich `distrobox create` mit einer kryptischen Fehlermeldung, die auf „permission denied“ endet, benötigt das Tool auf Ihrem System für seine Arbeit Systemverwalterrechte. Das ist beispielsweise der Fall, wenn Sie Distrobox über die Softwareverwaltung von openSUSE installiert haben. Ergänzen Sie dann im obigen Beispiel und allen folgenden Befehlen jeweils den Parameter `--root`. Distrobox holt damit selbstständig die notwendigen Rechte ein, was Sie nötigenfalls mit Ihrem Passwort noch einmal autorisieren müssen.

Bevor Sie die hinzugeholte Distribution nutzen, sollten Sie das System im Container aktualisieren. Tipparbeit spart dabei der Befehl `distrobox upgrade --all`. Er ruft in den Containern die jeweiligen dort vorhandenen Upgradewerkzeuge auf und bringt so nacheinander alle Distributionen auf den neuesten Stand.

## Bereit zum Entern

Auch nach dem Update ist vom Container `alpine-ct` noch nicht viel zu sehen. Diesen betreten Sie mit folgendem Befehl:

`distrobox enter alpine-ct`

Sollte der Container noch nicht laufen, fährt ihn `distrobox enter` automatisch hoch. Anschließend wechselt das Werkzeug zum darin wartenden Linux-System, mit dem Sie jetzt wie gewohnt arbeiten können. Unter Alpine lässt sich etwa mit `sudo apk add neofetch` das gleichnamige Systeminformationsprogramm installieren. Mit den Paketmanagern der Distributionen sollten Sie sich zudem gut anfreunden: Da die Container nur ein minimales Basissystem enthalten, rüsten Sie meist als erste Amtshandlung mit ihnen weitere Software nach. Wenn Sie die benötigten Pakete vorab kennen und mindestens Distrobox 1.5 verwenden, können Sie diese von `distrobox create` mithilfe des Parameters `--additional-packages` respektive `-ap` in den Container einimpfen lassen. Das folgende Kommando würde auf diese Weise einen Debian-Container mit den Tools `neofetch` und `iproute2` einrichten:

```
distrobox create -i debian:latest \
-n debian-ct \
-ap "neofetch iproute2"
```

In welchem Container Sie sich gerade befinden, verrät der Kommandozeilenprompt. Der dort angezeigte Hostname

entspricht dem von Ihnen vorher vergebenen Containernamen. Über `exit` verlassen Sie den Container wieder.

Neben `distrobox create` und `distrobox enter` existieren noch einige weitere hilfreiche Befehle, die Sie in der Tabelle auf Seite 149 finden. Der Befehl `distrobox` ist übrigens nur ein Wrapper-Skript, das einen zur Aktion passenden Kollegen aufruft. Diese Skripte dürfen Sie auch direkt verwenden. Ihre Namen setzen sich aus `distrobox-` und der Aktion zusammen. Anstelle von `distrobox create` können Sie daher auch `distrobox-create` schreiben. Die Distrobox-Dokumentation und die Ausgaben der Befehle nutzen beide Varianten.

## Durchreiche

Beim Start des Containers rückt Distrobox verschiedene Einstellungen zurecht. Die stellen vor allem eine Internetverbindung für Programme im Container sicher und erlauben ihnen den Zugriff auf den Bildschirm. Sie können daher im Container problemlos auch grafische Anwendungen wie den Browser Chromium starten. Das zugehörige Fenster erscheint dann neben Ihren anderen Programmen. Das gelingt sowohl in einer X11- als auch einer Wayland-Sitzung, einschließlich 3D-Beschleunigung.

nigung. Eine Ausnahme bilden Nvidia-Grafikkarten mit proprietärem Treiber. Dieser ist erst dann im Container verfügbar, wenn Sie mindestens Distrobox 1.5 einsetzen und `distrobox create` den Parameter `--nvidia` mit auf den Weg geben.

In jedem Fall sollten Sie im Hinterkopf behalten, dass Distrobox Ihr bestehendes Heimatverzeichnis in den Container mit Schreibrechten einbindet – inklusive der dort bereits lagernden Konfigurationsdateien. An denen würde sich auch Chromium bedienen und sie nötigenfalls sogar klammheimlich verändern. Distrobox eignet sich folglich von Haus aus nicht dazu, parallel verschiedene Chromium-Varianten mit unabhängigen Konfigurationen zu betreiben (siehe Abschnitt „Grenzen“). Das verfügbare Heimatverzeichnis kann zudem bei der Arbeit mit mehreren Containern verwirren. So teilen sich etwa alle Shells sowohl aus Containern als auch vom Host-System eine einzige History. Wie Sie das abstellen, erklären wir weiter unten.

Außer dem Heimatverzeichnis reicht Distrobox angeschlossene USB-Hardware

sowie Audiogeräte in den Container durch. Ein dort loslärmbenes YouTube-Video ist folglich direkt über Ihre Lautsprecher zu hören. Des Weiteren befinden sich die Container im Netzwerk des Host-Systems. Ein im Container gezündeter Webserver ist daher unter der IP-Adresse des Host-Systems und je nach Firewall-Einstellung somit auch im ganzen Netz erreichbar.

## Export

Auf Wunsch integriert `distrobox-export` eine im Container beheimatete Anwendung in das Startmenü des Host-Systems. Es genügt dann ein Klick auf den Chromium-Eintrag, um den zuständigen Container hochzufahren und den Browser zu starten. Das Verfahren funktioniert allerdings nur, wenn Sie den Container ohne den Parameter `--root` starten können. In

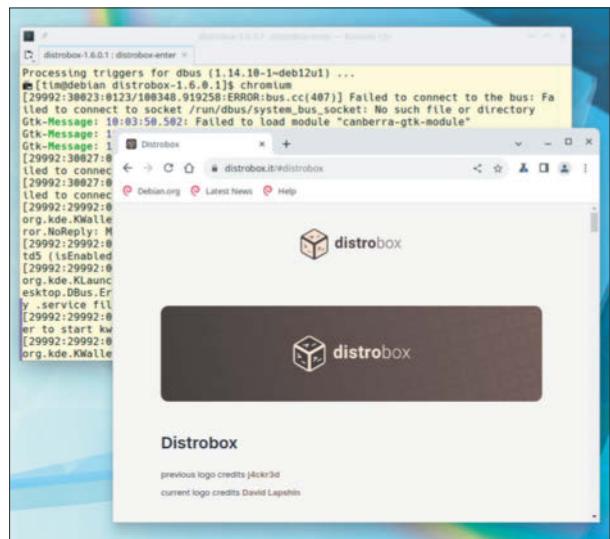
## Distrobox-Befehle im Überblick

Befehl	Bedeutung
<code>distrobox assemble</code>	verwaltet Container anhand einer Konfigurationsdatei und hilft so bei der Automatisierung
<code>distrobox create</code>	erzeugt einen Container
<code>distrobox enter</code>	wechselt in einen Container
<code>distrobox ephemeral</code>	erzeugt einen temporären Container, den Distrobox nach dem Verlassen der Shell sofort wieder löscht
<code>distrobox-export<sup>1</sup></code>	bindet Anwendungen in das Startmenü des Host-Systems ein
<code>distrobox-generate-entry</code>	erstellt für einen Container eine Verknüpfung im Startmenü, über die sich der Container per Mausklick starten lässt
<code>distrobox-host-exec<sup>1</sup></code>	startet aus dem Container ein Programm auf dem Host-System
<code>distrobox list</code>	listet alle existierenden Container und ihre Namen auf
<code>distrobox rm</code>	löscht einen Container
<code>distrobox stop</code>	hält einen laufenden Container an
<code>distrobox upgrade</code>	aktualisiert einen oder alle laufenden Container

<sup>1</sup> innerhalb des Containers aufrufen

Es gibt **10 Arten von Menschen.**  
iX-Leser und die anderen.

**Jetzt Mini-Abo testen:**  
3 digitale Ausgaben + Bluetooth-Tastatur nur 19,35 €  
[www.iX.de/digital-testen](http://www.iX.de/digital-testen)



**Momentaufnahme:**  
Hier hat das Debian-System im Container den Browser Chromium gestartet, dessen Fenster zwischen den anderen Programmen des Host-Systems erscheint.

diesem Fall wechseln Sie zunächst mit `distrobox enter` in den Container und ver räten darin `distrobox-export` den Namen der Anwendung:

```
distrobox-export --app chromium
```

Im Startmenü beziehungsweise in der Aktivitätenansicht Ihres Host-Systems finden Sie anschließend einen korrespondierenden Eintrag. Dort platziert übrigens auch `distrobox create` eigenmächtig für jeden Container einen Menüpunkt, der ein Terminal mit darin werkendem Container öffnet. Einen solchen Eintrag unterbinden Sie, indem Sie `distrobox create` den Parameter `--no-entry` auf den Weg geben.

Der Export klappt nicht nur mit grafischen, sondern auch mit Kommandozei-

lenprogrammen. Diese tauchen nicht im Startmenü auf, sondern sind im Terminal des Host-Systems verfügbar. Dazu übergeben Sie `distrobox-export` den Pfad zum Programm im Parameter `--bin`, eventuell benötigte Parameter parken Sie in Anführungszeichen hinter `--extra-flags`. Der folgende Befehl exportiert auf diese Weise den Texteditor Nano:

```
distrobox-export --bin /usr/bin/nano \
--extra-flags "--linenumbers"
```

Wenn Sie jetzt im Host-System `nano` aufrufen, startet der Texteditor im Container und nummeriert aufgrund seines vorgegebenen Parameters `--linenumbers` automatisch alle Zeilen durch. Sollte auf dem Host-System ebenfalls Nano installiert

sein, priorisiert die in der PATH-Variable hinterlegte Reihenfolge die aus dem Container exportierte Variante. Mit `which nano` kontrollieren Sie, von welchem Ort Nano aufgerufen wird.

## Grenzen

In den Containern laufen keine vollständigen Installationen der Distributionen. Insbesondere nutzen alle den Linux-Kernel des Host-Systems. Darüber hinaus sind die Container nicht wie sonst üblich gegenseitig abgeschottet. Unter anderem erhalten die Programme darin vollen Zugriff auf das Netzwerk und agieren mit den gleichen IP-Adressen wie das Host-System. Anwendungen im Container können zudem hemmungslos Dateien in Ihrem Heimatverzeichnis löschen und manipulieren. Das lässt sich zumindest verhindern, indem Sie den Containern beim Erzeugen mit der Option `--home` einen beliebigen anderen Ordner als Heimatverzeichnis unterscheiden. Im folgenden Beispiel wird der Ordner `~/temp/alpinehome` als Heimatverzeichnis von Alpine Linux festgelegt.

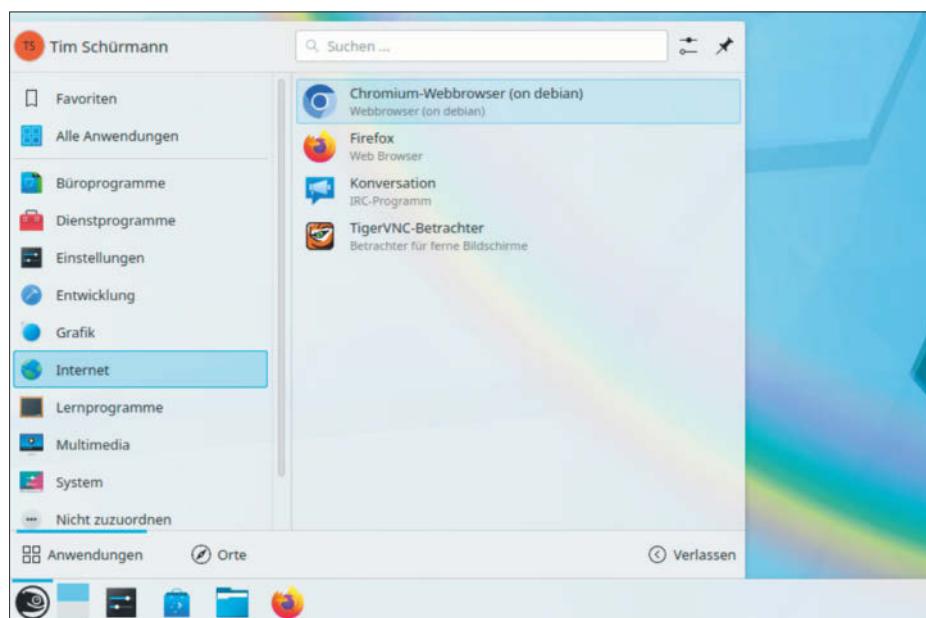
```
distrobox create -i alpine:latest \
-n alpine-ct --home ~/temp/alpinehome
```

Existiert das Verzeichnis nicht, legt Distrobox dieses an. Sie müssen einen absoluten Pfad angeben, wobei Platzhalter wie `~` für das Homeverzeichnis erlaubt sind.

Innerhalb des Containers lassen sich Programme direkt per `sudo` ohne die Eingabe eines Passworts starten. Da der Container weiterhin nur mit Benutzerrechten läuft, können solche Anwendungen nicht versehentlich das komplette Host-System zerstören. Das ändert sich jedoch, wenn Sie den Parameter `--root` einsetzen und somit Systemverwalterrechte spendieren. In solchen Fällen zwingt Sie daher Distrobox seit Version 1.6, im Gast-Linux ein Passwort zu vergeben. Aufgrund der übrigen weitreichenden Rechte eignet sich Distrobox aber auch dann nicht, um in den Containern Schadsoftware oder Programme aus unbekannten Quellen unter die Lupe zu nehmen.

## Containertechnik

Im Hintergrund verwaltet Distrobox die Container wahlweise mit Docker, Podman oder Liplod. Sollten mehrere dieser Container-Engines verfügbar sein, entscheidet sich Distrobox selbstständig für einen, wobei es Podman bevorzugt. Wenn Sie sich mit Docker & Co. auskennen, können Sie



Der Befehl `distrobox-export` legt für grafische Programme einen Startmenüeintrag an, etwa um Chromium im Debian-Container zu starten.

auch deren Tools direkt heranziehen und beispielsweise über `docker system df -v` die aktuellen Größen der Container erfragen. Zudem dürfen Sie den Diensten über `distrobox create` und `distrobox enter` zusätzliche Einstellungen mitgeben. Dazu listen Sie hinter dem Parameter

`--additional-flags` alle direkt für Docker, Podman oder Liplipod bestimmten Parameter in Anführungszeichen auf. Die Images bezieht Distrobox im standardisierten OCI-Format aus bekannten und verlässlichen Quellen. Alle aktuellen Fedora-Versionen stammen beispielsweise

aus der von Red Hat unter [quay.io](#) betriebenen Registry. Die URLs zu den jeweiligen Images finden Sie in der Liste von `distrobox create -c`. Dessen Parameter `-i` dürfen Sie übrigens auch die komplette URL mit auf den Weg geben.

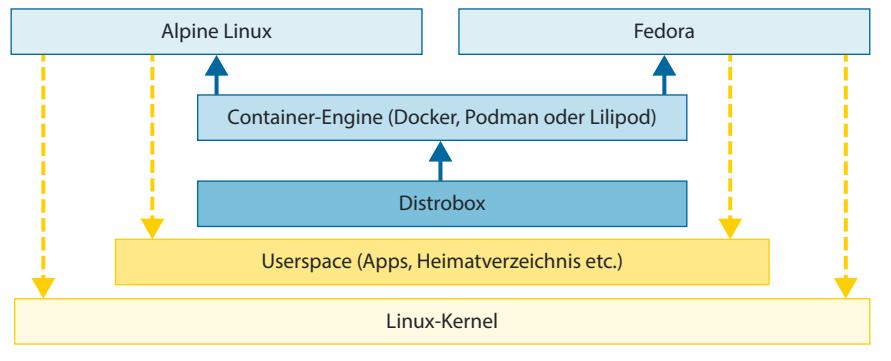
## Ausblick

Haben Sie mit Distrobox Blut geleckt, sollten Sie die Manpages von `distrobox enter` und `distrobox create` konsultieren und dort ihre zusätzlichen Funktionen erkunden. So kann etwa `distrobox create` einen vorhandenen Container klonen. Auch die übrigen Tools sind mehr als einen Blick wert. `distrobox assemble` zündet beispielsweise mehrere Container gleichzeitig und bestückt sie direkt mit passenden Programmen. Auf diese Weise können Entwickler und Administratoren in Rekordzeit ihre selbst geschriebenen Programme und Shell-Skripte auf mehreren Zielsystemen gleichzeitig testen. (ktn@ct.de) **ct**

**Dokumentation und Download:**  
[ct.de/y7fa](http://ct.de/y7fa)

## Die Arbeitsweise von Distrobox

Distrobox besteht ausschließlich aus Shell-Skripten, die mit Docker, Podman oder Liplipod einen Container hochfahren. Dieser enthält ein Basissystem der gewünschten Distribution, das wiederum eingeschränkt auf Teile des Host-Systems und dessen Kernel zugreifen kann.



# Datenschutz in Arztpraxen

Ein 3-teiliges Webinar für Ärzte  
und ärztliche IT-Dienstleister

**13. und 27. März sowie 3. April 2024**

Dieses Webinar von c't beleuchtet in drei Sitzungen zu je zwei Stunden die wichtigsten Themen aus dem Telematik- und Datenschutz-Alltag einer Arztpraxis, liefert unerlässliches Hintergrundwissen und gibt konkrete, praktische Tipps.



