



Tageslichtlampen  
gegen den  
Winterblues?

# c't-Notfall-Windows 2025

Gerüstet für Pannen: Windows-Bootstick schnell erstellt  
Viren killen, Windows heilen, Daten und Passwörter retten

## TEST

Microsoft Flight Simulator 2024  
Apple Mac mini mit M4 und M4 Pro  
Intels Grafikkarte Arc B580 Battlemage  
Linux einfach: elementary OS 8.0  
Huawei-Tablet mit mattem Display

## Überbreite Curved-Displays

Test: Monitore mit USB-C-Dock von 34 bis 49 Zoll

## Bluetooth Auracast kommt

Test: Sechs In-Ear-Kopfhörer • Praxistipps

## FOKUS

Heizungssteuerung mit Homeatic IP und Raspi  
Reaktive Android-Entwicklung mit Jetpack  
Quantisierung verkleinert KI-Sprachmodelle  
Mobile Quantencomputer  
Igel-Dummies: Teststandard für sichere Mähroboter



# Die Nachrichtenflut bändigen

RSS-Reader sortieren News und Social Media

Acht Dienste im Test • RSS-Praxis

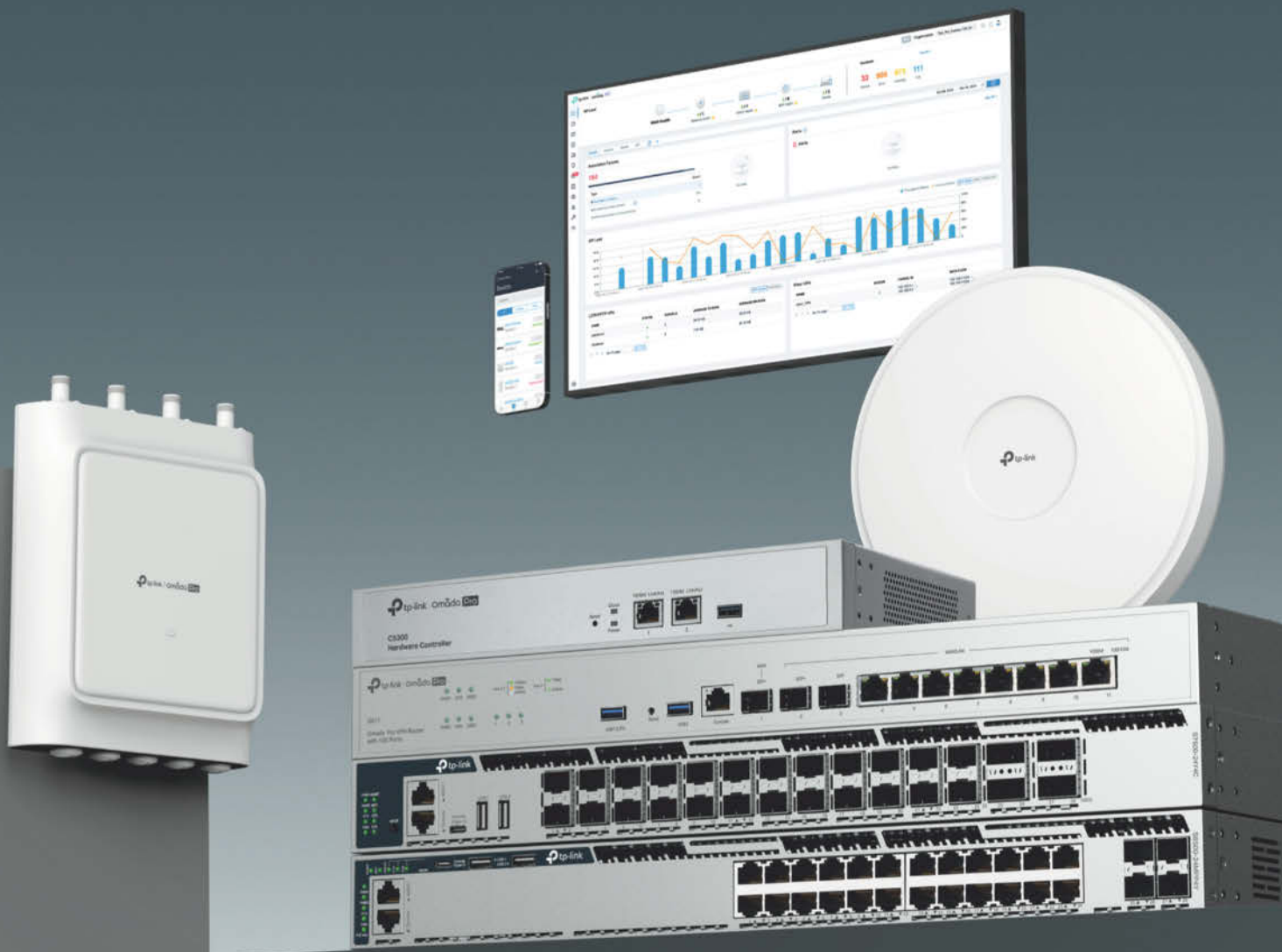
© Copyright by Heise Medien.

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



## Die Enterprise SDN-Lösung für Hochgeschwindigkeitsnetzwerke, die zuverlässig, flexibel und einfach zu verwalten sind.

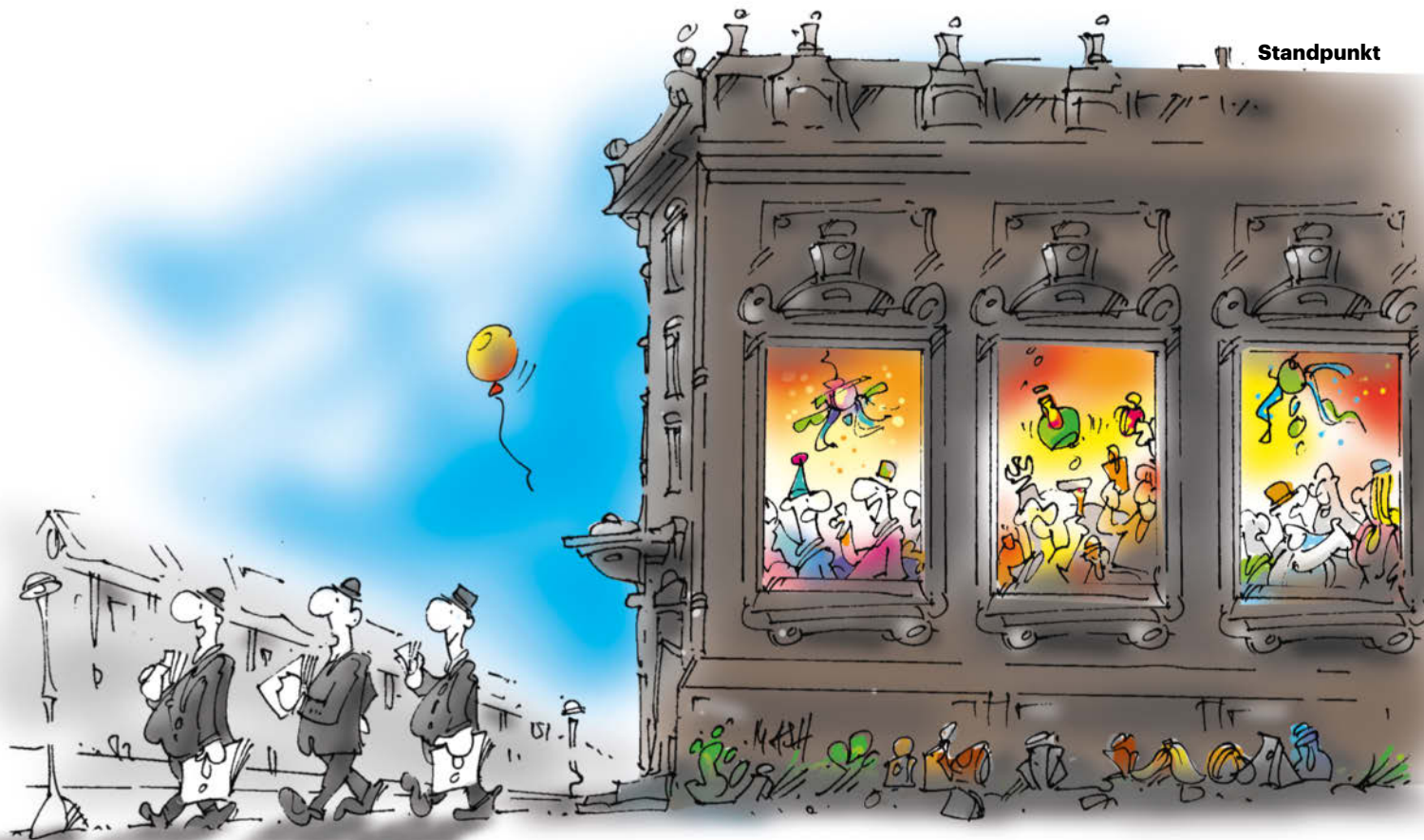
- Zentralisiertes Management und unendliche Skalierbarkeit.
- Leistungsstarke Infrastruktur mit Switches und Ports bis zu 100G.
- Flexible Finanzierungsmodelle.



Weitere Informationen dazu



[b2bsales.germany@tp-link.com](mailto:b2bsales.germany@tp-link.com)



## Scheinselbstständigkeit: Gleicher Maßstab für alle!

IT-Freelancer wollen selbstständig arbeiten, in wechselnden Projekten. Sie schätzen Freiheit und Eigenverantwortung, mit der sie auch selbst entscheiden, wie sie für ihr Alter vorsorgen. Die deutsche Rentenversicherung Bund (DRV) möchte von Personen, deren Arbeit sie als abhängig ansieht, Beiträge zur Rentenversicherung haben. Zwischen den nachvollziehbaren Ansprüchen beider Seiten liegt eine Grauzone voller Vorwürfe und Unterstellungen. Der DRV fehle das Verständnis für moderne Methoden der Softwareentwicklung, sagen IT-Freelancer. Die Freelancer vernachlässigten ihre Altersvorsorge und seien oft nur scheinselbstständig, kontert die DRV.

Jetzt macht die Behörde den Praxistest: In der zweiten Jahreshälfte 2024 hat sie selbst Projektstellen für fünf große IT-Vorhaben ausgeschrieben. Gesamtvolumen: 414 Millionen Euro. Insider vermuten, dass es unter anderem um die Entwicklung von Software geht, mit der Betriebsprüfungen der DRV künftig zum Teil automatisiert ablaufen sollen. Nach welchen Kriterien die Behörde bei solchen Betriebsprüfungen mal eine abhängige, mal eine selbstständige Tätigkeit feststellt, bleibt unklar. Agile Softwareentwicklung stuft die DRV erfahrungsgemäß oft als abhängige Beschäftigung ein. Weitere Indizien für Scheinselbstständigkeit sind laut DRV gegeben, sobald eine Person Arbeitsmittel des Projektanbieters nutzt oder ihre Arbeitszeiten exakt dokumentieren muss.