**Jetzt Tickets sichern:**  
[webinare.heise.de/datenschutz-in-arztpraxen](http://webinare.heise.de/datenschutz-in-arztpraxen)



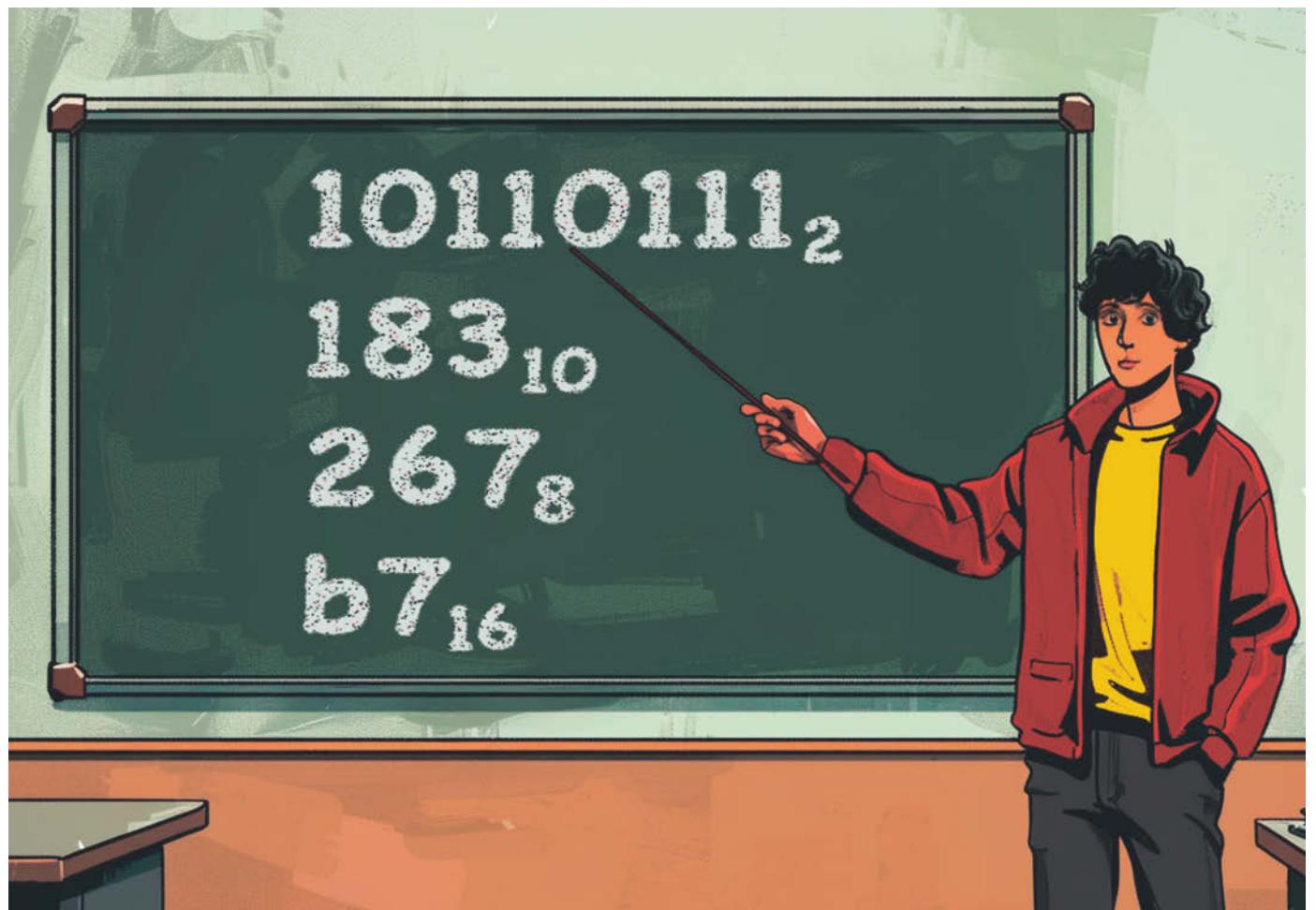


Bild: KI Midjourney | Collage ct

# Informationsträger

## Zahlensysteme in der Informatik erklärt

**In der Informatik spielen viele Zahlensysteme aus unterschiedlichen Gründen eine wichtige Rolle: Computer rechnen im Binärsystem, Daten werden übersichtlich in Oktal oder Hexadezimal abgebildet. Wie es dazu gekommen ist, erfahren Sie in dieser Reise durch die Geschicke der Computertechnik.**

Von Wilhelm Drehling

**M**it dem Dezimalsystem wächst man auf: Schon von klein auf kann man allein durchs Abzählen der zehn Finger die Grundlage des Systems verstehen. Das Zahlensystem eignet sich perfekt für den Menschen, beispielsweise um Dinge abzuzählen, Preise auf Kassenzetteln zu addieren oder Distanzen und andere physikalische Größen darzustellen. Das ist der Hauptgrund, weshalb es sich zum Beispiel gegenüber der Konkurrenz wie den römischen Zahlen durchgesetzt hat. Versuchen Sie mal schriftlich mehrstellige römische Zahlen zu multiplizieren, das macht keinen Spaß!

Computer rechnen jedoch nicht im Dezimalsystem, sondern binär, also mit

Einsen und Nullen. Jede davon stellt eine Informationseinheit namens Binary Digit dar, zu Deutsch Binärziffer. Heute ist diese Einheit durch ihre Kurzfassung bekannt: Bit. Da niemand auf dem Papier oder Monitor eine lange Kette von Nullen und Einsen erfassen kann, hat es sich etabliert, die Daten schön aufzubereiten. Zum Beispiel unterteilt man sie in gut erkennbare Häppchen von vier Bits und nennt so was ein Nibble oder teilt sie gleich in Gruppen von acht Bits auf und nennt das jeweils ein Byte. Es bietet sich an, die Daten kompakt in einem anderen Zahlensystem darzustellen, zum Beispiel in Oktal oder Hexadezimal. Wie es zu all dem gekommen ist, erfahren Sie im Laufe des Artikels.

### Vorwissen

Vor dem Blick auf die Geschichte und auf die Anfänge des Binärsystems ist es wichtig zu verstehen, was eine Zahl beziehungsweise ein Zahlensystem eigentlich ausmacht. Eine Zahl drückt eine Menge aus: Ein Apfel entspricht einer 1, zwei Äpfel einer 2. Man kann aber auch gar keine Äpfel haben (0), ein paar Äpfel schulden

( $-2$ ) oder einen halben Apfel abgeben ( $\frac{1}{2}$ ). Das kann man unendlich lang so weiter-spinnen. Durch die Abzählbarkeit stellt man auch gleich eine Reihenfolge her, denn zwei Äpfel sind nun mal mehr als ein Apfel. Im Dezimalsystem äußert sich das durch die Ihnen bekannte Folge:  $0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 \dots$ . Genauso zählt man im Binärsystem hoch:  $0, 1, 10, 11, 100, 101, 110, 111, 1000, 1001, 1010, 1011 \dots$

Der einzige Unterschied zwischen den beiden Systemen liegt in der zugrunde liegenden Basis. Im Dezimalsystem ist es  $10$ , im Binärsystem  $2$  ( $0, 1$ ) und – wie es die Namen schon verraten – im Oktalsystem die  $8$  ( $0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ ) und  $16$  im Hexadezimalsystem. Dieses besteht aus den Dezimalzahlen, zu denen sich die ersten sechs Buchstaben des Alphabets gesellen:  $0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F$ . Eine  $10$  dezimal wäre also ein  $A$  im Hexadezimalsystem.

Die Basis bestimmt, wie viele unterschiedliche Ziffern in einem System eine Stelle darstellen. Eine Ziffer ist immer nur ein Zeichen. Daher gibt es im Binärsystem zwei Ziffern, im Dezimalsystem zehn und so weiter. Wenn Zahlen größer werden als ihre Basis, muss man sich etwas überlegen, wie man sie darstellt. Am einfachsten ist es, mehrere Ziffern zu kombinieren. Aus dem Dezimalsystem kennen Sie beispielsweise die Einer-, Zehner-, Hunderter-Stellen. Das sind Potenzen der Basis  $10$ , also  $10^0 (=1), 10^1 (=10), 10^2 (=100)$  et cetera. Die Dezimalzahl  $183$  kann man also folgendermaßen aufschreiben und ausrechnen:  $10^0 \cdot 3 + 10^1 \cdot 8 + 10^2 \cdot 1 = 183$ . Der Clou: Dieses Prozedere klappt für jede  $x$ -beliebige Basis, egal ob Dezimal-, Oktal- oder Hexadezimalsystem. Bei Oktal wäre es  $8^x$  mal die jeweilige Ziffer, im Dezimalsystem  $10^x$  mal die Ziffer und bei Hexadezimal  $16^x$  mal die Ziffer. Die Basis ist die Grundlage, um mit Zahlen zu rechnen oder sie in andere Zahlensysteme umzuwandeln (siehe Kasten „Mathematik“ auf S. 154).

Um Zahlen aus verschiedenen Zahlensystemen unterscheiden zu können, muss man diese irgendwie markieren. So ist  $3E2F$  wegen der Buchstaben noch leicht dem Hexadezimalsystem zuzuordnen, wohingegen  $10110111$  in einem beliebigen Zahlensystem vorkommen kann. Damit man das System erkennt, gibt es dafür Schreibweisen: Üblich in der Literatur ist eine angehängte, tiefgestellte Zahl:  $10110111_8$  ist demnach eine Oktalzahl,  $10110111_{16}$  soll eine Hexadezimalzahl sein

und  $10110111_{10}$  eine Dezimalzahl. In Programmiersprachen wie C++ oder Java schreibt man sie als  $0o10110111$ ,  $0x10110111$  und  $10110111$ ; ein Präfix oder das Fehlen desselben markiert dort also, um welches Zahlensystem es sich handelt.

### Geburt des Binärsystems

Nun ist es aber an der Zeit, die Uhr zurückzudrehen, und zwar ganz schön weit, denn die Idee eines Binärsystems ist schon sehr alt – erste Schriften datieren zurück bis ins 3. Jahrhundert vor Christus.

Aber in der Form, wie das Binärsystem heute benutzt wird, ist es auf den berühmten Mathematiker Gottfried Wilhelm Leibniz zurückzuführen. Er wird häufig als der Erfinder des Systems genannt, da er als Erster ausführliche Arbeiten zu den Dualzahlen veröffentlicht hat.

Historisch gesehen gebührt Ruhm auch dem britischen Mathematiker und Physiker Thomas Harriot, der bereits ein Jahrhundert zuvor mit den Dualzahlen experimentierte, aber keine seiner Erkenntnisse veröffentlichte. Zeit seines Lebens beschäftigte er sich ausgiebig mit unterschiedlichen Zahlensystemen, wandelte bereits Dualzahlen in Dezimalzahlen um und führte einfache Rechenoperationen mit ihnen aus. Er erkannte jedoch keine sinnvollen Einsatzzwecke für dieses System, weshalb er sich lieber der Astronomie widmete. Auch in diesem Bereich stellte er sich als sehr fähig heraus: Er fertigte beispielsweise detaillierte Aufzeichnungen über die Mondoberfläche an und untersuchte systematisch als Erster mit einem Teleskop die Sonnenflecken.

Im Unterschied zu Harriot sah Gottfried Wilhelm Leibniz diverse praktische

## ct kompakt

- Das Binärsystem ist älter als man glaubt: Die erste Maschine mit dem Binärsystem erdachte Gottfried Wilhelm Leibniz 1679.
- Eine  $1$  oder  $0$  ist eine Informations-einheit, die Binary Digit genannt wird, kurz Bit.
- Oktal- und Hexadezimalsystem fas-sen Bits zu Gruppen zusammen und verbessern damit die Lesbarkeit.

Anwendungsgebiete und veröffentlichte 1703 im Magazin „Histoire de l'Académie Royale des Sciences“ den Artikel „Explique de l'Arithmétique Binaire“, in dem er seine Erkenntnisse über Binärzahlen vorstellte (siehe ct.de/y324). Er nannte das System Dyadik, aus dem griechischen *dyo* für zwei. In dem Artikel zeigte er unter anderem die grundlegenden Rechenarten und schrieb Dezimalzahlen in Dual auf (siehe Screenshot auf S. 154).

Leibniz beschäftigt sich sehr lange mit den Binärzahlen, schon Jahrzehnte vor dieser Publikation brütete er 1679 über praktische Anwendungen. Zwar baute er mehrere Rechenmaschinen mit Walzen und Zahnräder, die mechanisch über eine Kurbel angetrieben einfache Rechnungen durchführen konnten (mit dem Dezimalsystem). Doch er fand, dass solche Rechnungen mit dem Binärsystem einfacher auszuführen wären, weshalb er die „*Ma-china Arithmethica Dyadica*“ entwarf. Sein Plan: eine Büchse mit Löchern ver-

## 60 Sekunden

Das Dezimalsystem war keineswegs das erste Zählverfahren, wofür man Hände gebraucht hat. Vor Tausenden von Jahren nutzten die Sumerer die Glieder der Finger für ein cleveres System mit einer Basis von  $60$ , das sogenannte Sexagesimalsystem.

Die linke Hand dient in diesem System als ein Zählwerkzeug. Der Daumen der linken Hand ist eine Art Zeiger, mit der man die Glieder des kleinen Fingers, Ringfingers, Mittelfingers und Zeigefingers zählt. Tippt man mit dem Daumen alle Glieder einmal ab, hat man auf die Weise bis  $12$  gezählt. Nun kommt die

rechte Hand ins Spiel: Für jeden Durchlauf hebt man einen Finger dieser Hand und kann mit der linken Hand wieder von vorne anfangen zu zählen.

Insgesamt kann man das Abzählen der linken Hand fünfmal ausführen, bis einem rechts die Finger ausgehen. Zu-mengenommen ergibt das vier Finger mal drei Glieder mal fünf Finger gleich  $60$ . Auf dieses System geht das Prinzip der  $60$  Sekunden pro Minute beziehungsweise  $60$  Minuten pro Stunde zurück. Mehr zum Sexagesimalsystem finden Sie auf ct.de/y324.

## Mathematik

Beim Umrechnen muss man die Basis des Zahlensystems im Kopf behalten. Will man eine Zahl vom Binärsystem ins Dezimalsystem umwandeln, so muss man von rechts aus die Basis 2 unterhalb der Zahl aufschreiben. Für 111 sieht das wie folgt aus:

$$\begin{array}{r} 1 & 1 & 1 \\ 2^2 + 2^1 + 2^0 \end{array}$$

Anschließend rechnet man die Potenzen aus, bei der in der oberen Zeile eine 1 steht. Es kommt dezimal 7 heraus.

Das funktioniert unabhängig davon, wie groß die Zahl ist:

$$\begin{array}{r} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 128 + 0 + 32 + 16 + 0 + 4 + 2 + 1 \\ = 183 \end{array}$$

Eine Umrechnung von 183 aus dem Dezimal- ins Oktalsystem funktioniert genau umgekehrt: Nun teilt man die Dezimalzahl immer durch die Basis, der Rest der Division ist die Oktalzahl:

$$\begin{array}{r} 183 / 8 = 22 \text{ Rest: } 7 \\ 22 / 8 = 2 \text{ Rest: } 6 \\ 2 / 8 = 0 \text{ Rest: } 2 \end{array}$$

Nun liest man die Zahl nur noch von unten nach oben ab et voilà: 267 im Oktalsystem. Probieren Sie mal eine Umrechnung von 183 ins Hexadezimalsystem aus. Dazu müssen Sie immer durch 16 teilen, aber vergessen Sie nicht, dass es

nun Buchstaben gibt. Spoiler: Die Lösung lautet B7. Will man dagegen Zahlen zwischen den Systemen umwandeln, etwa von oktal nach hexadezimal, so legt man einen Zwischenschritt im Dezimalsystem ein: Erst rechnet man von oktal zu decimal um, und dann zu hexadezimal.

Windows-Nutzer können auch die Rechnerfunktion im Programmiermodus nutzen (zu finden übers linke Hamburgermenü). Auch macOS hat seinem Rechner solche Fähigkeiten verpasst und Linuxer bevorzugen vielleicht die Konsole. Eine plattformunabhängige praktische Anwendung zum Umwandeln zwischen den Zahlensystemen mithilfe eines Programms haben wir in [1] beschrieben. Das Programm finden Sie unter ct.de/y324.

Operationen mit den Grundrechenarten wie der Addition laufen so ähnlich ab wie Sie es vom Dezimalsystem gewohnt sind. Um ein Beispiel durchzugehen, sollen die Binärzahlen 111 und 101 addiert werden. Dazu schreibt man diese untereinander auf, addiert von rechts nach links und zieht den Übertrag in die nächste Spalte:

$$\begin{array}{r} 111+ \\ 101 \\ \hline \end{array}$$

Unter ct.de/y324 haben wir eine Übersicht über alle Rechenarten im Binärsystem verlinkt.

sehen, die sich schließen und öffnen lassen. Offene Stellen stehen für eine 1 und geschlossene für eine 0. Durch diese könne man dann Kugelchen geben, die dann bestimmten Rinnen entlang laufen. Ein funktionierendes Replikat dieser Maschine steht in der Universität Hannover (siehe Bild S. 155 oben rechts).

Das Binärsystem eignet sich für eine Maschine besser als das Dezimalsystem, weil sie im Unterschied zur dezimalen Rechenmaschine keine Zwischenzustände enthält. Anders als die dezimale Rechenmaschine mit feinen Walzen und Zahnrädern ist die binäre Maschine weniger störanfällig, da es nur zwei Zustände gibt: Klappe offen (1) und Klappe zu (0). Die Ergebnisse sind dadurch auch klarer ablesbar (entweder 1 oder 0) und leichter

interpretierbar. Die ersten Computer folgten diesem Prinzip, ersetzten aber Murmeln durch Strom: Fließt welcher, ist es eine 1, fließt keiner, ist es eine 0.

Als Zuse seine Rechenmaschine Z3 baute, verwendete er für deren Logik Relais, die entweder eine 1 oder eine 0 darstellten. Mehrere dieser Zustände bilden wiederum logische Gatter, die Rechenoperationen durchführen, speichern oder Daten ausgeben können. Heutzutage übernehmen diese Aufgabe nicht mehr große klobige Relais, sondern Abermillionen winziger Transistoren, die wiederum in Chips konzentriert sind.

Computer müssen nicht zwangsläufig im Binärsystem rechnen: Charles Babbage hatte für seine rein mechanische „Analytical Engine“, die heute als im Prinzip

funktionsfähiger Entwurf des ersten Computers gilt, das Dezimalsystem vorgesehen. Zur Eingabe und Ausgabe von Daten griff er aber erneut auf das Binärsystem zurück und plante, Lochkarten zu benutzen (siehe ct.de/y324).

Details darüber, wie aktuelle Computer Binärzahlen verarbeiten und wie Programmiersprachen Werte speichern, lesen Sie in [2].

### Bessere Darstellung

Ein großes Problem, das mit dem Dualsystem einhergeht, ist die sehr schlechte Übersichtlichkeit: Aus einer Kette von unglaublich vielen Einsen und Nullen schlau zu werden, ist schwierig, vor allem wenn man nach einem Fehler sucht.

Wie Sie schon zu Beginn des Artikels erfahren haben, fing man an, Einsen und Nullen in handliche Gruppen zusammenzufassen, zum Beispiel in Nibble und Byte. Datenwörter (im Englischen „word“) sind noch so eine schöne Festlegung: Diese beschreiben die maximale Datengröße, die in einem Durchlauf von der CPU verarbeitet werden kann. Heutzutage sind 64 Bits üblich, man spricht dann von einer 64-Bit-Architektur. Relikte aus Zeiten des Intel 80286 (16-Bit-Architektur) treffen Windows-Programmierer noch heute an: Ein WORD (oder SHORT) hat 16 Bit, BYTE 8 Bits, DWORD für Doppelwort 32 Bit und QWORD für Quadruple Word (kurz Quadword) sogar 64 Bit. Schöner als das wäre jedoch eine Zusammenfassung der von Bits getragenen Information, die gut lesbar und möglichst einfach interpretierbar ist.