All das trifft auf die Projekte zu, für die die DRV nun Freiberufler sucht. Ich bin gespannt, wie der Praxistest weitergeht. Werden die DRV-Prüfer auch im eigenen Haus akribisch prüfen? Werden sie dabei Scheinselbstständigkeit diagnostizieren, weil die für die DRV tätigen Freelancer Arbeitsmittel der Behörde nutzen und geleistete Stunden in von der DRV bereitgestellten Exceltabellen erfassen müssen?

Ich hoffe auf einen anderen Ausgang. Nämlich darauf, dass der DRV auffällt, wie unverzichtbar IT-Freelancer in Softwareprojekten sind. Wie Handwerksgehlen auf Wanderschaft lernen sie ständig dazu und tragen ihr Wissen von Ort zu Ort. Ihre Freiheit verschafft Projektanbietern Flexibilität. Vielleicht erkennt die DRV, dass die Selbstständigen Anerkennung und Planungssicherheit verdienen statt Generalverdacht und Gängelei.



*Dorothee Wiegand*

Dorothee Wiegand



## Titelthemen

### c't-Notfall-Windows 2025

- 12 **Bausatz** Windows-Bootstick schnell erstellt
- 18 **Problemlöser** Die Tools im Notfall-Windows
- 24 **Virensuche** Fünf Scanner gegen Ransomware & Co.
- 28 **Treiber nachrüsten** für exotische Hardware

### Die Nachrichtenflut bändigen

- 48 **RSS-Reader** Acht Dienste im Vergleich
- 56 **RSS-Tools** Feeds generieren und verarbeiten

### Überbreite Curved-Displays

- 66 **Monitore** mit USB-C-Dock von 34 bis 49 Zoll

### Bluetooth Auracast kommt

- 94 **Funkstandard** Audio-Streams für viele Empfänger
- 98 **Bluetooth LE Audio** 6 kompatible In-Ears im Test

## Test & Beratung

- 60 **CPU-Kühler** mit zwei Lüftern
- 61 **Gamecontroller** Umbaukit zum Drahtlos-Daddeln
- 62 **Huawei-Tablet mit mattem Display**
- 64 **Elektroplanung** Steckdosen platzieren im Browser
- 65 **E-Book-Schreibtablet** Amazon Kindle Scribe 2024
- 65 **KI-Audiotranskription** ohne Cloud
- 72 **Apple Mac mini mit M4 und M4 Pro**
- 78 **Intels Grafikkarte Arc B580 Battlemage**
- 82 **Microsoft Flight Simulator 2024**
- 90 **Tageslichtlampen gegen den Winterblues?**
- 104 **Indie-Spiele** Best-of 2024
- 154 **Linux einfach: elementary OS 8.0**
- 166 **Bücher** Spiele-Enthusiasten, Privatsphärenschutz

## Aktuell

- 10 **Digitalpakt** Bund und Länder einigen sich
- 32 **Handel und Geld** NFC-Alternative zu Apple Pay
- 33 **Internet** Jugendschutzpflicht für Betriebssysteme
- 34 **Windows** Zweite Vorabversion von Recall
- 35 **Bluetooth** Neue Frequenzen für den Nahfunk
- 36 **Forschung** Mini-Laser für Photonik-Chips
- 37 **Wissenschaft** Politik ignoriert Expertise
- 38 **Bit-Rauschen** TSMC ohne echte Konkurrenz
- 39 **Raspberry Pi 500** Varianten könnten folgen
- 40 **Hardware** BIOS-Update beschleunigt Intel-CPU's
- 41 **Apple** Macs unter Malware-Beschuss
- 42 **Holodeck** VR-Kabine ohne Brille
- 43 **Generative KI** Google Gemini 2.0, Turbo für Sora
- 44 **Web-Tipps** Informatik, Rechner, Verfassungshüter

## 12 c't-Notfall-Windows 2025



Unser Bausatz für einen Windows-Bootstick hat dieses Jahr einige Updates erfahren, unter anderem: Abkürzungen zum Nachladen von Treibern und zum Aktualisieren der Virens Scanner sowie einen Screenreader.



## Wissen

- 75 **Smart Materials** übermitteln Streicheleinheiten
- 112 **Playstation-Hacker** Interview mit SpecterDev
- 114 **Igel-Dummies: Tests für sichere Mähroboter**
- 120 **Quantisierung verkleinert KI-Sprachmodelle**
- 124 **MS Teams automatisieren** mit Flows
- 128 **Tragbare Quantencomputer**
- 134 **Google Deepmind** KI-Forscherin im Interview
- 158 **Recht** Kennzeichnung von KI-erzeugten Bildern

## Praxis

- 138 **Heizungssteuerung mit Homematic IP und Raspi**
- 144 **Reaktive Android-Entwicklung mit Jetpack**
- 148 **Festnetztelefonie** per Smartphone
- 150 **Now Playing** für jedes Android-Smartphone

## Immer in ct

- 3 **Standpunkt** Scheinselbstständigkeit: Zweierlei Maß
- 6 **Leserforum**
- 9 **Schlagseite**
- 46 **Vorsicht, Kunde** Lebara irrt bei Handy-Kündigung
- 162 **Tipps & Tricks**
- 164 **FAQ** Bezahlen an der Ladenkasse
- 168 **Story** Das letzte Mal
- 175 **Stellenmarkt**
- 176 **Inserentenverzeichnis**
- 177 **Impressum**
- 178 **Vorschau ct** 3/2025

## 48 Die Nachrichtenflut bändigen



Aus News-Sites, Social-Media-Diensten und vielen weiteren Quellen strömen ständig Nachrichten auf einen ein. Mit einem RSS-Reader bauen Sie daraus ein überschaubares, persönliches News-Portal nach eigenem Geschmack.