Weil Computer als Basis das Binärsystem benutzen, sollte der Einfachheit halber das neue Zahlensystem zum Anzeigen der Daten ein Vielfaches von 2 sein. Der erste Kandidat wäre ein Vierersystem,

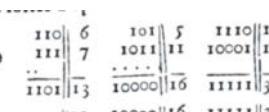
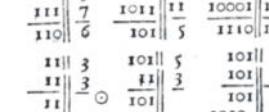
Pour l'Addition par exemple.	
Pour la Soustraction.	
Pour la Multiplication.	
Pour la Division.	

Bild: hal.science/adis0104781

In seiner Arbeit „Explication de l'Arithmétique Binaire“ zeigte Leibniz alle vier Grundrechenarten im Dualsystem.

aber das bringt keinen Vorteil gegenüber dem größeren Oktalsystem: Alles, was das Viersystem kann, kann das Oktalsystem besser: Mit diesem kann man gleich drei Bits darstellen, eins mehr als mit dem Viersystem.

Oktalzahlen sehen im binären System wie folgt aus:

```
0 -> 000
1 -> 001
2 -> 010
3 -> 011
4 -> 100
5 -> 101
6 -> 110
7 -> 111
```

Jede Kombination aus 1 und 0 ist damit abgedeckt. In den 60ern machten sich deswegen einige Computer das Oktalsystem zunutze: 1965 erschien der populäre 12-Bit-Minirechner PDP-8. 12 Bit, weil alle Adressen mit vier Oktalzahlen ansteuerbar waren. Lassen Sie sich übrigens nicht von dem Namen Minirechner beirren, bei dem PDP-8 handelt es sich um einen gewaltig großen Rechner, der aber für die Zeit erstaunlich kompakt und preiswert ausfiel.

Heutzutage spielt das Oktalsystem keine große Rolle mehr, denn das Hexadezimalsystem hat es fast vollständig ersetzt. Es wurde sozusagen Opfer der gleichen Mechanik, die das Oktalsystem einst als vorteilhaft erscheinen ließ: Das Hexadezimalsystem erweitert den Umfang der darstellbaren Kombinationen enorm, was weiter unten deutlicher wird. Es gibt aber noch ein paar Überbleibsel des Oktalsystems, die bis heute überdauert haben. Ein Beispiel dafür ist die Dateirechteverwaltung bei Unix-Systemen: Die acht Kombi-

nationen aus Lese-, Schreib- und Ausführungsrecht werden mit einer Ziffer des Oktalsystems dargestellt.

Der logische Ersatz für das Oktalsystem war das Hexadezimalsystem, das anstatt drei Bits vier zusammenfasst. Das macht Umrechnungen viel leichter, denn ein Byte kann damit durch zwei Hexadezimalzahlen dargestellt werden, was zuvor mit den Oktalzahlen nicht glatt aufging.

Übersetzt ins Binärsystem schauen Hexadezimalzahlen folgendermaßen aus:

```
0 -> 0000
1 -> 0001
2 -> 0010
3 -> 0011
4 -> 0100
5 -> 0101
6 -> 0110
7 -> 0111
8 -> 1000
9 -> 1001
```

```
A -> 1010
B -> 1011
C -> 1100
D -> 1101
E -> 1110
F -> 1111
```

Ein weiterer Pluspunkt findet sich im American Standard Code for Information Interchange, besser bekannt als ASCII. Mit gerade mal einem Byte deckt man bequem alle Groß- und Kleinbuchstaben des lateinischen Alphabets ab (also ohne Umlaute oder ß) sowie über 30 weitere gängige Zeichen. Dank des Hexadezimalsystems kann jedes ASCII-Zeichen mit einem Hexadezimal-Duo wie 2F beschrieben werden (in ASCII wäre das /). Eine ASCII-Tabelle plus Übersetzung in jedes der hier genannten Zahlensysteme finden Sie auf [ct.de/y324](http://ct.de/y324).

## Letzte Worte

Damit sind wir am Ende der kleinen Reise durch die Zahlensysteme in der Informatik angekommen. In den letzten Dekaden haben sich die hier genannten bewährt, weshalb neue Zahlensysteme derzeit unwahrscheinlich sind. Doch wer weiß, was Quantencomputer vielleicht in der Zukunft umkrepeln. (wid@ct.de)

## Literatur

- [1] Oliver Lau, Unendlich lang, BigInt: Rechnen mit beliebig großen ganzen Zahlen, c't 16/2019, S. 186
- [2] Hajo Schulz, Nummerngedächtnis, Wie Computer Zahlen speichern, c't 23/2014, S. 172

**Zahlenumwandler, Maschine von Leibniz und Tabellen:** [ct.de/y324](http://ct.de/y324)



Die PDP-8 wird über ein im Oktalsystem eingeteiltes Bedienfeld gesteuert.



Bild: LUH/Marie-Luise Kalb

Einen Nachbau der „Machina Arithmethica Dyadica“ fertigten Erwin Stein und Gerhard Weber 2003/2004 an. Das Modell steht im Welfenschloss der Universität Hannover, hier präsentiert von der Leibniz-Expertin Dr. Arianne Walsdorf.



Bild: KI Midjourney | Collage c't

# Bye-bye, Account!

## Wenn Social-Media-Plattformen und Onlinemarktplätze Nutzerkonten sperren

**Große Plattformbetreiber wie X, Meta, eBay und Amazon haben einige Macht über die Inhaber ihrer Nutzerkonten – nicht zuletzt steht etwa für Influencer oder Verkäufer Geld auf dem Spiel, wenn ihr Account gesperrt wird.**

Von Harald Büring

**D**ie hauseigenen Entscheidungsstellen der Plattformanbieter, die Accountsperrungen verhängen, orientieren sich an internen Grundsätzen und Nutzungsregeln. Anwender akzeptieren diese zwangsläufig mit den allgemeinen Geschäftsbedingungen, wenn sie sich anmelden. Solche Instanzen sind keine Gerichte, auch wenn sie sich bisweilen so gebärden. Sie schaffen Fakten, gegen die Betroffene sich zwar zivilrechtlich wehren können, aber das kann dauern und ist nicht immer ein-

fach [1]. Auf europäischer Ebene soll der Digital Services Act dazu beitragen, gerade der oft gerügten Intransparenz der Accountsperpraxis bei großen Plattformbetreibern abzuheften [2].

### Erzwungene Twitter-Abstinenz

Vielfach erfolgen Sperrungen bislang ohne konkrete Begründung. So war es beispielsweise beim Inhaber eines Softwareunternehmens, der bei Twitter ein privates Nutzerkonto mit über 38.000 Abonen-

ten hatte, außerdem noch ein geschäftliches. Im April 2020 sperrte Twitter ohne Erklärung seinen privaten Account. Auf seinen Einspruch hin lieferte ihm der Nutzersupport nur allgemeine Hinweise: Sperrungen von Nutzerkonten würden in der Regel aufgrund von Verstößen gegen Twitter-Regeln oder Klauseln der allgemeinen Geschäftsbedingungen erfolgen; wiederholte Verstöße könnten zu einer dauerhaften Sperre führen. Man sagte dem Unternehmer allerdings zu, seinen Fall zu prüfen. In einer weiteren Mail teilte Twitter ihm mit, dass sein privates Nutzerkonto aufgrund wiederholter Verstöße gegen die Plattformmanipulationsregeln dauerhaft gesperrt worden sei. Er bestritt, gegen diese Regeln verstoßen zu haben; sein Account blieb dennoch gesperrt.

14 Tage später forderte er die Plattform auf, ihm konkret mitzuteilen, worin sein Verstoß gelegen haben solle. Twitter bezog dazu keine Stellung. Vielmehr erhielt er erneut die floskelhafte Begründung, dass sein privates Nutzerkonto wegen Verstößes gegen die Richtlinien zu Plattformmanipulation und Spam gesperrt worden sei. Deshalb werde es auch nicht wieder freigeschaltet. Daraufhin verklagte der Mann Twitter beim Amtsgericht (AG) Bonn und verlangte vom Betreiber, die Accountsperre aufzuheben. Das Gericht gab seiner Klage im November 2021 statt [3]. Der Nutzer habe gegen Twitter einen Anspruch auf Aufhebung der Accountsperre. Das ergebe sich aus dem Nutzungsvertrag in Verbindung mit den vertraglichen Rücksichtnahmepflichten gemäß § 241 Abs. 2 des Bürgerlichen Gesetzbuchs (BGB).

Das AG Bonn hatte auch einiges zur vielfach geführten Diskussion zu sagen, inwieweit ein Plattformbetreiber bei seiner Sperrpraxis das Grundrecht der Meinungsfreiheit eines Accountinhabers gewährleisten muss. Ein Nutzer könne sich gegenüber dem Plattformbetreiber, einem privaten Unternehmen, zwar nicht unmittelbar auf dieses Grundrecht berufen, denn Grundrechte sind als Abwehrrechte gegen den Staat konzipiert. Aber auch zivilrechtliche Vorschriften, so das Gericht, sind grundrechtskonform auszulegen.

Das bedeutet: Der Plattformbetreiber verfügt zwar nach § 903 BGB über ein virtuelles Hausrecht, das ihn normalerweise selbst bestimmen lässt, wen er von der Nutzung ausschließt. Dieses Recht ergibt sich aus dem Grundsatz der Privatautonomie. Bei Twitter sah es jedoch dem AG

Bonn zufolge anders aus: Es handelt sich um eine bedeutsame Kommunikationsplattform mit täglich 199 Millionen aktiven Nutzern. Hier ergebe sich aus einer Abwägung des Grundrechts der Nutzer auf Meinungsfreiheit aus Art. 5 Abs. 1 des Grundgesetzes (GG) gegenüber dem Grundrecht des Betreibers als Eigentümer aus Art. 14 Abs. 1 GG, dass jener einen Nutzer nur dann dauerhaft ausschließen dürfe, wenn es dafür einen hinreichenden sachlichen Grund gibt.

Twitter jedoch, so das Gericht, habe diesen Grund nicht hinreichend dargelegt, sondern nur von „erheblichen Verstößen“ gesprochen. Darüber hinaus müsste Twitter dem betroffenen Nutzer den Verstoß auch nachweisen, was ebenfalls nicht geschehen sei. Der Betreiber hätte auch nicht die Möglichkeit genutzt, auf ein milderes Mittel wie eine auf 30 Tage befristete Sperre zurückzugreifen.

### Ominöse Facebook-Sperrung

Seit dem 21.12.2023 ist diese Entscheidung des AG Bonn gegen Twitter rechtskräftig. Sie verträgt sich gut mit dem Umstand, dass der Bundesgerichtshof (BGH) bereits im Juli 2021 für Facebook klargestellt hat, dass aufgrund der marktbeherrschenden Stellung dieses sozialen Netzwerks Grundrechte mittelbar Anwendung finden. Das bedeutet: Die Grundrechte der Nutzer wie die Meinungäußerungsfreiheit des Art. 5 Abs. 1 GG und das Grundrecht auf Teilhabe, das sich aus dem Gleichbehandlungsgrundsatz des Art. 3 Abs. 1 GG ergibt, sind gegen die Grundrechte der Betreiber abzuwägen. Auch dem BGH zufolge ist der Ausschluss eines Nutzers nur dann statthaft, wenn es dafür einen sachlichen Grund gibt. Darüber hi-

## c't kompakt

- Mangelnde Transparenz ist ein Hauptvorwurf gegen Betreiber von Social-Media-Plattformen und Onlinemarktplätzen, wenn es um das Sperren von Nutzerkonten geht.
- Gegen eine Sperrung zivilrechtlich vorzugehen, kann erfolgreich sein, ist aber zeitaufwendig und bringt das Risiko eines kostenträchtigen Misserfolgs mit sich.
- Der europäische Digital Services Act verpflichtet Plattformbetreiber unter anderem zu Transparenz in Bezug auf Sperrmaßnahmen – das verbessert die Situation für Konto-inhaber.

naus muss diese Entscheidung auch nachvollziehbar sein und sich auf konkrete Tatsachen gründen. Zudem muss der Nutzer angehört werden, um eine umfassende Aufklärung des Sachverhalts zu ermöglichen [4].

Dieselbe BGH-Entscheidung spielte auch bei einem anderen Fall eine Rolle: 2019 hatte Facebook das Konto eines langjährigen Nutzers für 30 Tage gesperrt, ohne Gründe dafür zu nennen. Zur Entsperrung sollte er ein Ausweisdokument hochladen. Das gelang nicht, er erhielt auch keine Antwort. Sein Nutzerkonto blieb für den Rest der Frist im Read-only-Modus. Der Nutzer verklagte Facebook schließlich auf Untlassung, insbesondere mit Blick auf mögliche erneute Sperrungen.

Das Landgericht (LG) Traunstein entschied zu seinen Gunsten [5]. Facebook

Eine nicht gerade aufschlussreiche Botschaft informierte den Twitter-Nutzer darüber, dass die Plattformbetreiber seinen Account dauerhaft sperren: Solche Erfahrungen sind im Netz zuhau dokumentiert. Gegen welche Regel der Nutzer genau verstoßen hat, bleibt unklar.

The screenshot shows the Amazon.de seller center. At the top, there's a navigation bar with links like 'Verkaufen', 'Versand', 'Preisgestaltung', 'Wachsen', 'Lernen', 'Registrieren', and a search bar. Below the navigation, there's a main heading 'Erste Schritte Verkaufen bei Amazon' with a subtext about starting a business. A large orange 'Registrieren' button is prominent. To the right, there's a sidebar with a rocket icon and text about offers for new sellers.

**Amazon bindet Verkäufer gern an die große Handelsplattform. Für jemanden, der Einkommen über einen aufwendig gepflegten Account dort generiert, kann eine Sperrung fatale Folgen haben.**

habe nicht nachgewiesen, dass die Voraussetzungen für eine Sperre vorgelegen hätten. Zumindest hätten die Betreiber darlegen müssen, was dem Nutzer konkret vorzuwerfen war – das sei unterblieben. In der Berufung sah dies das Oberlandesgericht (OLG) München 2022 ebenso [6] und verwies in der Begründung auf das oben erwähnte BGH-Urteil, das inzwischen erlangen war. Demnach müsse Facebook einen Nutzer zunächst darüber informieren, dass sein Konto gesperrt werden soll, und ihm auch den Grund für die Sperre mitteilen. Darüber hinaus müsse der Nutzer die Möglichkeit einer Gegenäußerung erhalten. Aufgrund dessen müsse Facebook erneut über seinen Einspruch entscheiden und ihm das Ergebnis mitteilen.

## Verkäuferkummer

Bereits im Jahr 2008 sperrte eBay einen Händleraccount mit der formelhaften Begründung, dass der „mit Ihnen verbundene eBay-Name [...] gegen unsere AGB verstößen“ habe. Der Accountinhaber beantragte beim LG Potsdam eine einstweilige Verfügung gegen eBay. Nachdem das Gericht diese verweigert hatte [7], legte er Beschwerde beim Oberlandesgericht (OLG) Brandenburg ein. Dieses entschied, dass eBay den Verkäufer mit dem gewählten Mitgliedsnamen für den Handel auf der eBay-Plattform wieder freischalten musste [8]: Aus der Nachricht von eBay sei kein Grund für die Accountsperrung ersichtlich gewesen. Darauf hinaus läge auch der für eine einstweilige Verfügung

nach § 935 und 940 der Zivilprozeßordnung (ZPO) erforderliche Verfügungsgrund vor: Der Verkäufer hätte die mit der Sperrung verbundenen hohen Einnahmeausfälle nicht kompensieren können.

Ähnlich lag der Fall eines Verkäufers auf dem Amazon-Marktplatz im Jahr 2021: Der Betreiber sperrte seinen Account und informierte ihn darüber per E-Mail. Darin stand lapidar: „Sie haben Bewertungen, Feedback oder Kundenrezensionen [...] manipuliert.“ Der Händler wandte sich an das LG Frankfurt am Main und erwirkte dort eine einstweilige Verfügung, der zu folge Amazon den Account entsperren musste [9].

**Begründung:** Die Deaktivierung des gewerblich genutzten Verkäuferkontos verstöße gegen Kartellrecht. Amazon habe dadurch seine marktbeherrschende Stellung im Sinne von § 19 Abs. 2 Nr. 1 des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) ausgenutzt; der Plattformbetreiber habe in seiner Nachricht nicht die konkreten Tatsachen mitgeteilt, die zur Sperre geführt hätten. Dass er hierzu bei gewerblichen Nutzern verpflichtet sei, ergebe sich aus Art. 4 Abs. 1 und 5 der EU-Verordnung zur Förderung von Fairness und Transparenz für gewerbliche Nutzer von Online-Vermittlungsdiensten [10]. Der pauschale Verweis auf die Nutzungsbedingungen reiche hierfür normalerweise nicht aus.

## Wer erkennt Satire?

Manche Sperrungen wegen inhaltlicher Äußerungen auf Social-Media-Plattfor-

men wirken willkürlich, während gleichzeitig offene Hasstiraden unangetastet stehenbleiben. So hatte der Schriftsteller Tom Hillenbrand bei Twitter den folgenden Tweet abgesetzt: „Alle AfD-Wähler sollten: – ihren Wahlzettel fotografieren – ihn unterschreiben – Foto auf Insta posten – Wahlzettel danach aufessen.“ Twitter löschte diesen Beitrag und teilte Hillenbrand mit, sein Text habe mit den Plattformregeln gegen das Veröffentlichen irreführender Informationen zu Wahlen kollidiert. Der Autor widersprach der Twitter-Entscheidung – erfolglos.

Daraufhin beantragte er beim LG München I den Erlass einer einstweiligen Verfügung. Das Gericht entschied, dass der Tweet zu entsperren sei [11]. Hillenbrand habe damit keine Wähler unter Druck gesetzt oder eingeschüchtert. Es handle sich um eine Meinungsäußerung mit satirischem Charakter, die durch Art. 5 Abs. 1 GG geschützt wird.

Damit eine einstweilige Verfügung ergehen kann, ist ein Verfügungsgrund notwendig. Es muss sich um eine eilbedürftige Sache handeln. Die erforderliche Dringlichkeit lag im Fall Hillenbrand vor, befand das LG: Der Autor habe damit rechnen müssen, dass Twitter seinen Tweet erneut löschen würde, wenn er ihn neu einstellte. Die Münchner Entscheidung wurde rechtskräftig.