Frisch aus  
**ct Nerdistan**

114 **Mähroboter** Igel-Dummies für den Sicherheitstest

**ct Hardcore**

120 **KI-Sprachmodelle** verkleinern für lokale Rechner

138 **Raspi und Homematic IP** steuern die Heizung

# Leserforum



Über den Sinn eines Raspi im Tastaturgehäuse gehen die Meinungen der Leser auseinander.

## Konkurrenz für Apple

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

Neulich hatte ich die Diskussion mit einem Chef, der circa 60 alte Skylake-Rechner nutzt und wegen Windows 11 keine neuen kaufen wollte. 90 Prozent der Rechner kommen mit simpler SOHO- und Web-Software aus. Natürlich kam auch die Frage auf: Wäre ein Mac Mini für 600 Euro nicht eine Alternative? Im Prinzip ist es eine Konkurrenz, aber keine Alternative. macOS hat kürzeren Support und ist weit weniger flexibel als Linux/Ubuntu oder Windows. Und dann kommt halt dazu: Alles, was den M4 interessant macht, kann ein Pi 500 noch besser:

- Der M4 Mini ist sparsam? Der Pi 500 ist sparsamer.
  - Der M4 Mini kostet nur 600 Euro? Der Pi 500 kostet nur 120 Euro.
  - Der M4 Mini ist schneller? Der Pi 500 erledigt Web- und SOHO-Anwendungen vergleichbar schnell.
- Die Raspberries sind in den breiten Markt eingestiegen. Sie konkurrieren dabei weniger mit Windows-PCs, die haben immer noch Branchensoftware und Spiele als Killerargument, sondern eher mit Apple und ChromeOS.

Crass Spektakel

## Überflüssig

Das ist ja ein ganz nettes Experiment, aber irgendwie unnötig. 180 Euro für eine Tastatur mit jeder Menge Kabel dran und dann noch ein externer Monitor. Wozu? Gerade habe ich ein ThinkPad mit einem

Intel i5 (11. Generation), 16 GByte RAM und 500 GByte SSD gekauft – für gerade mal 80 Euro mehr.

anutosho1

## Ersatz für StarMoney

Homebanking von Windows auf den Mac umziehen, c't 1/2025, S. 136

Nachdem StarMoney auf dem Mac komplett unbenutzbar geworden war, bin ich vor zwei Jahren auf MoneyMoney umgestiegen. Datenübernahme aus StarMoney sowie Sync mit allen möglichen Konten und Depots waren komplett problemfrei. Es ist sehr übersichtlich, hat gute Kategorisierungsfunktionen sowie automatisierten Auszugsdownload und bekommt regelmäßig Updates. Zufriedenheit 99 Prozent – mir fehlen nur Depotsortierfunktionen.

northlight

## Unterirdische Suche

Wie Amazon künstliche Intelligenz einsetzt, c't 28/2024, S. 132

Die Suche auf Amazon ist derart unterirdisch, dass eine KI sie bestimmt nicht verbessern kann. Dazu kommt der Trend, dem Nutzer Orthografiekompetenz abzusprechen und statt nach den eingegebenen Begriffen nach irgendwelchen anderen zu suchen, die eine ähnliche Schreibweise haben.

So habe ich kürzlich 50-Ω-Terminatoren gesucht. Die Suche nach Terminatoren kann man gleich vergessen, wenn man nicht auf Schwarzenegger-Filme steht, und so habe ich „50 Ohm Abschluss“ eingetippt. Nach einer halben Stunde suchen im Pandämonium der HF-Elektronik merkte ich, dass Amazon daraus „50 Ohm Anschluss“ gemacht hatte.

Dr. Peter Rottengatter

## Hohe Leistungsaufnahme

Bauvorschlag für einen leistungsfähigen High-End-PC für Gaming und Computing, c't 28/2024, S. 24

Ich würde den Bauvorschlag gerne nachbauen, allerdings schreckt mich die hohe Leistungsaufnahme im Leerlauf ziemlich ab. Unglaublich, dass ein Rechner beim Nichtstun heutzutage mindestens 35 Watt verbraten muss – zumindest wenn er mit

AMD-Komponenten ausgestattet ist. Kann jemand erklären, wo diese Leistung verbraucht wird und ob es Möglichkeiten gibt, diese weiter zu reduzieren?

I am not a robot!

Das liegt zum Hauptteil am Chipsatz. Sparsam wird es mit unserem 10-Watt-Mini mit Ryzen 5 8600G, denn der hat keinen Chipsatz (siehe c't 17/2024, S. 64). Ansonsten ist man selbst mit den sparsamsten AM5-Platinen bei mindestens 20 Watt. Das hier ausgewählte Board hat USB 4, Wi-Fi 7 und weitere Extras, die zusätzlich Strom benötigen.

## Auf den Steuerzahler abwälzen

Schlechte und gute Nachrichten für Intel, c't 28/2024, S. 48

Irgendwie komme ich mit dem Konzept nicht klar. Eine börsennotierte Firma, die ihren Managern und Shareholdern regelmäßig obszöne Summen auszahlt, möchte die eigene Unfähigkeit, wirtschaftlich zu handeln, nun partiell auf den Steuerzahler abwälzen. Aus dieser Warte bin ich froh, dass Intel seinen Schritt auf den alten Kontinent zumindest derzeit nicht tut.