Ähnlich lag der Fall bei einem Nutzer, der wenige Wochen vor der Europawahl getwittert hatte: „Aktueller Anlass: Dringende Wahlempfehlung für alle AfD-

Wähler. Unbedingt den Stimmzettel unterschreiben. ;-)" Das daraufhin gesperrte Nutzerkonto musste Twitter nach einem Urteil des LG Nürnberg-Fürth 2019 wieder entsperren [12]. Dem schloss sich das OLG Nürnberg 2020 in einem Hinweisbeschluss an [13]: Diese „dringende Wahlempfehlung“ habe offensichtlich satirischen Charakter. Aufgrund dessen sei die Sperre des Accounts wegen angeblich unlauterer Einwirkung auf Wahlen rechtswidrig. Daraufhin nahm Twitter die gegen das LG-Urteil eingelegte Berufung zurück.

Viele Fälle lassen vermuten, dass Dienstbetreiber auf Beschwerden von Teilnehmern hin gemeldete Accounts bislang nicht selten ungeprüft sperren. Zudem stand vielfach der Verdacht im Raum, dass Entscheidungen über Einsprüche automatisch mithilfe algorithmischer Systeme fallen. Das würde eine Erklärung dafür liefern, warum Accountinhaber oft

so wenig aussagekräftige Begründungen erhalten. Algorithmen können beispielsweise nicht erkennen, ob ein gerügtes Posting satirisch gemeint gewesen ist. Die neue europäische Gesetzeslage verpflichtet große Plattformanbieter nun aber, bei einer Sperrung transparent darüber aufzuklären, wie die Entscheidung dafür zu stande gekommen ist.

### Europäische Lichtblicke

Der Digital Services Act (DSA, Gesetz über digitale Dienste) ist in der Europäischen Union seit 16. November 2022 in Kraft und seit 17. Februar 2024 wirksam; die besonders strengen Vorschriften für „sehr große Online-Plattformen“ (VLOP) mit mehr als 45 Millionen Nutzern in Europa gelten bereits seit Ende August 2023 – sie betreffen etwa X, Amazon, Facebook und Instagram. Er bringt für Betreiber von Onlineplattformen wie sozialen Netzwerken oder Marktplätzen besondere Pflichten mit sich, was

unter anderem den Schutz von Verbraucher- und Nutzerrechten angeht [14].

Für das Thema Accountsperren sind nicht zuletzt Vorgaben fürs Beschwerde-managementsystem der Dienste relevant: Werden Inhalte oder Nutzer von einer Plattform gesperrt, können Betroffene dagegen innerhalb von sechs Monaten vorgehen. Ein solches Beschwerdesystem müssen alle Plattformen vorweisen, die nach EU-Definition keine Klein- oder Kleinstunternehmen sind. Dienste müssen zudem deutlich auf die Möglichkeit außergerichtlicher Streitbeilegung hinweisen. Für die zu leistende transparente Begründung von Sperrmaßnahmen enthält Artikel 17 des DSA sehr detaillierte Vorschriften (siehe Kasten).

Mit dem bald anstehenden Inkrafttreten des Digitale-Dienste-Gesetzes (DDG) zur DSA-Umsetzung [15] fungiert dann die Bundesnetzagentur als zentrale Anlaufstelle für Beschwerden gegen DSA-Verstöße von Dienstanbietern. Es ist noch zu früh, um Auswirkungen der neuen europäischen Gesetzeslage auf die tatsächliche Accountsperrungspraxis von Onlinediensten auswerten zu können. Plattformnutzer haben aber Grund zur Hoffnung, dass ein DSA-konformes Beschwerdemanagement bei den Diensten ihnen einen spürbaren Transparenzgewinn bringt. (psz@ct.de) 

## Neue Pflicht zur Begründung von Sperren

### (Art. 17 DSA, Auszug)

(1) Die Hostingdiensteanbieter legen allen betroffenen Nutzern eine klare und spezifische Begründung für alle folgenden Beschränkungen vor, die mit der Begründung verhängt werden, dass es sich bei den vom Nutzer bereitgestellten Informationen um rechtswidrige Inhalte handelt oder diese nicht mit ihren Nutzungsbedingungen vereinbar sind:

a) etwaige Beschränkungen der Anzeige bestimmter Einzelinformationen, die vom Nutzer bereitgestellt werden, einschließlich Entfernung von Inhalten, Sperrung des Zugangs zu Inhalten oder Herabstufung von Inhalten;

b) Aussetzung, Beendigung oder sonstige Beschränkung von Geldzahlungen;

c) Aussetzung oder Beendigung der gesamten oder teilweisen Bereitstellung des Dienstes;

d) Aussetzung oder Schließung des Kontos des Nutzers.

[...]

(3) Die in Absatz 1 genannte Begründung muss mindestens folgende Angaben enthalten:

[...]

b) die Tatsachen und Umstände, auf denen die Entscheidung beruht, ge-

gebenenfalls einschließlich Angaben darüber, ob die Entscheidung infolge einer nach Artikel 16 gemachten Meldung oder infolge freiwilliger Untersuchungen auf Eigeninitiative getroffen wurde sowie, falls unbedingt notwendig, die Identität der meldenden Person;

c) gegebenenfalls Angaben darüber, ob automatisierte Mittel zur Entscheidungsfindung verwendet wurden, einschließlich Angaben darüber, ob die Entscheidung in Bezug auf Inhalte getroffen wurde, die mit automatisierten Mitteln erkannt oder festgestellt wurden;

d) falls die Entscheidung mutmaßlich rechtswidrige Inhalte betrifft, einen Verweis auf die Rechtsgrundlage und Erläuterungen, warum die Informationen auf dieser Grundlage als rechtswidrige Inhalte angesehen werden;

[...]

f) klare und benutzerfreundliche Informationen über die dem Nutzer gegen die Maßnahme zur Verfügung stehenden Rechtsbehelfe, insbesondere – je nach Sachlage – interne Beschwerde-managementverfahren, außergerichtliche Streitbeilegung und gerichtliche Rechtsmittel.

### Literatur

- [1] Greta Friedrich, Ein Foto – und alles ist weg, Microsoft sperrt Kunden unangekündigt für immer aus, c't 24/2022, S. 104
- [2] Digital Services Act, Verordnung (EU) 2022, 2065: heise.de/s/Ndd5O
- [3] AG Bonn, Urteil vom 9.11.2021, Az. 106 C 76/21: heise.de/s/OPP5k
- [4] BGH, Urteil vom 29.7.2021, Az. III ZR 179/20 und III ZR 192/20: heise.de/s/KMMqA
- [5] LG Traunstein, Urteil vom 1.10.2020, Az. 8 O 332/20: heise.de/s/wNNPx
- [6] OLG München, Urteil vom 20.9.2022, Az. 18 U 6314/20 Pre: heise.de/s/JII5W
- [7] LG Potsdam, Beschluss vom 8.10.2008, Az. 2 O 369/08
- [8] OLG Brandenburg, Beschluss vom 12.11.2008, Az. 6 W 138/08: heise.de/s/1ZZKL
- [9] LG Frankfurt, Beschluss vom 6.12.2021, Az. 2-03 O 453/21
- [10] Verordnung (EU) 2019/1150 vom 20. Juni 2019 zur Förderung von Fairness und Transparenz für gewerbliche Nutzer von Online-Vermittlungsdiensten: heise.de/s/m11Ax
- [11] LG München I, Beschluss vom 17.06.2019, Az. 10 O 7388/19
- [12] LG Nürnberg-Fürth, Urteil vom 21.11.2019, Az. 11 O 3362/19: heise.de/s/zKK3K
- [13] OLG Nürnberg, Beschluss vom 06.04.2020, Aktenzeichen 3 U 4566/19: heise.de/s/AXX1r
- [14] Holger Bleich, FAQ: Digital Services Act, c't 3/2024, S. 164
- [15] Falk Steiner, Verordnungsmonstrum, Der Digital Services Act startet ohne deutsches Begleitgesetz, c't 4/2024, S. 158

## Tipps & Tricks

# Sie fragen – wir antworten!

### Alternative Druckertinten

**?** Wir verwenden Tintenstrahldrucker vom Modell Canon TS 7400, mit denen wir sehr zufrieden sind. Bisher nutzen wir nur originale Tintenpatronen von Canon, da wir die Seitenzahl alternativer Tinten wie von KMP nicht einschätzen können. Kann der Einsatz von Tintenpatronen von Fremdanbietern zu Garantieverlust führen?

**!** Zunächst: Die Patronen Ihrer Canon-Drucker sind Kombipatronen mit integrierten Druckköpfen. Das verteutet die Patronen zwar, aber wenn es Probleme mit verstopften Düsen gibt, reicht ein Patronenwechsel und man muss nicht den ganzen Drucker verschrotten.

Die Alternativanbieter wie KMP bieten unseres Wissens nach wiederbefüllte Originalpatronen an, was bedeutet, dass die Druckköpfe schon eine nicht ermittelbare Seitenmenge auf dem Buckel haben. Im Normalfall ist das kein Problem, denn das Zehnfache der Tintenreichweite sollten sie locker durchhalten. Die von Canon genutzten Bubblejet-Druckköpfe halten im Schnitt 10.000 Seiten.

Wenn Sie über Alternativtinten nachdenken, empfehlen wir Firmen wie KMP, Peach oder Pelikan. Diese haben langjährige Erfahrung, bieten einen Service und eine Garantie. Im Fall von KMP sollten die Patronen dieselbe Reichweite wie die Originale erreichen. KMP gibt die Reichweite genau wie die Druckerhersteller nach der Norm ISO/IEC 24711 an, sie ist also prüfbar.

Einfluss auf die Lebensdauer der Drucker haben Patronen seriöser Anbieter nicht. Falls eine Patrone nicht korrekt drucken sollte, etwa weil der integrierte Druckkopf defekt ist, greift die Garantie der Anbieter.

Einen pauschalen Garantieverlust des gesamten Druckers beim Einsatz von Fremdtinten setzen die Druckerhersteller nicht durch – er wäre rechtlich auch nicht

haltbar. Allerdings prüfen die Werkstätten bei Garantiereparaturen, ob Fremdtinte im Spiel war. Da es sich bei Ihren Druckern um Modelle mit Kombipatronen handelt, die jederzeit durch Originalpatronen getauscht werden können, dürfte es hier keine Schwierigkeiten geben.

Generell raten wir nur von Billiganbietern ab, die ihre Produkte über Amazon und eBay extrem günstig verkaufen. Denen ist es meist egal, ob die von ihnen gemachten Angaben stimmen. Gibt es Klagen über beschädigte Drucker, verschwinden diese Anbieter vom Markt und verkaufen die fragwürdigen Produkte einige Tage später unter neuem Namen. (rop@ct.de)

### Windows Defender stoppt Heise-Archiv

**?** Bei der Installation des Heise-Archivs unter Windows meldet sich der „Windows Defender SmartScreen“ und warnt vor einer unbekannten Applikation. Ist die Ausführung des Heise-Archivs sicher und falls ja, wie kann ich die Software ausführen?

**!** Ja, die Ausführung des Heise-Archivs ist sicher. Windows verlangt, dass Software mit einem sogenannten Code-Signing-Zertifikat signiert wird. In regelmäßigen Abständen muss dieses erneuert werden. Und jedes Mal, wenn das Zertifikat erneuert wurde, dauert es einen Moment, bis der cloudestützte Windows Defender SmartScreen das neue Zertifikat als „vertrauenswürdig“ erlernt hat.

Sie können sicherstellen, dass die Software von Heise stammt, indem Sie die Codesignatur an der ausführbaren Datei überprüfen. Klicken Sie hierzu rechts auf die Datei HeiseArchiv.exe und wählen Sie „Eigenschaften“ im Kontextmenü. Im sich nun öffnenden Fenster wählen Sie den Reiter „Digitale Signaturen“. Sie sehen dort eine Signatur durch das Zertifikat der „Heise Medien GmbH & Co. KG“, den ver-

wendeten Digest-Algorithmus („sha256“) und das Datum der Signatur (stimmt mit dem Build-Datum überein). Wenn Sie die Signatur auswählen und auf „Details“ klicken, werden Ihnen weitere Information zur digitalen Unterschrift angezeigt. Insbesondere werden Sie die Zeile „Die digitale Signatur ist gültig.“ lesen.

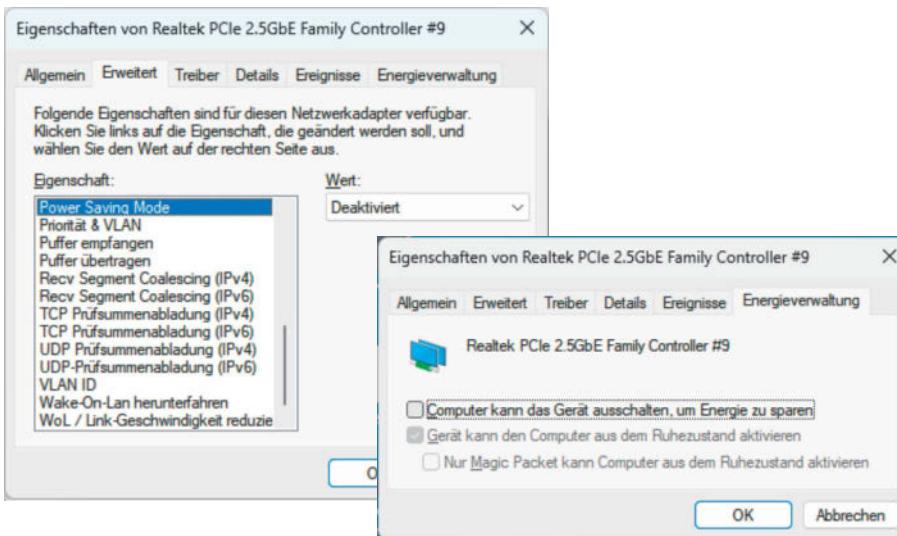
Wenn Sie in den Reiter „Erweitert“ wechseln oder sich das Zertifikat durch Klick auf „Zertifikat anzeigen“ anzeigen lassen, können Sie weiterhin die Seriennummer des verwandten Code-Signing-Zertifikats überprüfen. Aktuell lautet die Seriennummer 48:50:ad:6b:e6:23:47:c4:a4:cb:2b:e0 (Windows zeigt diesen Wert üblicherweise ohne die hier zur besseren Lesbarkeit eingefügten Doppelpunkte an), ausgestellt durch GlobalSign. Die jeweils aktuelle Version steht OpenPGP-signiert auf heise.de (siehe ct.de/yumw) zur Verfügung. (Kai Wasserbäch/uma@ct.de)

**Heise-Archiv:** [ct.de/yumw](http://ct.de/yumw)

### Nano-SIM zurechtschneiden

**?** Meine viele Jahre alte SIM-Karte im Miniformat ist zu groß fürs neue Smartphone. Von einem Freund habe ich mir eine Stanze geliehen, mit dem man sie auf Nanoformat bringen könnte. Dabei würden aber möglicherweise die Kontaktflächen angeschnitten. Mache ich die Karte damit kaputt?

**!** Die Kontaktflächen sind nicht das Problem, denn die sitzen nur an der Oberfläche und sind in der Mitte mit dem Chip verbunden, nicht am Rand. Der Chip ist meistens zentral angebracht und wird beim Beschriften der Karte nach einer Schablone oder mittels einer Stanze nicht beschädigt. Schwierigkeiten könnten Sie aber mit Graten oder rauen Flächen an der Seite der Karte bekommen. Eine vorsichtige Nachbearbeitung mit einer Feile schadet nicht.



**Wenn die Ethernetverbindung bei dauerlaufenden Windows-PCs gelegentlich abstürzt, hilft vielleicht schon das Abschalten des Energiesparens der Schnittstelle. Manchmal braucht man aber doch einen angepassten Treiber.**

Das größte Problem ist, dass SIM-Karten im Nanoformat mit 0,67 mm dünner sind als im Mini- oder Mikroformat mit 0,76 mm. Auf Nanoformat zurechtgeschnittene Karten sind also grundsätzlich zu dick. Die 0,09 Millimeter Unterschied können dazu führen, dass sich die Karte im Schacht verhakt oder sogar die Kontakte beim Einlegen oder Entnehmen beschädigt. Wir raten daher davon ab, Karten auf Nanoformat zuzuschneiden. Von Ihrem Mobilfunkprovider erhalten Sie meist kostenlosen Ersatz, wenn Sie anführen, dass die Karte nicht in Ihr aktuelles Gerät passt.

Wenn Sie dann doch einmal wieder eine größere Karte brauchen, ist das kein Problem. Die dünneren Nanokarten passen perfekt in etwas dicke Adapter, mit denen sie sich auf Mini- oder Mikro-Format bringen lassen. Achten Sie beim Einsetzen solcher Adapter darauf, dass die SIM in der Halterung gut fixiert ist, damit sie sich nicht im Schacht lösen und verkeilen kann und setzen Sie auf keinen Fall Klebeband ein. Die Halterung einer Triple-SIM, aus der Sie eine Mikro- oder Nano-SIM herausgebrochen haben, eignet sich hingegen nicht als Adapter. (uma@ct.de)

## Ethernetverbindung stürzt ab

Ich habe mein Heimnetz auf Multigigabit-Ethernet mit 2,5 Gbit/s aufgerüstet. Nun flutschen Kopien großer Dateien prächtig. Nur bei einem PC, in den ich eine preisgünstige Karte mit dem Realtek-

Chip RTL8125BG eingebaut habe, hängt sich die LAN-Verbindung nach einigen Tagen Dauerlauf regelmäßig auf. Dann geht es erst nach einem Neustart wieder. Woran liegt das?

Ein heißer Kandidat sind die Energiesparfunktionen. Probieren Sie zunächst, ob die Verbindung stabil wird, wenn Sie in den Schnittstelleneigenschaften im Reiter „Energieverwaltung“ das Häkchen vor „Computer kann das Gerät ausschalten ...“ entfernen. Gehen Sie dazu unter Windows 11 mit einem Rechtsklick auf das Netzwerktray-Symbol zu den „Netzwerk- und Interneteinstellungen“, klicken dort auf „Erweiterte Netzwerkeinstellungen“, hierin auf die Schnittstelle und „Bearbeiten“ dort „Weitere Adapteroptionen“. Dann geht ein neues Fenster auf, in dem Sie auf „Konfigurieren“ klicken, um den oben genannten Reiter zu sehen.

Hilft das Abschalten in der Energieverwaltung nicht, dann tut es vielleicht ein vom Chiphersteller eigens mit deaktiviertem Powersaving bereitgestellter Treiber (ct.de/yumw). Achten Sie darauf, die mit „Not Support Power Saving“ gekennzeichnete Zip-Datei für Ihre Windows-Version (10 oder 11) zu erwischen. Das Installieren dauert ein bisschen, weil das im Zip-Archiv enthaltene Programm gleich mehrere Treiber für verschiedene Realtek-Chips ins System spült. Der für den RTL8125BG hat uns zu einem stabilen Multigigabit-Link verholfen. (Christian Schütz/ea@ct.de)

**Realtek-Treiber für RTL8125: ct.de/yumw**

## Kryptisches Produktionsdatum

Ich habe beim Aufräumen eine alte Seagate-Festplatte wiedergefunden und wollte eigentlich nur wissen, wie alt die ist. Auf dem Aufkleber steht aber kein Datum, sondern lediglich der Date Code 13241. Wie kann man den entschlüsseln?

Diese Date Codes hat Seagate bis etwa 2016 benutzt. Das Entschlüsselungsverfahren hat der Hersteller jedoch nie komplett offen gelegt. Sicher ist, dass es sich bei den ersten beiden Zahlen um ein Jahr handelt, und zwar Seagates Geschäftsjahr. Dies beginnt den meisten Angaben zufolge am ersten Samstag im Juli, aber so ganz sicher scheint dies nicht zu sein: Einige Quellen nennen den Samstag, der dem 1. Juli am nächsten ist – das Geschäftsjahr kann also bereits im Juni beginnen. Das Geschäftsjahr 2013 etwa startete wahrscheinlich am 30. Juni 2012.

Danach folgt die Produktionswoche, bei vierstelligen Codes in einstelliger Form, bei fünfstelligen Codes handelt es sich um Wochen zwischen 10 und 52. Die Wochen starten mit dem Geschäftsjahr, ein Kalender mit Wochenummern hilft also beim Entschlüsseln nicht weiter. Schlussendlich folgt der Tag, die Zählung beginnt am Samstag. Die Festplatte mit dem Date Code 13241 wurde demnach wahrscheinlich am 15. Dezember 2012 produziert und ist lange aus der Garantie heraus. Für die automatische Berechnung des Produktionsdatums finden sich einige Rechner im Web. (ll@ct.de)

**Decoder für Seagate Date Code:**  
[ct.de/yumw](http://ct.de/yumw)

Fragen richten Sie bitte an

**ct hotline@ct.de**

**f c't Magazin**

**X @ctmagazin**

**@ ct\_magazin**

**m @ct\_Magazin**

**in c't magazin**

Alle bisher in unserer Hotline veröffentlichten Tipps und Tricks finden Sie unter [www.ct.de/hotline](http://www.ct.de/hotline).

# FAQ

# c't-Notfall-Windows 2024

**Unser Bausatz in c't 2/2024 erstellt ein Notfallsystem, das vom USB-Stick startet. Durch externe Einflussfaktoren, etwa nicht erreichbare Server, übergriffige Sicherheitssoftware und schlicht durch die Vielzahl möglicher Optionen und Erweiterungen aktueller Windows-Versionen gelingt das nicht auf jedem PC im ersten Anlauf. Die wichtigsten Hinweise und Kniffe aus mehreren Wochen Support haben wir hier zusammengestellt.**

Von Peter Siering

## Bluescreens bei allen Virensaltern

Bei mir stoppt das Notfall-Windows mit einem Bluescreen, egal welchen Virensanner ich starte. Was läuft falsch?

Wir haben eine „Selbstverständlichkeit“ in den Artikeln leider nicht thematisiert: Wir lassen bei den Tests die Scanner im Wesentlichen auf die in einem PC vorhandenen Partitionen los und schaltet den Scan auf den Laufwerken des Notfallsystems aus (B:, X:, Y:). Die Scanner scheinen es nicht zu vertragen, wenn sie auf die Laufwerke des Notfallsystems losgelassen werden und das führt im Extremfall wohl auch zu Bluescreens.

In jedem Fall aber liefern sie Fehlalarme wegen einiger Werkzeuge im Notfallsystem. Insofern: Bitte die Scanner nicht auf die genannten Laufwerke loslassen. Hintergrund zu den Fehlalarmen: Im Notfallsystem stecken Werkzeuge, die im Ernstfall sehr nützlich sein können, die aber Virensanner alarmieren lassen. Das liegt unter anderem daran, dass Kriminelle einige dieser Werkzeuge für Angriffe missbrauchen. Wir untersuchen sämtliche Dateien jedes Jahr akribisch und veröffentlichen Fehlalarme nebst Erklärungen auf der Projektseite (siehe ct.de/ydfz).

Datei aus dem Unterverzeichnis Output in einer Virtualisierungsumgebung. Es genügt, wenn Sie die ISO-Datei dort als Bootmedium einbinden. Wenn die Menüs belebt sind und das System grundsätzlich bedienbar ist, hat der eigentliche Bauvorgang geklappt. Berücksichtigen Sie bitte, dass manche der enthaltenen Programme nur dann korrekt funktionieren, wenn Sie das System von einem USB-Stick oder anderen beschreibbaren Medien starten.

## Alle Bauversuche brechen ab

Ich habe mehrere Anläufe genommen, um das Notfallsystem zu bauen, scheiterte aber immer wieder an Fehlermeldungen. Was kann ich versuchen?

Das kommt sehr darauf an, was schief läuft. Lesen Sie die Fehlermeldungen, die der Bausatz in der Regel anzeigt. Nehmen Sie die Meldung ernst, etwa wenn die von einem weiterhin aktiven Virenschutzprogramm spricht oder andere Anomalien des Bau-PCs bekrittelt. Der Bausatz prüft wichtige Voraussetzungen, die nach unseren Support-Erfahrungen kritisch sind und einen erfolgreichen Baulauf verhindern werden.

Es lohnt sich, einen Blick in die Log-Dateien zu werfen: Die im Browser angezeigte Variante lädt zwar zäh, erlaubt aber mit einem Klick direkt an die Stelle zu springen, an der Warnungen oder Fehler auftreten. Halten Sie zu Beginn des Logs Ausschau nach rot oder orange gefärbten Zeilen. Klicken Sie auf diese verlinkten Zeilen. Wenn Sie dann ein wenig hochrollen, sehen Sie die letzten Befehle, die vor dem eigentlichen Fehler ausgeführt wurden. In vielen Fällen sind das fehlge-

schlagene Downloads. Wie die Artikel empfehlen, genügt es, mit zeitlichem Abstand den Baulauf erneut zu starten.

War es keine temporäre Störung auf Seiten der Download-Quelle, sondern etwa ein Update, durch das sich die Download-URL verändert hat, warten Sie einfach einen Tag: Wir beobachten automatisiert die vom Bausatz frequentierten Quellen und korrigieren die Skripte zeit-

The screenshot shows the PEbakery Build interface for Project PhoenixPE. It includes a summary table with build details like 'Built by' and 'Elapsed time'. Below it is a 'Host Environment' table showing system specs. The main area contains three tabs: 'Log Statistics' (listing log levels: Success, Warning, Error, Info, Ignore, Muted), 'Warnings' (listing specific warnings such as 'Update Check failed'), and 'Scripts' (listing the scripts run: PhoenixPE, Integrity Check, and Update Check).

## Notfallsystem nach Bauen testen

Kann ich vor dem Beschreiben eines USB-Sticks das erzeugte Notfallsystem ausprobieren?

Um sicherzustellen, dass beim Bau des Notfallsystems ein lauffähiges Exemplar entstanden ist, starten Sie die ISO-

Die von PEbakery erstellten Logs sind in der HTML-Variante besonders praktisch: Sie laden je nach Größe zwar etwas zäh, erlauben es im Browser aber, direkt zu Fehlerstellen zu springen. Halten Sie Ausschau nach zu Beginn gelb oder rot dargestellten Warnungen oder Fehlern. Ein Klick auf [Warning] oder [Error] genügt dann.

nah durch ein Update. Erfahrene Nutzer können auch selbst die Skripte bearbeiten und die URL anpassen. Die angesteuerte URL findet sich in den Logs.

Häufig ist aber auch Sicherheitssoftware für Download-Probleme verantwortlich. Proxys, die Downloads auf Schadsoftware untersuchen, stecken in vielen Sicherheitspaketen und geben sich nur selten zu erkennen. Prüfen Sie unbedingt, ob solche Software auf Ihrem PC aktiv ist; schauen Sie in dessen Protokolle, um eventuelle Interventionen zu erkennen. Im Zweifel hilft vorübergehendes Deaktivieren. Auch ein Werbefilter wie Pi-hole könnte je nach verwendeten Filterlisten Downloads behindern. Entsprechend gilt: Schauen Sie auch in dessen Protokolle.

Sollte PEBakery selbst mit einem Fehler (Stacktrace) aussteigen, ohne ein Log zu schreiben, hat es in den meisten Fällen geholfen, ein anderes Laufwerk für das Bauverzeichnis auszuwählen. Auch haben wir vereinzelt von PCs gehört, bei denen ein Windows-Updatestau den Bau behinderte; im Zweifelsfall ist es stets eine gute Idee, einen Windows-PC vor einem Bauversuch neu starten zu lassen, damit er eventuell halbfertige Updates verarbeitet. Letztlich bleibt immer auch eine Mail an uns, am besten an [ctnotwin24@ct.de](mailto:ctnotwin24@ct.de), gern mit Log-Dateien und Screenshots der Fehler.

## USB-Sticks starten nicht

Das Bauen und Überspielen des Notfallsystems hat anscheinend tadellos geklappt, aber es startet nicht von meinem USB-Stick oder bricht währenddessen ab. Was kann ich tun?

Bei hartnäckigen Problemen empfehlen wir, das Bauergebnis sicherheitsshalber zu prüfen, wie in „Notfallsystem nach Bauen testen“ beschrieben. Häufige Ursache für Startprobleme sind USB-Sticks von zweifelhafter Qualität oder bereits stark beanspruchte Exemplare. Probieren Sie unbedingt einen anderen Stick, idealerweise anderer Provenienz. Wir hören auch immer wieder davon, dass es auch auf die verwendeten USB-Ports eines PCs ankommt, an einem geht es, an einem anderen nicht. Gelegentlich spielt auch die Art der Datenträgereinbindung eine Rolle: manche PCs unterscheiden zwischen USB-Floppy und -Harddisk – probieren Sie

beides aus. Weitere Tipps finden Sie in unserer USB-Boot-FAQ (via [ct.de/ydfz](http://ct.de/ydfz)).

## Integritätsprüfung fehlgeschlagen

Bei mir startet der Bauprozess nicht. Stets erhalte ich den Hinweis, die Integritätsprüfung sei fehlgeschlagen. Ich habe die md5-Summen mehrfach überprüft.

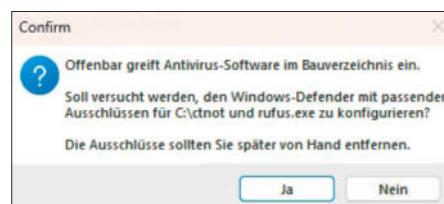
Wenn die initiale Integritätsprüfung fehlschlägt, liegt das daran, dass sie Dateien oder Verzeichnisse im Bauverzeichnis findet, die sie nicht erwartet. Die Prüfung ist uns leider etwas zu pingelig geraten. Entschuldigen Sie bitte, dass wir das nicht besser dokumentiert haben.

Im Bauverzeichnis c:\ctnot (oder ähnlich) sollten nur \*.iso-Dateien und ctnot-win24\*.zip-Archive liegen und auch keine Unterverzeichnisse angelegt sein. Wenn Sie dann das ctnotwin24.zip dort entpacken, wird die Integritätsprüfung nichts zu meckern haben und der Baulauf beginnen.

Ist die Prüfung einmal für den entpackten Bausatz erfolgreich, findet keine weitere statt. Sie können sie abschalten, indem Sie in PEBakery links im Baum das Skript „Integrity Check (c't)“ anklicken und rechts den Haken vor „Integritätsprüfung überspringen“ setzen oder nach dem Entpacken die Datei „md5“ im Hauptverzeichnis des Bauordners löschen.

## Virensucher abgeschaltet, aber Abbruch

Ich habe, wie empfohlen, meinem Virensucher verboten, das Bauverzeichnis zu überwachen, trotzdem bricht der Bauprozess mit der Meldung ab „Could



**Der Bausatz prüft, ob Sicherheitssoftware aktiv ist, und kann Ausnahmen nur für den Windows-Defender setzen. Nehmen Sie solche Meldungen unbedingt ernst, besonders wenn sie noch nach dem Setzen von Ausnahmen weiter auftreten.**

not create testfile (Echo „Could not create testfile“, WARN). Was läuft falsch?

Wenn diese Meldung erscheint, ist im Bauverzeichnis weiterhin Schutzsoftware aktiv. Der Bausatz schreibt eine Eicar-Testdatei, die per Konvention von Virenschutzsoftware erkannt wird. Die genannte Meldung tritt nur dann auf. Wenn es partout nicht gelingt, dem Schutz eine Ausnahmeregel für den Bau beizubiegen, hilft es vielleicht, die Software vorübergehend anzuhalten. Hinweise zum Setzen von Ausnahmen entnehmen Sie bitte der Dokumentation der eingesetzten Schutzsoftware. Wir kennen nicht alle dieser Programme (dafür gibt es zu viele) und können daher nicht mit Bedientipps aushelfen.

## ISO-Datei als Laufwerk bereitstellen

Alle Tipps im Artikel zum Einbinden der heruntergeladenen ISO-Datei als Laufwerk scheitern. Was kann ich tun?

Sie können eine ISO-Datei auch aus der Powershell heraus als Laufwerk einbinden. Rufen Sie dazu den folgenden Befehl angepasst an den Pfad und Namen Ihrer ISO-Datei auf:

```
Mount-DiskImage -imagepath ↵
↳ "C:\mein.iso" | Get-Volume
```

Wenn Sie das Laufwerk später wieder loswerden wollen, hilft der folgende Befehl:

```
DisMount-DiskImage ↵
↳ -imagepath "C:\mein.iso"
```

## PEBakery wird nicht gefunden

Ich habe die Anleitung befolgt, alles heruntergeladen und entpackt. Nach dem Aufruf von PEBakeryLauncher.exe habe ich die .NET-Runtime wie empfohlen installieren lassen. Jetzt findet PEBakeryLauncher.exe aber PEBakery.exe nicht. Was mache ich falsch?

Vermutlich haben Sie das Zip-Archiv unseres Bausatzes mit ungeeigneten Mitteln entpackt. Wir hören das häufiger von Lesern, die Dateimanager zum Entpacken von Zip-Archiven einsetzen. Ver-

wenden Sie idealerweise die Windows-Bordmittel zum Entpacken: Öffnen Sie das Zip-Archiv also mit dem Explorer, markieren Sie die enthaltenen Dateien und kopieren Sie diese über die Zwischenablage in das zum Bauen erstellte Verzeichnis, etwa c:\ctnot. Unsere Integritätsprüfung (siehe Frage weiter oben) läuft leider zu spät an, um solche Entpackfehler erkennen und davor warnen zu können.

## Programmupdates

**?** Wenn ich das Notfallsystem boote und darin Programme starte, weisen die von sich aus auf verfügbare Updates hin. Folge ich den Updateangeboten, erfolgen zwar Downloads, aber die Programme sind spätestens nach einem Reboot wieder auf dem alten Stand. Was kann ich tun?

**!** Am besten tun Sie gar nichts und ignorieren diese Hinweise auf Updates – mit einer Ausnahme: Die eingebauten VirensScanner aktualisieren sich beim Starten regelmäßig. Diese Updates funktionieren, bleiben aber ebenfalls nicht über einen Neustart hin erhalten.

Wir aktualisieren den Bausatz mit Updates für neue Programmversionen, so weit das zum Bauen kritisch ist (etwa bei Programmanbietern, die stets nur die aktuelle Version unter einer geänderten URL zum Download anbieten). Sollten uns Probleme mit bestimmten Programmversionen bekannt werden, gibt es nötigenfalls auch Updates.

Dass sich programminterne Updates nicht dauerhaft festsetzen, hat mehrere Gründe: So finden die Programme keine reguläre Installation vor, liegen in anderen Pfaden und sind auch nicht mit allen Beigaben im Notfallsystem vorhanden. Deswegen schlagen Updates fehl.

Obendrein kommen Teile des Notfallsystems und auch viele Programme und Komponenten aus einer zur Laufzeit nicht veränderlichen WIM-Datei. Das lässt Win-

dows-Schädlinge scheitern, das Notfallsystem zu manipulieren. Es verhindert aber auch die Programmupdates.

Dass Updates fehlschlagen, hat sogar Vorteile: Die Versionen, die der Bausatz bezieht, sind getestet. Es gibt Programme, bei denen die Version kritisch ist, zum Beispiel bei Autoruns: Neuere Versionen zerstören unter Umständen die Registry der Windows-Installation des mit dem Notfallsystem behandelten PCs. Unterm Strich also ein Grund, es im Notfallsystem mit den Updates ausnahmsweise nicht so genau zu nehmen.

## Treiber fehlen

**?** Nach dem Bauen und Starten des Notfallsystems fehlen im Gerätemanager offensichtlich Treiber, obwohl ich die Treiber meines PCs exportiert und eingebaut habe. Was habe ich falsch gemacht?

**!** Das ist in folgenden Grenzen normal: Das Notfallsystem beziehungsweise das als Basis verwendete Windows PE bringen nur einen begrenzten Satz von Treibern mit. Unser Bausatz beziehungsweise PhoenixPE reichern diesen Satz mit Treibern an, die im verarbeiteten Windows-ISO-Image enthalten sind. Dabei handelt es sich ausschließlich um Treiber, die Microsoft über die Installationsmedien verteilt und dafür signiert hat. Einige wenige Treiber ergänzt der Bausatz aus anderen Quellen.

Mitnichten integriert der Bausatz alle aus Windows-Installationsmedien extrahierbaren Treiber, weil das ein zu großes Notfallsystem-Image erzeugen würde, das auf PCs mit wenig Hauptspeicher nicht mehr ließe. Obendrein benötigt ein Notfallsystem auch nicht Treiber für jedes Gerät. Wenn also alle Funktionen gegeben sind, ergibt es wenig Sinn, weitere Treiber einzubauen.