Patrik Schindler

## Ringgedicht

Smarte Ringe von Blaupunkt, Oura, Samsung Galaxy und Zepp Amazfit im Test, c't 28/2024, S. 64

Ein Ring, sie zu knechten,  
sie alle zu finden<sup>1</sup>,  
ins Dunkel<sup>2</sup> zu treiben  
und ewig zu binden<sup>3</sup> ...

<sup>1</sup> werbegezielte Vermarktung

<sup>2</sup> Depressionen durch permanente Selbstüberwachung

<sup>3</sup> Herstellerbindung

Cybre

## Fragen zu Artikeln

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






# MACH'S DIR DOCH SELBER!



ALPENSHIELD

alpenshield.io

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

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

ERGEBNIS

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

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

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



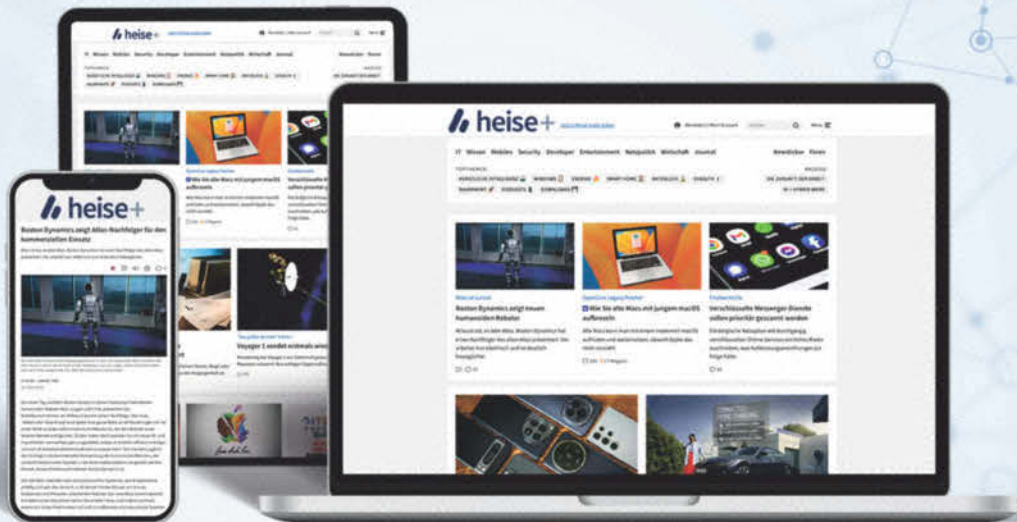
**JETZT LIVE-  
DEMO BUCHEN**



**27001:2022**

**Microsoft**  
Solutions Partner  
Security





**c't** **Mac&i** **iX** **Make:** **c't** **Fotografie**

c't-Abonnenten  
lesen bis zu  
**75%**  
günstiger

**heise+**

Das digitale Abo für IT und Technik.

**Exklusives Angebot für c't-Abonnenten:**  
Sonderrabatt für Magazinabonnenten

- ✓ Zugriff auf alle kostenpflichtigen Artikel auf heise.de und in der App
- ✓ Wöchentlicher Newsletter mit allen Highlights und Empfehlungen
- ✓ Alles inklusive: Alle Ausgaben der Magazine c't, iX, Mac & i, Make und c't Fotografie digital verfügbar
- ✓ 1. Monat gratis lesen – danach jederzeit kündbar

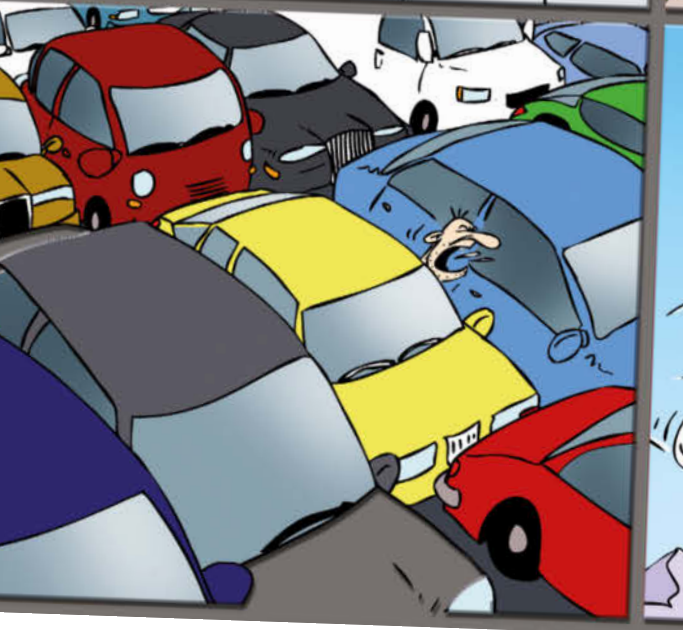
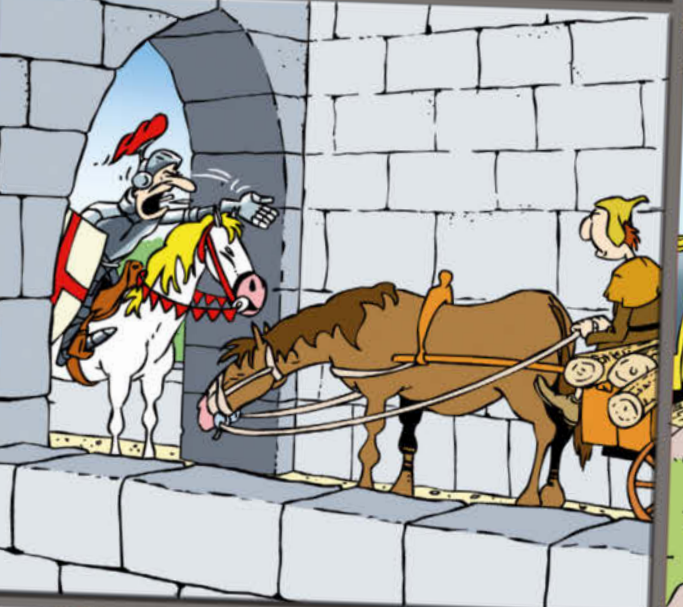
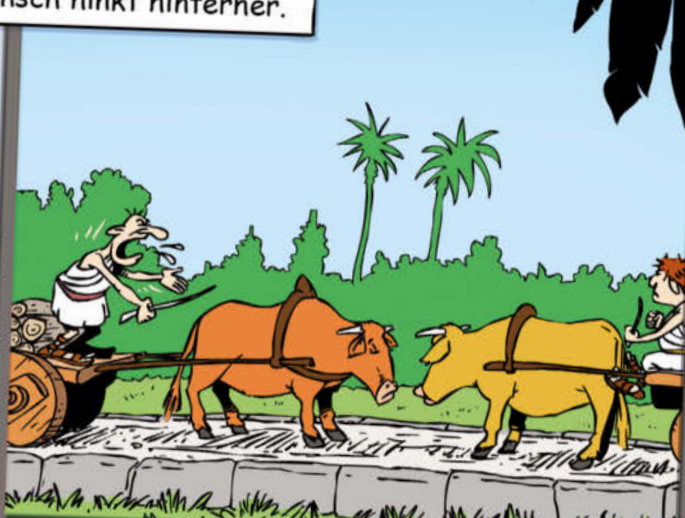
Sie möchten dieses Exklusiv-Angebot nutzen? Jetzt bestellen unter:

[heise.de/plus-testen](https://heise.de/plus-testen)

✉ [leserservice@heise.de](mailto:leserservice@heise.de) ☎ 0541 80009 120

Ein Angebot von: Heise Medien GmbH & Co. KG • Karl-Wiechert-Allee 10 • 30625 Hannover

Der Mensch erfindet immer mehr,  
der Mensch als Mensch hinkt hinterher.



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



# Kurz vor knapp

## Bund und Länder einigen sich bei Schul- und Verwaltungsdigitalisierung

**Während die meisten noch offenen Vorhaben nach dem Ampel-Aus wohl nicht mehr abgeschlossen werden, geht zumindest bei zwei Digitalisierungsprojekten doch noch etwas. Mitte Dezember einigten sich Bund und Länder beim Digitalpakt Schule und beim Bund-Länder-Staatsvertrag zur Datenübergabe, dem „National Once Only Technical System“, kurz NOOTS.**

Von Falk Steiner

Die Absicht, den Digitalpakt Schule fortzuführen, hatten die drei Ampelpartner schon 2021 im gemeinsamen Koalitionsvertrag erklärt. Doch dann wurden sich Bund und Länder jahrelang nicht über die Modalitäten und die Höhe der Förderung einig. So sah es nach dem Ende der Ampelkoalition aus, als ob der Digitalpakt 2.0 in der laufenden Legislaturperiode nicht mehr zustande komme.

Doch Mitte Dezember verkündeten die Kultusminister der Länder und Cem Özdemir (Grüne) als Vertreter der Bundesregierung den Durchbruch: 5 Milliarden Euro sollen insgesamt zwischen 2025 und 2030 für die Schuldigitalisierung bereitstehen. Özdemir, seit 2021 Bundesminister für Ernährung und Landwirtschaft, übernahm nach dem Ausscheiden der FDP aus der Regierung auch die Leitung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF).

Der erste Digitalpakt startete 2019. Er half den Schulen unter anderem auch während der Coronapandemie. Insgesamt 6,5 Milliarden Euro umfasste dieses Förderprogramm. 90 Prozent dieser Summe wurden vom Bund finanziert, die restlichen 10

Prozent von den Ländern. Seitdem der erste Digitalpakt am 16. Mai 2024 ausgefallen ist, war unklar, wie es weitergeht.

Mit der bisherigen Chefin des BMBF, Bettina Stark-Watzinger (FDP), hatten die Länder lange erbittert über die Finanzierung des Digitalpakts 2.0 gestritten. Ein Punkt, an dem Stark-Watzinger eisern festhielt, war die Aufteilung der Kosten auf Bund und Länder: Bei einer Neuauflage des Digitalpakts müssten die Länder die Hälfte des Geldes beisteuern, ein zweites Mal werde es keine 90/10-Finanzierung geben. Stark-Watzinger warf den Ländern eine Blockadehaltung vor und wies darauf hin, dass sie eine erneute 90/10-Aufteilung der Kosten für verfassungsrechtlich bedenklich hielt.

### Zugeständnisse auf beiden Seiten

Dass die Länder sich mit Übergangsminister Özdemir so schnell auf Eckpunkte einigten, liegt auch daran, dass beide Seiten bereit waren, sich aufeinander zuzubewegen.

Dabei blieben allerdings auch sinnvolle Forderungen auf der Strecke. So einigte man sich zwar auf dem Papier auf eine 50/50-Finanzierung. Doch während vom Bund laut Vereinbarung 2,5 Milliarden für die Jahre 2025 bis 2030 fließen sollen, geben die Länder lediglich eine halbe Milliarde dazu. Auf die fehlenden 2 Milliarden dürfen sie an anderer Stelle bereits geplante Ausgaben anrechnen.