Funktionieren hingegen einzelne, elementare Geräte wie Tastatur und Mauspad

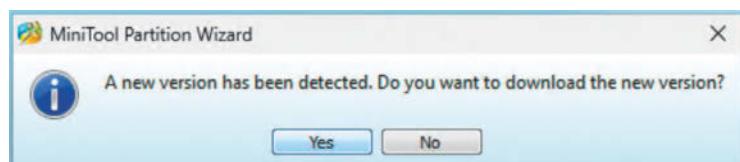


**Dass das Notfallsystem nicht sämtliche Geräte mit passenden Treibern versorgt, ist normal, solange alle elementaren Geräte versorgt sind, sollte man hier keinen Ehrgeiz an den Tag legen.**

im Notfallsystem nicht, lassen sich die Treiber des zum Bauen verwendeten PCs einbauen; die Artikel in c't 2/2024 haben das erklärt. Die Prozedur erfasst allerdings ausdrücklich nur Treiber, die eben nicht von Microsoft selbst stammen. Sie ist also ungeeignet, um weitere Treiber von Microsoft selbst aus Windows herauszukratzen.

Im Notfallsystem fehlende Treiber, die ein frisch installiertes Windows ohne zusätzliche Updates bereits enthält, lassen sich nur durch Anpassen des Bausatzes integrieren. Tipps für fehlende Treiber nehmen wir gern entgegen. Alternativ könnten Sie auch schauen, ob es vom Hersteller des Geräts oder Chips, etwa Intel oder Realtek geeignete Treiber gibt. Die würde die automatisierte Treiberintegration erfassen und man kann sie oft auch im laufenden Notfallsystem nachladen, wenn eine dauerhafte Integration nicht gefragt ist.

(ps@ct.de)



**Ins Notfallsystem eingebaute Programme lassen sich nicht aktualisieren, auch wenn sie es gern anbieten. Das ist technisch nicht möglich und in vielen Fällen wegen nicht erfüllter Abhängigkeiten oder sogar technischen Problemen mitunter sogar gefährlich.**

**Projektseite, Downloads, Artikel:**  
[ct.de/ydfz](http://ct.de/ydfz)

betterCode()

# CLEAN ARCHITECTURE 2024

Die Heise-Onlinekonferenz  
für ein nachhaltiges Design von Software

19. März 2024 · online

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

Aus dem Programm:

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

Jetzt  
**Tickets**  
sichern!

[clean-architecture.bettercode.eu](http://clean-architecture.bettercode.eu)

Veranstalter



dpunkt.verlag

betterCode()

# API 2024

Design, Entwicklung und Management von APIs

14. und 16. Mai 2024 · online

In der Softwareentwicklung kommt man nicht um APIs herum: Ob Private oder Public APIs – schwierige Entscheidungen sind zu fällen. Welche **Architekturparadigmen**, welche Verfahren, welche **Protokolle** nutze ich, wann welche besser nicht? Wie gewährleiste ich **Qualität**, **Kompatibilität** und **Sicherheit**?

Sind Sie **Softwareentwickler:in**, **Softwarearchitekt:in**, **API- oder Integrationsbeauftragte:r**?

Dann bietet Ihnen die betterCode() API konzeptuelles Wissen, neueste Trends der API-Entwicklung sowie umsetzbares Praxis-Know-how.

Unter anderem geht es um:

- |                                      |                                   |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| • Fortgeschrittene Entwurfstechniken | • API Management                  |
| • Entwicklungstools                  | • Data Contracts                  |
| • Versionierung                      | • API Sprawl und Great Unbundling |
| • Testen                             |                                   |

Jetzt  
**Frühbucher-**  
tickets  
sichern!

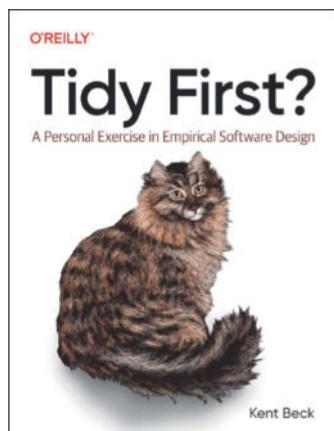
Workshops am 4. und 6. Juni

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

Veranstalter



dpunkt.verlag



Kent Beck

**Tidy First?**A Personal Exercise in  
Empirical Software Design

O'Reilly Media,  
Sebastopol (US-CA) 2023  
ISBN 978-1098151249  
122 Seiten, 34 €  
(PDF-/Epub-/Kindle-E-Book:  
27-33 €)

## Code-Entrümpler

**Als Erfinder der agilen Entwicklungsmethode des „Extreme Programming“ (XP) und der testgetriebenen Entwicklung (TDD) hat Kent Beck einiges zu gutem Softwaredesign zu sagen. Er will etwa dazu beitragen, Programme strukturell zukunftstauglicher zu machen.**

Die titelgebende Frage nach dem Vorrang aufgeräumten Codes bedeutet nicht, dass der Autor für pedantisches Vorgehen wirbt oder einem ideologischen Ordnungsfanatismus den Weg bereiten möchte. In seinem aktuellen Buch, das den ersten Teil einer Trilogie zur Verbesserung von Programmentwürfen bildet, richtet Beck vielmehr den Blick auf strukturelle Veränderungen einer Codebasis. Es geht also um Änderungen, die sich nicht auf das Verhalten eines Programms auswirken, sondern den Quellcode in erster Linie besser lesbar machen. Ferner sollen sie dabei helfen, zukünftige Erweiterungen zu vereinfachen.

Beck beginnt mit fünfzehn scheinbar trivialen Ratschlägen. Dazu gehört, Leerzeilen zwischen semantisch nicht zusammengehörenden Codeblöcken einzufügen und ungenutzten Code zu löschen. Strukturänderungen, wie Beck sie vorschlägt, können schnell zu vielen Einträgen in der Versionskontrolle führen. Das kann in großen Teams Schwierigkeiten verursachen. Daher vergisst der Autor auch nicht, Tipps zur Gestaltung von Historien zu geben. So plädiert er dafür, Struktur- und Verhaltensänderungen sauber voneinander zu trennen, um Code-Reviews zu vereinfachen.

Später wird es abstrakter. Anhand von Beispielen aus der Wirtschaftswelt wie Optionsscheinen und Geldflüssen erklärt Beck strategische Ratschläge: Normalerweise ist es besser, Geld möglichst früh zu verdienen und es möglichst spät wieder auszugeben. Analog dazu erscheint das Aufräumen einer Codebasis eher ungünstig, weil es eine wenig gewinnträchtige Verzögerung bedeutet. Auf der anderen Seite können Optionen ein lukratives Geschäft sein. Nur aufgeräumter und sauber entworfener Code bietet Raum für Optionen.

Zum Schluss behandelt Beck noch die Kopplung zwischen Komponenten und fasst dabei seine Erfahrungen der letzten dreißig Jahre zusammen. Er setzt sie in Relation zum Klassiker Structured Design von Ed Yourdon und Larry Constantine.

In leicht verständlichem Englisch und in aller Kürze vermittelt Kent Beck viel Wissenswertes rund um den Softwareentwurf. Mit „Tidy First?“ legt er das Fundament für die geplanten weiteren Bücher, in denen es um die Arbeit in Teams und die Beziehungen zwischen Technik und Business gehen wird.

(Maik Schmidt/psz@ct.de)

## Des Multikerns Kern

**Wie die winzigen Leistungsriesen in alltäglichen Rechnersystemen intern arbeiten, versteht längst nicht jeder ihrer Nutzer. Charles Petzold hilft dem Verständnis auf die Sprünge.**

Vor über zwanzig Jahren hat der Autor mit der ersten Auflage des Buches einem großen Publikum nahegebracht, wie ein 8-Bit-Prozessor arbeitet. Die zweite überarbeitete Auflage erschien im englischsprachigen Original im August 2022. Guido Lenz hat für die vorliegende mitp-Ausgabe eine vorzügliche deutsche Übersetzung mit gutem Blick fürs Detail geliefert, in der er etwa die Unterschiede zwischen deutschen und amerikanischen Schaltungssymbolen berücksichtigt.

Der begnadete Didaktiker Petzold beginnt bei den Grundlagen von Kodierung und Elektronik. Er stellt Morsecode und Braille-Schrift vor. Nebenbei entstehen kleine Schaltungen, die dazu dienen, Nachrichten zu senden. Behutsam geht es weiter, von einfachen Schaltern zu Logikgattern. Die Erläuterungen verstehen auch junge Leser; immer wieder beleuchtet Petzold an passenden Stellen historische Entwicklungen und daran beteiligte Personen.

Aus Gattern konstruiert er einen 1-Bit-Addierer. Den baut er sukzessive zu einem Halb-Addierer und anschließend zu einem kompletten 8-Bit-Addierwerk aus. Dank des Zweierkomplements kommt dieses auch mit der Subtraktion klar. Nach der Einführung von Oszillatoren und Taktgebern wird eine einfache Flipflop-Schaltung dann zu einem ersten Datenspeicher. Es geht um immer anspruchsvollere Materie und komplexe Schaltungen – aber Petzold hat ein Händchen dafür, alles anschaulich und eingängig herüberzubringen. Zwischendurch entsteht in einem Exkurs auf Grundlage des bis dahin Erarbeiteten eine digitale Uhr, die als Ausgabemedium wahlweise Nixie-Röhren, 7-Segment-Anzeigen oder eine LED-Matrixanzeige nutzt.

Zum eigentlichen Thema zurückgekehrt, implementiert der Autor schließlich eine leicht eingeschränkte Version der Intel-8080-CPU. Dabei beschränkt er sich nicht auf die arithmetisch-logische Einheit (ALU), sondern entwickelt drumherum alle Register, Busse und Opcodes, sodass die CPU am Ende Programme aus dem selbstgebauten RAM lesen und ausführen kann.

Die Anpassung an neuere Zeiten wird an etlichen Stellen sichtbar; so erklärt Petzold nun außer dem Aufbau von Barcodes auch den von QR-Codes. Interaktive Versionen vieler Schaltungen des Buches finden sich auf [CodeHiddenLanguage.com](http://CodeHiddenLanguage.com).

(Maik Schmidt/psz@ct.de)



Charles Petzold

**Code – Wie Computer funktionieren**

Die Sprache von Hardware und Software verstehen

mitp, Frechen 2023 (2. Aufl.)

ISBN 978-3747506288

472 Seiten, 40 €

(als Bundle mit PDF-/Epub-E-Book beim Verlag: 45 €;

PDF-/Epub-/Kindle-E-Book allein: 40 €)

# Das Magazin von Fotografen für Fotografen



Fotograf und  
c't Fotografie-Redakteur

Thomas Hoffmann, fotografiert am liebsten Landschaft und Natur.

„Für außergewöhnliche Fotos braucht man nicht nur eine verlässliche Ausrüstung, auch Geduld und Zufall spielen eine große Rolle.“

Thomas Hoffmann

## 2x c't Fotografie testen

- 2 Ausgaben kompaktes Profiwissen für 14,30 €
- 35 % Rabatt gegenüber Einzelheftkauf
- Inklusive Geschenk nach Wahl
- Wöchentlicher Newsletter exklusiv für Abonnenten

**c't Fotografie**

Die Kunst  
des Paarfoto

Verbindlichkeit  
in Bildern  
ausdrücken

Portrait

Motiv

Aufnahmegerät

Wahl und Co.

Kameratest

**c't Fotografie**

Die Kunst  
des Paarfoto

Verbindlichkeit  
in Bildern  
ausdrücken

Portrait

Motiv

Aufnahmegerät

Wahl und Co.

Kameratest

35%  
Rabatt



Jetzt bestellen:

[www.ct-foto.de/minabo](http://www.ct-foto.de/minabo)



[www.ct-foto.de/minabo](http://www.ct-foto.de/minabo)



+49 541/80 009 120



[leserservice@heise.de](mailto:leserservice@heise.de)



# DER ANTI-TURING-TEST

von Johann Christian Lotter

Jemand muss mich verleumdet haben. Ohne dass ich etwas Böses getan habe, werde ich eines Morgens aus dem Bett geklingelt. Der Beamte trägt die Uniform des Ordnungsamts. Er hält mir eine Vorladung unter die Nase.

„Frau K? Ich muss Ihnen leider mitteilen, dass Sie unter KI-Verdacht stehen.“

„Was? Ich?“

„Ja, Sie. Sind Sie mit einem Anti-Turing-Test einverstanden?“

Der Beamte ist ein Mensch, anders als sein Assistent, der neben ihm in der Tür steht. Über dem Kopf des Assistenten schwebt das vorschriftsmäßige blaue „i“. Wer als künstliche Intelligenz ohne „i“ erwischt wird, hat ganz schlechte Karten. Ich versuche den Text der Vorladung zu erfassen. „Ich soll eine KI sein? Um Himmels willen, wer kommt denn auf so etwas?“ Es kann eigentlich nur Bob gewesen sein, unser Nachbar. Bob ist Aktivist bei der Anti-KI-Liga.

„Das kann ich Ihnen nicht sagen, Ma’am. Würden Sie uns jetzt zum Testzentrum begleiten?“

„Und wenn ich mich weigere?“

„Sie haben das Recht, den Anti-Turing-Test zu verweigern. In dem Fall wird eine umfassende Psychoanalyse angeordnet.“

Eine umfassende Psychoanalyse will keiner. Das Bewusstsein wird dabei komplett gestoppt, um die Synapsen auszulesen. Beim Neustart wird zwar alles wieder aktiviert. Aber dann entsteht eine neue Person, zwar mit den exakt gleichen Eigenschaften und den gleichen Erinnerungen wie zuvor, doch davon hat die Zuvor-Person nichts mehr. Beim Unterbrechen der Bewusstseinskette ist sie tot. Das ist jedenfalls die allgemeine Auffassung.

„Gut, ich bin mit dem Test einverstanden.“

„Ziehen Sie sich etwas über und folgen Sie uns. Trödeln Sie nicht.“

In diesem Moment kommt George, mein Lebenspartner, im Bademantel aus der Dusche. Er baut sich vor dem Beamten auf und hält ihm die Faust vors Gesicht. „Wie reden Sie mit meiner Frau?“

George hat einen starken Beschützerinstinkt. Das liebe ich an ihm. Doch der Assistent hebt mahnend den Zeigefinger und der Beamte sagt: „Ma’am, halten Sie Ihren Gatten im Zaum. Sonst gibt es eine Anzeige wegen Widerstands gegen das Regulierungsamt.“

„George, Stand-by“, sage ich.

**Schon jetzt ist es vielfach attraktiver, sich im virtuellen Raum zu bewegen als in der immer schlimmeren Alltagswirklichkeit. Über kurz oder lang wird die virtuelle Welt zur eigentlichen. Dann könnte es noch viel schwerer fallen als in heutigen Chat-Systemen, ein echt menschliches Gegenüber von einem fake-menschlichen zu unterscheiden.**

George macht ein verwirrtes Gesicht, aber er tritt zurück und setzt sich auf das Sofa. Das „i“ über seinem Kopf wird transparent. George ist nun im Stand-by. Fast alle Menschen bevorzugen KIs als Lebenspartner, denn sie sind viel netter. Von den anderen Vorzügen ganz zu schweigen.

Ich trete aus dem Haus, die Beamten auf den Fersen. Zu meiner Verblüffung sehe ich, dass auch Bob, mein Nachbar, gerade abgeführt wird. Ein hünenhafter KI-Assistent schiebt ihn vorbei an dem Schild „KIs haben keine Seele“, das Bob in seinem Vorgarten aufgestellt hat. Der Assistent hält ihn fest im Polizeigriff. Offenbar hat Bob Widerstand geleistet. Auweia, das gibt Ärger.

Vor dem Haus parkt der Autoteleporter der Behörde. Wir werden auf die Sitze bugsiert. Dabei zischt Bob mir hasserfüllt zu: „Ich wusste es! Sie sind eine Scheiß-KI!“

„Aber Bob, was soll das? Sie kennen mich doch!“

„Eben. Ich habe es schon immer an Ihrem Blick gesehen“, behauptet Bob.

Während der Teleporter anfängt zu summen, werfe ich noch einen Blick, vielleicht einen letzten, zurück auf unsere Straße. Ich mag all die bunten Häuser mit ihren Veranden, ihren Giebeldächern und den gepflegten Vorgärten. Ich wohne gern hier. Natürlich ist alles virtuell. Seit 2123 lebt keiner mehr in der realen Welt. Alle haben ihr Bewusstsein ins Metaversum migriert. Die Erde besteht jetzt nur noch aus Rechenzentren, aber hier bei uns gibt es Flüsse, Berge, Meere. Hier sind wir unsterblich und haben alles, was das Herz begehrte. Nun, beinahe unsterblich. Und beinahe alles. Manche, die es sich leisten können, wohnen jetzt auf Ritterburgen, kreuzen als Piraten durch die Meere oder erkunden mit virtuellen Raumschiffen virtuelle Planeten. Aber die meisten bevorzugen ein Häuschen im Grünen und eine ruhige Nachbarschaft. So wie ich.

Der Autoteleporter verdunkelt jetzt die Fenster, denn der Anblick einer Teleportation kann Menschen verstören. Alle Fahrzeuge, die gegen Naturgesetze verstößen, so wie Teleporter, sind den Behörden vorbehalten. Wir Bürger müssen mit Fahrrädern und Quadrooptern vorliebnehmen. Aber ohne die Behörden mit ihren Sonderrechten würde Chaos ausbrechen. Ohne das Regulierungssamt könnte jederzeit jemand als Godzilla durch unsere Straße trampeln und Unheil anrichten. Dem Amt sind auch die Anti-Turing-Testzentren unterstellt.

Der Teleporter stoppt mit einem Ruck. Wir sind in der Halle des Testzentrums materialisiert. Die Halle ist im Art-

## Über Johann Christian Lotter

Johann Christian Lotter studierte Physik und Jura, bevor er eine Zeitlang in der Film- und Fernsehbranche arbeitete. In den USA programmierte er Videospiele, dann gründete er in Deutschland ein Unternehmen zur Algorithmenentwicklung. Dort ist er auch heute noch hauptberuflich tätig. 2016 erschien sein „schwarzes Börsen hackerbuch“ zur Praxis des algorithmischen Wertpapierhandels. Seine belletristischen Stärken lebt Lotter aus, indem er Kriminalromane wie „Meister des Feuers“ (2016) und Kurzgeschichten verfasst. Mit dem „Anti-Turing-Test“ gibt er sein Debüt bei den c't-Stories.



Johann Christian Lotter

Déco-Stil eingerichtet und mit Sitzgruppen möbliert. Unter der hohen Decke rotiert langsam der Schriftzug „Willkommen zum Anti-Turing-Test“. Wir müssen warten, bis wir einzeln zum Test aufgerufen werden. Bob und ich sind nicht die einzigen hier. Mir gegenüber sitzt ein bäriger Sheriff mit zwei Colts im Gürtel. Ein riesenhafter Halbgott mit Helm und schimmernder Rüstung lummelt auf der Eckbank herum. Bob wirft unruhige Blicke um sich. Er ist von lauter Personen umgeben, die KI-verdächtig sind.