Von den 2,5 Milliarden Euro vom Bund sind 2,25 Milliarden für Infrastrukturmaßnahmen wie Endgeräte für Schüler, Lernplattformen, Server und WLAN in den Schulen gedacht. Doch auch die Qualität der digitalen Bildung steht im Fokus: 250 Millionen Euro will der für Forschung zuständige Bund explizit geben, um Standards für die Lehrkräftebildung zu entwickeln und begleitende Forschung zu finanzieren.

Nicht in der Einigung enthalten sind Ausgaben für die Administration der Schul-IT sowie für digitale Lehr- und Lernmittel. Für die technische Ausstattung von



**Die „Registerlandkarte“ des Bundesverwaltungsamts dokumentiert, in wie vielen Datenbanken die Daten der Bürger in Deutschland derzeit liegen. Bund und Länder wollen sie im NOOTS zusammenführen.**





Bild: Michael Kappeler/dpa

dann ebenen- und länderübergreifend zur Verfügung stehen. Es ist ein wichtiges Projekt im Rahmen der sogenannten Registermodernisierung.

Derzeit befinden sich Daten zu Bürgern der Bundesrepublik in 375 unterschiedlichen Registern. Über das NOOTS sollen sie künftig digital zwischen Behörden abrufbar sein. Das soll die alltäglichen Herausforderungen für Bürger verringern, die oft genug persönlich zu einer Behörde laufen müssen, um Daten zu erhalten oder Bescheinigungen abzugeben.

„Sobald das System steht und Register sowie Online-Dienste angeschlossen sind, werden Bürgerinnen und Bürger ebenso wie Unternehmen Nachweise nicht mehr umständlich herausuchen müssen“, verspricht Markus Richter, Bundes-CIO und Staatssekretär im Bundesministerium des Innern, das für die Registermodernisierung zuständig ist. Das NOOTS soll künftig beispielsweise die Grundsteuererklärung vereinfachen. Um Grundsteuern zu erklären, müssen Bürger zurzeit häufig Daten von staatlichen Stellen zusammentragen, um sie am Ende per Behördenformular dem Staat wieder zur Verfügung zu stellen.

Die Kernidee: Was vorliegt, können Behörden abrufen und für andere Stellen freigeben. Als Erstes soll das für alle Leistungen nach dem Onlinezugangsgesetz gelten, also Bürgern zugute kommen, die Daten zu ihrer Person entweder abfragen oder abgeben möchten. Später sollen auch Behörden untereinander Daten über das NOOTS austauschen können. Das neue System soll zugleich auch die Single-Digital-Gateway-Verordnung (SDG-VO) der EU in deutsches Recht umsetzen, damit mittelfristig auch der Datenaustausch mit Behörden anderer EU-Staaten digital funktioniert.

Eigentlich sollte das deutsche NOOTS Ende 2025 startklar sein. Bislang fehlte für die gemeinsame Bund-Länder-Infrastruktur jedoch noch die Rechtsgrundlage. Eine Grundgesetzänderung, die ermöglicht hätte, dass der Bund das System allein betreibt, fand politisch keine Zustimmung. Der Staatsvertrag, der den schönen Namen „Vertrag zur Ausführung von Artikel 91c Absatz 1 Grundgesetz und Absatz 2 Grundgesetz“ trägt, teilt die Kosten zwischen Bund und Ländern auf – wie hoch diese im Betrieb tatsächlich sein werden, ist noch unbekannt. (dwi@ct.de) **ct**

**Erklärung zum Digitalpakt, NOOTS-Vertrag: [ct.de/yf4p](https://www.ct.de/yf4p)**

**Von rechts nach links: Bundesbildungsminister Cem Özdemir, Saarlunds Bildungsministerin und KMK-Präsidentin Christine Streichert-Clivot sowie die Bildungsministerinnen Stefanie Hubig (Rheinland-Pfalz) und Karin Prien (Schleswig-Holstein) zeigen sich bei der Pressekonferenz zur Bund-Länder-Erklärung für den Digitalpakt 2.0 erleichtert über die Einigung.**

Schulen sowie die Versorgung mit Lehr- und Lernmaterialien sind nämlich die jeweiligen Schulträger zuständig. In der Regel sind das Gemeinden, Städte oder Landkreise. Allerdings ist auch deren Finanzlage angespannt, weshalb die Länder umso mehr darauf hoffen, dass die vorläufige Einigung und das gemeinsam vorgestellte Eckpunktepapier unter der nächsten Regierung zu einem rechtskräftigen Digitalpakt 2.0 wird.

Özdemir als Kurzzeit-Bundesbildungsminister kann dazu wenig mehr beitragen als bereits geschehen. Er hat – wenn gleich sich Sachsen-Anhalt der Stimme enthielt – die Bundesländer hinter sich versammelt und eine Einigung erzielt. Das gemeinsam veröffentlichte Papier benennt deutlich drei sogenannte Handlungsstränge, nämlich erstens den Auf- und Ausbau einer leistungsfähigen digitalen Bildungsinfrastruktur, zweitens die digitalisierungsbezogene Schul- und Unterrichtsentwicklung und drittens eine Bund-Länder-Initiative „Digitales Lehren und Lernen“.