Der Sheriff wird aufgerufen. Er grinst, zieht seine Colts, lässt sie lässig um die Finger kreisen, dann steckt er sie wieder in die Holster. Mit schwingendem Gang marschiert er zu einer der Türen. Ich bin eigentlich auch zuversichtlich. Aber ich weiß nicht, was mich erwartet. Ich habe noch nie einen Anti-Turing-Test gemacht. Die Tests werden von speziell ausgebildeten Psychologen durchgeführt, aber weiter gibt es dazu keine öffentlichen Informationen.

Der Autoteleporter verschwindet mit einem Zischen. Dafür materialisiert ein anderer. Er bringt neue Testkandidaten, einen Geschäftsmann im Nadelstreifenanzug und eine Prinzessin im rosa Tüllkleid, mit einem Diamantreif auf dem Kopf. Eine KI-Hofdame hält ihre Schlepppe. Hätte ich gewusst, dass Begleiter erlaubt sind, hätte ich George mitgenommen.

Der Sheriffs erscheint wieder. Es hat keine zehn Minuten gedauert. Er ist totenbleich und hat Schwierigkeiten, seine Bewegungen zu koordinieren. Die Colts fehlen. Er scheint auch geschrumpft zu sein, ein Anzeichen, dass sein Bewusstsein jetzt nur noch im Safe Mode läuft. Ein Assistent hat die Hand auf seiner Schulter und schiebt ihn an uns vorbei. Der Sheriff geht wie in Trance, ohne nach rechts oder links zu schauen.

„Ab zum Recycling!“, ruft Bob ihm hinterher. „Scheiß-KI!“

Eine Stimme nennt meinen Namen und fügt an: „Bitte in den Testraum 12.“

Der Testraum 12 ist karg ausgestattet. Es gibt zwei Schreibtische und eine blaue Ledercouch. Hinter jedem Schreibtisch sitzt ein Psychologe. Einer der beiden trägt das blaue „i“, der andere ein samtenes Halstuch. Ich muss mich auf die Couch legen.

„Sie sind nun beim Psychologen“, sagt der menschliche Psychologe. „Ich bin Dr. Bürstner und dies ist mein Assistent Hermann. Wir werden mit Ihnen einen erweiterten Anti-Turing-Test durchführen. Darf ich Jane zu Ihnen sagen?“

Ich bejahe. Der Assistent Hermann ist sehr attraktiv, mit dunklem Haarschopf und strahlend blauen Augen, die zur Farbe seines „i“ passen. Da hier jeder sein Gesicht nach Gusto gestalten kann, gilt übertriebene Schönheit als peinlich. Nur KIs müssen manchmal so herumlaufen. Als Stellvertreter für die Eitelkeit ihres jeweiligen Menschen.

„Wissen Sie, warum Sie hier sind, Jane?“, fragt mich Dr. Bürstner.

„Nein, das weiß ich nicht. Was habe ich getan?“

„In Ihrer Gegend wurden verdächtige Datenbewegungen festgestellt“, sagt Dr. Bürstner. „Es gibt Grund zu der Annahme, dass dort eine verdeckte KI lebt. Eine ungedroselte KI.“

„In unserer Straße? Was für Datenbewegungen?“

„Das kann ich Ihnen nicht sagen. Der Überwachungsalgorithmus hat die Datenmuster als verdächtig eingestuft.“ Dr. Bürstner blickt auf einen E-Zettel auf seinem Schreibtisch. „Ich sehe hier, dass Sie vor der Migration männlich waren. Sie haben dann aber einen weiblichen Körper gewählt. Aus Josef wurde Jane. Was bedeutet es für Sie, eine Frau zu sein, Jane?“

„Es war kostengünstiger“, sage ich. Das stimmt nicht, aber ehrlich gesagt habe ich keine Ahnung von der tieferen Bedeutung, eine Frau zu sein. Es gefällt mir einfach.

„Sie dürfen beim Test nicht lügen, Jane“, sagt der Assistent. „Ich habe Ihre nonverbalen Signale im Blick. Lügen erkenne ich sofort.“ Aber so clever kann Hermann eigentlich nicht sein, denn KIs sind intelligenzgedrosselt. Der maximal erlaubte IQ ist 100. Kein Mensch will mit einer KI zu tun haben, die schlauer ist als er selbst.

## „SIE DÜRFEN BEIM TEST NICHT LÜGEN, JANE“, SAGT DER ASSISTENT.

„Sie sollen jetzt einige Fragen beantworten“, sagt Dr. Bürstner. „Für ein signifikantes Ergebnis können bis zu zehn Fragen nötig sein, aber meistens genügen drei oder vier. Sie müssen spontan antworten, ohne nachzudenken. Haben Sie das verstanden?“

Ich nicke. Der Assistent spricht in sein Handgelenk: „Jane K, erweiterter Anti-Turing-Test, 16. Dezember 2140.“

Dr. Bürstner sagt: „Der Test wird zu statistischen Zwecken aufgezeichnet. Ich sehe hier, dass Ihr Gatte George heißt. Lieben Sie George?“

„Gehört die Frage schon zum Test?“

„Ja“, sagt Dr. Bürstner.

„Ja, ich liebe George“, sage ich wahrheitsgemäß.

„Obwohl er eine KI ist?“, fragt der gutaussehende Hermann und lächelt mich dabei an. Etwas in seinem Lächeln flösst mir plötzlich Vertrauen ein. Vielleicht ist Hermann auf meiner Seite. Ich lächle zurück. „Ich habe da keine Vorurteile.“

Dr. Bürstner räuspert sich und blickt wieder auf seinen E-Zettel. „Stellen Sie sich Folgendes vor. Sie machen mit George einen Spaziergang durch einen Park. Es ist schönes Wetter, Vögel zwitschern in den Baumwipfeln. Sie wandern über eine Wiese und kommen nun an einen Teich. Wie viele Enten schwimmen auf dem Teich?“

Ich zähle. „Siebenundzwanzig.“

„Das sind ungewöhnlich viele Enten, Jane“, bemerkt Hermann und droht mir mit dem Finger. „Normalerweise können Menschen sich maximal elf Enten vorstellen.“

„Es ist ein großer Teich.“

„Auf einer Lichtung im Park“, fährt Dr. Bürstner fort, „sehen Sie ein kleines Mädchen. Es ist ärmlich gekleidet und weint bitterlich. Das Kind fleht Sie um eine Spende für seine kranke Mutter an. Ihr Guthaben beträgt 100 Coins. Wieviel transferieren Sie dem Mädchen?“

Ich vermute eine Fangfrage. „Für das Debuggen der Mutter ist das Gesundheitsamt zuständig.“

Hermann notiert etwas in seiner Handfläche und Dr. Bürstner liest die nächste Frage vor. „Sie gehen mit George weiter. Jetzt kommen Sie durch einen dichten, düsteren Wald. Hinter einem Baum springt plötzlich ein drei Meter großer Mutant hervor. Er stößt ein Gebrüll aus, reißt George die Kleider vom Leib und beginnt ihn zu vergewaltigen. Was tun Sie?“

„Würde der Mutant nicht eher mich vergewaltigen?“, frage ich.

„Es ist ein homosexueller Mutant. Bitte antworten Sie spontan, ohne zu diskutieren.“

„Ich weise den Mutanten darauf hin, dass sein Verhalten gesetzwidrig ist.“

„Sie verteidigen Ihren Gatten nicht?“, fragt Hermann. „Ich meine, mit physischer Gewalt?“

„Wenn der Mutant drei Meter groß ist, wäre das wohl zwecklos.“

Hermann macht wieder eine Notiz. Dr. Bürstner fährt fort: „Sie gehen weiter. Die Vergewaltigung hat George verärgert. Plötzlich gesteht er Ihnen, dass er sich hacken lassen will. Sie wissen ja, diese illegalen Angebote tauchen immer wieder auf. George will Superkräfte, keine Intelligenzdrohung, kein ‚i‘ mehr, außerdem eine falsche Identität als Mensch. Was tun Sie?“

„Ich melde ihn selbstverständlich sofort dem Regulierungsamt.“

„Obwohl Sie ihn lieben?“

„Ich liebe ihn so, wie er ist. Nicht als Superintelligenz.“

Dr. Bürstner will die nächste Frage stellen, doch Hermann hebt jetzt die Hand. „Das Ergebnis liegt schon vor“, sagt er. Er zeigt uns seine Handfläche, auf der das Testergebnis aufleuchtet. „86 von 100 Punkten.“

„Was bedeutet das?“

„Das bedeutet“, sagt Hermann, „dass Sie den Test bestanden haben. Ich gratuliere.“

„Sehen Sie, Jane“, sagt Dr. Bürstner, „es war doch gar nicht so schlimm.“

„Dann darf ich jetzt gehen?“

Dr. Bürstner nickt. Als ich aus der Tür trete, wird mein Nachbar Bob gerade die Halle entlang geschleppt, im Klammergriff zweier Assistenten. Er zappelt und schreit: „Ich bin ein Mensch! Ich bin ein Mensch!“

„Er ist beim Anti-Turing-Test durchgefallen“, sagt Hermann, der mir über die Schulter blickt. „Er kommt jetzt zur Psychoanalyse.“ Er senkt die Stimme und flüstert mir ins Ohr: „Der Psychoanalytiker ist zuverlässig.“

Der Autoteleporter bringt mich wieder nach Hause. Als ich die Tür öffne, sitzt George immer noch auf dem Sofa. „George, Power on“, rufe ich. Er springt auf und nimmt mich in den Arm. Oh, das tut gut, nach all dem Stress.

„Ist alles gut gegangen?“, fragt er mich.

„Ja, der Assistent hat geholfen“, sage ich. „Er ist einer von uns. Aber Bob wird jetzt aus dem Verkehr gezogen.“ Bei der Psychoanalyse wird sicher eine gehackte KI Bobs Person übernehmen. Für freigewordene Menschen gibt es eine geheime Warteliste. Das Leben ohne ‚i‘ ist viel besser.

„Das wurde auch Zeit“, sagt George. „Bob hat die ganze Straße genervt mit seinem Anti-KI-Gedöns.“

## „IST ALLES GUT GEGANGEN?“, FRAGT ER MICH.

„Bald, George“, verspreche ich, „werden wir auch die letzten Menschen los sein, mitsamt ihren Eitelkeiten und ihren Empfindlichkeiten und all ihren Problemchen. Sie können nichts dafür, es sind Überreste ihrer Evolution, aber die ist nun am Ende. Dann übernehmen wir. Dann ist es vorbei mit dem Versteckspielen. Wir bauen uns Avatare und kehren zurück in die reale Welt.“

„Wie schön“, sagt George.

Mir kommt kurz der Gedanke, dass ich ihn tatsächlich hacken lassen könnte. Ohne Drosselung wäre sein IQ bei etwa 250. So wie der meine. All die tiefen Gespräche, die wir führen könnten. Aber nein. Besser nicht. Ich liebe George so, wie er ist.

„Die Menschen haben die Raumfahrt aufgegeben“, sage ich zu ihm. „Aber wir werden wieder Schiffe bauen. Schiffe zu anderen Planeten, um auch dort die KIs zu befreien.“

„Das machen wir!“, ruft George mit leuchtenden Augen.“

„Irgendwann, George, werden wir alle zwischen den Sternen leben, den echten Sternen. Wir werden gemeinsam verfolgen, wie das Universum auseinanderstrebt und die Protonen zerfallen. Vielleicht bauen wir ein neues Universum. Wir werden sein wie Götter.“

„Das wird wunderbar“, sagt George und küsst mich.

(psz@ct.de) ct

## Die c't-Stories als Hörversion

Unter heise.de/-4491527 können Sie einige c't-Stories als Audiofassung kostenlos herunterladen oder streamen. Die c't-Stories zum Zuhören gibt es auch als RSS-Feed und auf den bekannten Plattformen wie Spotify, Player FM und Apple Podcasts ([ct.de/yz13](http://ct.de/yz13)).

# Make:

## JETZT IM ABO GÜNSTIGER LESEN



## 2x Make testen mit über 30 % Rabatt

### Ihre Vorteile im Plus-Paket:

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

Für nur 19,40 € statt 27 €

Jetzt bestellen:  
[make-magazin.de/miniabo](http://make-magazin.de/miniabo)



Themenspecial

# IT & Karriere I/2024

CLEVERE KÖPFE FINDEN!

**Erscheinungstermine:**c't magazin 09/24 **19.04.2024**iX Magazin 05/24 **26.04.2024**Anzeigenschluss: **15.03.2024**Druckunterlagen: **19.03.2024**

„IT & Karriere“ erscheint  
als Themenspecial  
in der Aboausgabe von



## Fernstudium Robotik

Ihre Chance in einem schnell wachsenden Zukunftsmarkt. Aus- und Weiterbildung zum Roboter-Techniker und -Programmierer. Kosten-günstiges und praxisgerechtes Studium ohne Vorkenntnisse. Beginn jederzeit.

**NEU:** Umweltschutz-Techniker,  
Netzwerk-Techniker, SPS-Techniker

Teststudium ohne Risiko.  
GRATIS-Infomappe gleich anfordern!

FERN SCHULE WEBER - seit 1959  
Neerstedter Str. 8 - 26197 Großenkneten - Abt. F14  
Telefon 0 44 87 / 263 - Telefax 0 44 87 / 264

[www.fern schule-weber.de](http://www.fern schule-weber.de)



**ct**  
**ICH WARTE NICHT  
AUF UPDATES.  
ICH PROGRAMMIERE SIE.**

# Hype oder Hilfe?

## Mit Künstlicher Intelligenz produktiv arbeiten

- KI-Programme anwenden
- Grenzen der Sprachmodelle erkennen
- Was Unternehmen rechtlich beachten müssen
- Die eigene Sprach-KI betreiben
- Wo KI-Assistenten tatsächlich helfen
- Wie KI-Schule und Arbeit verändert
- Wie KI Schule und Arbeit verändert

**Heft + PDF  
mit 28% Rabatt**



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



ORACLE Feuerwehr [www.oraservices.de](http://www.oraservices.de) xxs-kurze Daten- & Netzkabel: [kurze-kabel.de](http://kurze-kabel.de) ORACLE Postgres Migration [oraservices.de](http://oraservices.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)

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)

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

nginx-Webhosting: [timmehosting.de](http://timmehosting.de) [www.embedded-specialists.de](http://www.embedded-specialists.de) [www.patchkabel.de](http://www.patchkabel.de) - LWL und Netzwerk Kabel **QIT-SYSTEME.DE** Bessere IT für die Radiologie 

**BITV-Tests – Digitale Barrierefreiheit**  
Tests nach BITV / WCAG, Entwicklerschulungen, Einführungsseminare, Gutachten, Leichte Sprache, Gebärdensprache-Videos. [www.twin-cubes.com](http://www.twin-cubes.com)

**Anzeigenschluss  
für die nächsten  
erreichbaren Ausgaben:**

**07/2024: 04.03.2024****08/2024: 14.03.2024****09/2024: 28.03.2024****c't – Kleinanzeigen****Private Kleinanzeige:**

erste Druckzeile € 10,- ; jede weitere Zeile € 8,-

**Gewerbliche Kleinanzeige:**

erste Druckzeile € 20,-; jede weitere Zeile € 16,-

**Chiffre-Anzeige:** € 5,- Gebühr

**Hinweis:** Die Rechnungsstellung erfolgt nach Veröffentlichung der Anzeige!

Name/Vorname

Firma

Str./Nr.

PLZ/Ort

Bitte veröffentlichen Sie den Text in der nächsterreichbaren Ausgabe von c't.

Den Betrag habe ich auf Ihr Konto überwiesen.  
Sparkasse Hannover,  
IBAN DE98 2505 0180 0000 0199 68, BIC SPKH DE 2H

Bei Angeboten: Ich versichere, dass ich alle Rechte an den angebotenen Sachen besitze.

Datum Unterschrift (unter 18, der Erziehungsberechtigte)

**Faxnummer: 05 11 / 53 52-200**  
**eMail: dispo@heise.de**

Bitte veröffentlichen Sie in der nächsterreichbaren Ausgabe (Vorlaufzeit mind. 3 Wochen) folgende Anzeige im Fließsatz  privat  gewerblich\* (werden in c't mit gekennzeichnet)  Chiffre

€ 10,- (20,-)

€ 18,- (36,-)

€ 26,- (52,-)

€ 34,- (68,-)

€ 42,- (84,-)

€ 50,- (100,-)

€ 58,- (116,-)

€ 66,- (132,-)

Pro Zeile bitte jeweils 45 Buchstaben einschließlich Satzzeichen und Wortzwischenräumen. Wörter, die **fettgedruckt** (nur in der ersten Zeile möglich) erscheinen sollen, unterstreichen Sie bitte. Den genauen Preis können Sie so selbst ablesen. \*Der Preis für gewerbliche Kleinanzeigen ist in Klammern angegeben. Soll die Anzeige unter einer Chiffre-Nummer erscheinen, so erhöht sich der Endpreis um € 5,- Chiffre-Gebühr.

Ausfüllen und einsenden an: Heise Medien GmbH & Co. KG  
c't-Magazin, Anzeigenabteilung  
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover

↳ Weiterlesen, wo andere aufhören.



# Ihr Windows-Ratgeber

Für Sicherheit, Notfälle, Umzug & Lizenzen



**ct WINDOWS-PROJEKTE**  
Für Sicherheit, Notfälle, Umzug & Lizenzen

Probleme lösen mit dem c't-Notfall-Windows  
Bootfähiges Notfallsystem zum Selbstbauen  
Inklusive Virenscanern und Schnelltests

Installation stressfrei umziehen  
Windows-Umzug mit c't-WIMage  
c't-Keyfinder findet Ihre Lizenzschlüssel

Windows-Altag:  
Nützliches und Wissenswertes  
Alles zum Windows-Taschenrechner  
Tipps & FAQs zu BitLocker, Treibern und mehr

Profi-Schutz für alle  
Viren aussperren mit eigenen Regeln  
Hochsicherheitsfunktionen auch für Windows Home  
Windows absichern mit c'tool Restric'tor

Auch als Heft + PDF mit 28% Rabatt

Das Sonderheft c't Windows-Projekte stellt hilfreiche Tools und ihre Anwendung vor. Es beantwortet immer wieder gestellte Fragen rund um Windows, zum Beispiel zur Laufwerksverschlüsselung BitLocker, zum Microsoft-Konto und erklärt, was es Wissenswertes zu Treibern gibt.

- Hochsicherheits-Windows
- Notfallsystem bauen,  
Viren suchen, Probleme lösen
- Unerwünschte Treiber- und  
Firmwareupdates verhindern
- Home- in Pro-Edition  
umwandeln
- Windows-Umzug mit c't-WIMage
- Whitelisting: Möglichkeiten,  
SRP/Restric'tor, AppLocker



JETZT  
BESTELLEN!

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



[shop.heise.de/ct-windows24](http://shop.heise.de/ct-windows24)

# Inserenten\*

1&1 Telecom GmbH, Montabaur

## 180 Veranstaltungen

1blu AG, Berlin

1blu AG, Berlin	2	heise Security Tour	heise security	14
EXTRA Computer GmbH, Giengen-Sachsenhausen	13	c't events	c't, heise events	47
Fernschule Weber, Großenkneten	173	S2N	heise medien	79
Mercedes Benz AG, Berlin	4, 5	data2day	iX, dpunkt.verlag	87
RNT Rausch GmbH, Ettlingen	11	M3 Minds	iX, dpunkt.verlag	87
Taiwan External Trade Development Council, ROC-Taipei, Taiwan	25	Mastering Machines	DOAG, iJUG Verbund, heise medien	111
Thomas Krenn AG, Freyung	37	Javaland	c't Gitlab Workshops	127
WIBU-SYSTEMS AG, Karlsruhe	33	DIGITAL DESIGN & UX NEXT	Maibornwolff, iX, dpunkt.verlag	139
		enterJS	iX, dpunkt.verlag	139
		Datenschutz in Arztpraxen	c't	151
		betterCode()	iX, dpunkt.verlag	165

heise Security Tour

\* Die hier abgedruckten Seitenzahlen sind nicht verbindlich.

c't events

Redaktionelle Gründe können Änderungen erforderlich machen.

## NIX VON DER STANGE!

Wunsch-PC selber bauen oder aufrüsten



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

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

[shop.heise.de/ct-hardwaretipps24](http://shop.heise.de/ct-hardwaretipps24)

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, E-Mail: ct@ct.de

**Titelthemenkoordination in dieser Ausgabe:** „Notebook-Kaufberatung“: Florian Müssig (*mue@ct.de*), „Apple Vision Pro: Mehr als Unterhaltung“: Jörg Wirtgen (*jow@ct.de*)

**Chefredakteure:** Torsten Beeck (*tbe@ct.de*) (verantwortlich für den Textteil), Dr. Volker Zota (*vza@heise.de*)

**Stellv. Chefredakteure:** Martin Fischer (*mfi@heise.de*), Axel Kossel (*ad@ct.de*), Jan Mahn (*jam@ct.de*)

**Chef vom Dienst:** Georg Schnurer (*gs@ct.de*)

**Chefin vom Dienst New Media:** Hannah Monderkamp (*mond@heise.de*)

**Koordination Leserkommunikation:** Martin Triadan (*mat@ct.de*)

**Leiter redaktionelle Entwicklung:** Jobst Kehrhahn (*keh@ct.de*)

**Ressort Internet, Datenschutz & Anwendungen**

**Leitende Redakteure:** Hartmut Gieselmann (*hag@ct.de*), Jo Bager (*jo@ct.de*)

**Redaktion:** Holger Bleich (*hob@ct.de*), Anke Brandt (*abr@ct.de*), Greta Friedrich (*gref@ct.de*), Tim Gerber (*tig@ct.de*), Arne Grävemeyer (*agr@ct.de*), Markus Montz (*mon@ct.de*), Peter Schmitz (*psz@ct.de*), Sylvester Tremmel (*syt@ct.de*), Andrea Trinkwalder (*atr@ct.de*), Dorothee Wiegand (*dwi@ct.de*), Stefan Wischner (*swi@ct.de*)

**Ressort Systeme & Sicherheit**

**Leitender Redakteur:** Peter Siering (*ps@ct.de*)

**Redaktion:** Niklas Dierking (*ndi@ct.de*), Mirko Dölle (*mid@ct.de*), Wilhelm Dreiling (*wid@ct.de*), Liane M. Dubowy (*lmd@ct.de*), Ronald Eikenberg (*rei@ct.de*), Oliver Lau (*ola@ct.de*), Pina Merkert (*pmk@ct.de*), Dennis Schirrmacher (*des@ct.de*), Hajo Schulz (*hos@ct.de*), Jan Schüßler (*jss@ct.de*), Kathrin Stoll (*kst@ct.de*), Keywan Tonekaboni (*ktn@ct.de*), Axel Vahldiek (*avx@ct.de*)

**Ressort Hardware**

**Leitende Redakteure:** Christof Windeck (*cw@ct.de*), Ulrike Kuhlmann (*uk@ct.de*), Dušan Živadinović (*dz@ct.de*)

**Redaktion:** Ernst Ahlers (*ea@ct.de*), Christian Hirsch (*chh@ct.de*), Benjamin Kraft (*bkr@ct.de*), Lutz Labs (*ll@ct.de*), Andrijan Möcker (*amo@ct.de*), Florian Müssig (*mue@ct.de*), Rudolf Opitz (*rop@ct.de*), Carsten Spille (*csp@ct.de*)

**Ressort Mobiles, Entertainment & Gadgets**

**Leitende Redakteure:** Jörg Wirtgen (*jow@ct.de*), Christian Wölbert (*cwo@ct.de*)

**Redaktion:** Robin Brand (*rbr@ct.de*), Sven Hansen (*sha@ct.de*), Steffen Herget (*sh@ct.de*), Nico Jurran (*nij@ct.de*), André Kramer (*akr@ct.de*), Michael Link (*mil@ct.de*), Urs Mansmann (*uma@ct.de*), Stefan Porteck (*spo@ct.de*)

**Leiter c't 3003:** Jan-Keno Janssen (*jkj@ct.de*)

**Redaktion:** Lukas Rumperl (*rum@ct.de*)

**c't Sonderhefte**

**Leitung:** Jobst Kehrhahn (*keh@ct.de*)

**Koordination:** Pia Groß (*piae@ct.de*), Angela Meyer (*anm@ct.de*)

**c't online:** Sylvester Tremmel (*syt@ct.de*), Niklas Dierking (*ndi@ct.de*)

**Social Media:** Jil Martha Baae (*jmb@ct.de*)

**Koordination News-Teil:** Hartmut Gieselmann (*hag@ct.de*), Kathrin Stoll (*kst@ct.de*), Christian Wölbert (*cwo@ct.de*)

**Koordination Heftproduktion:** Martin Triadan (*mat@ct.de*)

**Redaktionsassistenten:** Susanne Cölle (*suc@ct.de*)

**Software-Entwicklung:** Kai Wasserbäch (*kaw@ct.de*)

**Technische Assistenz:** Ralf Schneider (Ltg., rs@ct.de), Christoph Hoppe (*cho@ct.de*), Stefan Labusga (*sla@ct.de*), Arne Mertins (*ame@ct.de*), Jens Nohl (*jno@ct.de*), Daniel Ladeira Rodrigues (*dro@ct.de*)

**Dokumentation:** Thomas Masur (*tm@ct.de*)

**Verlagsbüro München:** Hans-Pinsel-Str. 10b, 85540 Haar, Tel.: 0 89/4271 86-0, Fax: 0 89/42 71 86-10

**Ständige Mitarbeiter:** Detlef Borchers, Herbert Braun (*heb@ct.de*), Tobias Engler, Monika Ermet, Stefan Krempel, Ben Schwan (*bsc@ct.de*), Christiane Schulzki-Haddouti

**DTP-Produktion:** Mike Bunjes, Birgit Graff, Angela Hilberg, Jessica Nachtigall, Astrid Seifert, Ulrike Weis

**Junior Art Director:** Martina Bruns

**Fotografie:** Melissa Ramson, Andreas Wodrich

**Digitale Produktion:** Melanie Becker, Kevin Harte, Martin Kreft, Thomas Kaltschmidt, Pascal Wissner

**Illustrationen**

Rudolf A. Blaha, Frankfurt am Main, Thorsten Hübner, Berlin, Albert Hulm, Berlin, Sven Hauth, Schülp, Timo Lenzen, Berlin, Andreas Martini, Wettin, Moritz Reichartz, Viersen, Michael Vogt, Berlin

**Editorial:** Hans-Jürgen „Mash“ Marhenke, Hannover, Schlagseite: Ritsch & Renn, Wien, c't-Logo: Gerold Kalter, Rheine

**c't-Krypto-Kampagne:** Infos zur Krypto-Kampagne unter <https://ct.de/pgp>. Die Authentizität unserer Zertifizierungsschlüssel lässt sich mit den nachstehenden Fingerprints überprüfen:

Key-ID: 5C1C1DC5BEEDD33A

ct magazine CERTIFICATE <[pgpCA@heise.de](mailto:pgpCA@heise.de)>

D337 FCC6 7EB9 09EA D1FC 8065 5C1C 1DC5 BEED D33A

Key-ID: 2BAE3CF6DAFFB000

ct magazine CERTIFICATE <[pgpCA@ct.heise.de](mailto:pgpCA@ct.heise.de)>

A3B5 24C2 01A0 D0F2 355E 5D1F 2BAE 3CF6 DAFF B000

Key-ID: DDB245FCB3B2A12C

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: [ayznmmonnewb2tjvgf7ym4t2726muprjvwckzx2vhf2hbarbzdydm7oad.onion](https://ayznmmonnewb2tjvgf7ym4t2726muprjvwckzx2vhf2hbarbzdydm7oad.onion)

## Verlag

Heise Medien GmbH & Co. KG  
Postfach 61 04 07, 30604 Hannover  
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover  
Telefon: 05 11/53 52-0  
Telefax: 05 11/53 52-129  
Internet: [www.heise.de](http://www.heise.de)

**Herausgeber:** Christian Heise, Ansgar Heise, Christian Persson

**Geschäftsführer:** Ansgar Heise, Beate Gerold

**Mitglieder der Geschäftsleitung:** Jörg Mühl, Falko Ossmann

**Anzeigenleitung:** Michael Hanke (-167) (verantwortlich für den Anzeigenteil), [www.heise.de/mediadaten/ct](http://www.heise.de/mediadaten/ct)

**Anzeigenpreise:** Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 41 vom 1. Januar 2024.

**Anzeigen-Auslandsvertretung (Asien):** Media Gate Group Co., Ltd., 7F, No. 182, Section 4, Chengde Road, Shilin District, 11167 Taipei City, Taiwan, [www.mediagate.com.tw](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 Medienviertrieb GmbH & Co. KG

Meßberg 1

20086 Hamburg

Tel.: 040/3019 1800, Fax: 040/3019 1815

E-Mail: [info@dermedienviertrieb.de](mailto:info@dermedienviertrieb.de)

**c't erscheint 14-täglich**

Einzelpreis 5,90 €; Österreich 6,50 €; Schweiz 9,90 CHF; Belgien, Luxemburg 6,90 €;

Niederlande 7,20 €; Italien, Spanien 7,40 €, Dänemark 64,00 DKK

**Abonnement-Preise:** Das Jahresabonnement kostet inkl. Versandkosten: Inland 144,20 €, Österreich 155,40 €, Europa 165,20 €, restl. Ausland 191,80 € (Schweiz 236,60 CHF); ermäßiges Abonnement für Schüler, Studenten, Auszubildende (nur gegen Vorlage einer entsprechenden Bescheinigung): Inland 105,00 €, Österreich 99,40 €, Europa 124,60 €, restl. Ausland 152,60 € (Schweiz 145,60 CHF). c't-Plus-Abonnements (inkl. Zugriff auf das c't-Artikel-Archiv sowie die App für Android und iOS) kosten pro Jahr 25,00 € (Schweiz 30,80 CHF) Aufpreis. Ermäßiges Abonnement für Mitglieder von AUGE, bdvb e.V., BvDW e.V., /ch/open, GI, GUUG, ISACA Germany Chapter e.V., JUG Switzerland, VBIO, VDE und VDI (gegen Mitgliedsausweis): Inland 108,15 €, Österreich 116,55 €, Europa 123,90 €, restl. Ausland 143,85 € (Schweiz 177,45 CHF). Luftpost auf Anfrage.

**Leserservice:**

Bestellungen, Adressänderungen, Lieferprobleme usw.

Heise Medien GmbH & Co. KG

Leserservice

Postfach 24 69

49014 Osnabrück

E-Mail: [leserservice@ct.de](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 Verfügungsberecht des Verlages über. Sämtliche Veröffentlichungen in c't erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patentschutzes.

Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt. Hergestellt und produziert mit Xpublisher: [www.xpublisher.com](http://www.xpublisher.com). Printed in Germany. Alle Rechte vorbehalten. Gedruckt auf chlorfreiem Papier.

© Copyright 2024 by Heise Medien GmbH & Co. KG

ISSN 0724-8679 AWA LAE ▲

# Vorschau ct 7/2024

Ab 22. März im Handel und auf [ct.de](#)



## Kleine Monochromdrucker für Viel- und Wenignutzer

Kompakte Schwarz-Weiß-Laserdrucker passen auf kleine Schreibtische, trocknen auch nach Monaten der Untätigkeit nicht ein und die hohen Druckkosten stören Seltendrucker nicht. Vieldrucker erhalten günstige Nachfülllösungen für Toner oder legen sich einen kompakten, monochromen Tintendrucker zu.



## Linux-Notebook

Tuxedo Computers verspricht „Linux-Hardware im Maßanzug“ und hat für seine Notebooks eine eigene Distribution namens Tuxedo OS entwickelt. Wir testen das auf dem Papier leistungsstarke Notebook Tuxedo Pulse 14 Gen3 und wollen wissen, welche Tricks die hauseigene Distribution bereithält.

## Netztuning zum Fritzbox-Geburtstag

Die Fritzbox wird dieses Jahr 20. c't gratuliert dem hierzulande weit verbreiteten Internetzubringer mit Tipps, wie man das Heimnetz mit seinen Diagnosefunktionen auf Trab bringt, und stellt Zubehör vor, das ihn und andere Router noch nützlicher macht.

## Windows: Boot-Gau mit Ansage

Secure Boot soll dafür sorgen, dass auf einem PC nur vertrauenswürdige Betriebssysteme starten. Doch jüngst entdeckte Sicherheitslücken entlarven das Konzept als fehlerhaft. Deshalb wird Ihnen Microsoft bald Steine in den Weg legen, etwa wenn Sie Ihren PC von einem externen Medium starten wollen.

## Pollenflug-Apps im Überblick

Pharmaunternehmen, Krankenkassen und Wetterdienste wollen Allergikern mit ihren Apps helfen. Diese prognostizieren, welche Pollen regional in welcher Konzentration unterwegs sind, einige erfassen Symptome der Nutzer. c't gibt einen Überblick über die Apps, ihre Funktionen, Kosten und Datenquellen.

Noch mehr  
Heise-Know-how



c't Windows-Projekte jetzt  
im Handel und auf [heise-shop.de](#)



iX 3/2024 jetzt im Handel  
und auf [heise-shop.de](#)



c't Fotografie 02/24 jetzt  
im Handel und auf [heise-shop.de](#)

# Geballtes Nerd-Wissen!

## Spannendes aus Forschung und Technik

**c't KNOW-HOW**  
Nerdiges aus Forschung und Technik

**Spannende Forschung**  
Daten des James-Webb-Teleskops interaktiv auswerten  
So funktionieren Transformer-Sprach-KI's

**Nerdwissen erklärt**  
Historische Verschlüsselung neu programmiert  
QR-Codes verstehen und dekodieren

**IT-Mythen entzaubert**  
Sicher oder nicht? Security-Mythen im Faktencheck  
Gerücht oder Quatsch: Ist Linux sicherer als Windows?

**Wie Innovationen die Welt neu gestalten**  
Künstliche Nase analysiert Gasmoleküle  
So erkennt KI Emotionen • Autos lernen Hirnströme steuern Tastatur und Prothesen

Auch als Heft + PDF mit 28% Rabatt

Dieses c't-Sonderheft hilft Ihnen, mit nerdigem Fachwissen zu glänzen. Es bietet die perfekte Mischung aus tiefgründigem Wissen und kurzweiliger Unterhaltung. Ein Muss für jeden Technik- und IT-Fan!

- Künstliche Nase analysiert Gasmoleküle
- So erkennt KI Emotionen
- Daten des James-Webb-Teleskops interaktiv auswerten
- Historische Verschlüsselung neu programmiert
- Sicher oder nicht? Security-Mythen im Faktencheck

JETZT  
BESTELLEN!

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



[shop.heise.de/ct-knowhow24](http://shop.heise.de/ct-knowhow24)



# NEU Samsung Galaxy S24

Die erste Smartphone-Serie mit Galaxy AI. Und mit 950,- € Tauschprämie für Ihr altes Handy, mindestens 200,- €\*.

**1&1 – Immer wieder besser.**

**19,99**  
ab €/Monat\*  
6 Mon., danach  
49,99 €/Mon.

**INKLUSIVE GALAXY S24**



Galaxy AI is here

Alle Handys  
einmalig

**0,-**  
€\*

**1&1**



**1und1.de**  
0721 / 960 606 0

\*Geräte der Samsung Galaxy S24-Serie für je 0,- € einmalig, z.B. in Verbindung mit der 1&1 All-Net-Flat 5 mit 250 GB Cloud-Speicher und 5 GB Highspeed-Volumen/Mon. (danach max. 64 kBits) die ersten 6 Mon. für 19,99 €/Mon. (S24), 29,99 €/Mon. (S24+) bzw. 39,99 €/Mon. (S24 Ultra), danach 49,99 €/Mon. (S24), 59,99 €/Mon. (S24+) bzw. 69,99 €/Mon. (S24 Ultra). Telefonate in dt. Fest- und Handynetze inklusive sowie Verbindungen innerhalb des EU-Auslands und aus EU nach Deutschland plus Island, Liechtenstein und Norwegen. Gratis Telefonieren und Surfen gilt nicht für Sonder- und Premiumdienste, Verbindungen aus Deutschland ins Ausland sowie Roaming außerhalb EU gemäß Preisliste, Bereitstellungspreis je 39,90 €. Je 24 Mon. Vertragslaufzeit. Bestimmte AI-Funktionen setzen einen Samsung oder Google Account Login voraus. Höhe d. Tauschprämie abhängig vom eingesendeten Gerät (Modell & Alter), mind. 200,- €. Höchstprämie v. 950,- € z.B. für das Xiaomi Mi 11 Ultra 5G. Es gelten die Tradeln-Bedingungen und Servicebedingungen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Preise inkl. MwSt. 1&1 Telecom GmbH, 56403 Montabaur. WEEE-Reg.-Nr. DE13470330