### Neue Regierung muss entscheiden

„Die drei erwachsenen Parteien des Parteienspektrums“ hätten sich auf diese konkreten Vorhaben verpflichtet, kommentierte Özdemir und meinte damit CDU, SPD und Grüne. Die im November als

Bundesbildungsministerin zurückgetretene Bettina Stark-Watzinger musste sich in Abwesenheit von den Länderministern vorhalten lassen, zu lange zu wenig für eine Fortsetzung des Digitalpakts getan zu haben. Die schleswig-holsteinische Bildungsministerin Karin Prien (CDU) konstatierte: „Wir haben im Grunde eine Legislatur verloren.“

Auch wenn es formal möglich wäre, dass die künftige Bundesregierung das nun vorgelegte Papier für den Digitalpakt 2.0 ignoriert – sehr wahrscheinlich ist dieses Szenario nicht. In den politischen Parteien herrscht weitgehend Konsens, dass die Schulen weiter Unterstützung bei der Digitalisierung benötigen. Ein künftiger Bildungsminister, der den erarbeiteten Plan für den Digitalpakt 2.0 nicht in die Tat umsetzen würde, käme in Erklärungsnot.

### Freie Fahrt auf der Datenautobahn

Auch bei einem zweiten Thema einigten sich Bund und Länder auf den letzten Metern noch. Beim „National Once Only Technical System“, kurz NOOTS, beschlossen der Bund und das für die Länder federführende Hamburg einen Staatsvertrag, mit dem die Daten laufen lernen sollen. Ziel ist es, dass Unternehmen und Bürger ihre Daten immer nur einmal an Behörden übermitteln müssen und diese

# c't-Notfall- Windows 2025

Das eigene Notfallsystem bauen



**Das eigene Notfallsystem bauen ..... Seite 12**  
**Werkzeuge einsetzen ..... Seite 18**  
**Viren suchen und einschätzen ..... Seite 24**  
**Treiber für Komponenten ergänzen .... Seite 28**

## Unser Bausatz für ein Notfallsystem hilft, Windows-Installationen von außen auf den Zahn zu fühlen: Es bootet vom USB-Stick. Sie können damit Schädlinge aufstöbern, SSDs klonen, Startprobleme beseitigen, Passwörter zurücksetzen und andere Daten aus den Windows-Untiefen bergen.

Von Stephan Bäcker und Peter Siering

**G**ern würden wir Ihnen unser Notfall-Windows direkt nutzbar zum Download anbieten, doch das ist aus lizenzrechtlichen Gründen und mit sinnvoller Ausstattung nicht möglich. Aber keine Angst: Mit dem über Jahre optimierten Bausatz kommen Sie schnell ans Ziel. Die folgenden Absätze erklären, wie Sie ihn benutzen und welche Voraussetzungen erfüllt sein müssen. Am Ende erfahren Sie auch, wie Sie sich helfen können, wenn der Bauversuch nicht auf Anhieb gelingt.

Der Bausatz stellt ausschließlich 64-Bit-Notfallsysteme für x86-Computer her. Meist kein Problem: Ein 64-Bit-Notfallsystem kann auch 32-Bit-Installationen behandeln, einzig beim Windows Defender kommt es zu Einschränkungen (siehe S. 28). Benutzer eines PCs mit ARM-Prozessor schauen allerdings in die Röhre: Der Bausatz funktioniert momentan nicht auf solchen Geräten und ein erzeugtes Notfallsystem läuft ebenfalls nicht auf Windows-ARM-Geräten.

### Bewährtes

Das Grundprinzip des Bausatzes ist einfach und seit Jahren bewährt: Sie benötigen zum einen die Zip-Datei `ctnotwin25.zip` mit der Bauvorlage, die Sie bei uns herunterladen können. Zum anderen möchte der Bausatz einen Installationsdatensatz verarbeiten, sprich die Windows-Originaldateien, die man üblicherweise zum Einrichten des Betriebssystems verwendet („Quelldateien“ genannt).

Die Installationsdatensätze stellt Microsoft in Form von Evaluierungsversionen kostenlos zum Download bereit. Alle nötigen Links haben wir auf der Projekt-

seite versammelt (siehe auch [ct.de/yvff](https://ct.de/yvff)). Dort finden Sie auch ergänzende Hinweise und ein Forum für den Austausch mit anderen Nutzern und als erste Anlaufstelle für Probleme. Gern können Sie sich aber auch per Mail an uns wenden. Richten Sie diese bitte an [notwin25@ct.de](mailto:notwin25@ct.de).

Die aktuelle Fassung des Bausatzes verarbeitet nur ausgesuchte, von Microsoft bereitgestellte ISO-Dateien der Evaluierungsversionen: Intensiv getestet haben wir mit Windows 11 in Version 23H2 und empfehlen, ausschließlich diese Version zu verwenden. Eine eventuell lokal vorhandene Installations-DVD oder eine vom Media Creation Tool erstellte ISO-Datei eignet sich nicht als Quelle, unter anderem weil diese die vom Bausatz benötigten Dateien in einem unpassenden Format aufbewahren. Aufgrund technischer Probleme eignet sich eine Evaluierungsversion von Windows 11 in Version 24H2 derzeit nicht.

Um den Bausatz auszuführen, benötigen Sie einen PC mit einer von Microsoft

noch mit Updates versorgten Windows-Version, also Windows 10 oder 11 – beide eignen sich gleich gut. Wir empfehlen dringend einen PC mit 64-Bit-Windows-Installation. Auf 32-Bit-Rechnern genügt oft der Arbeitsspeicher nicht für einen erfolgreichen Baulauf, jedenfalls im ersten Anlauf; auf unseren Test-PCs half dann meist ein Reboot und es klappte im zweiten oder dritten Versuch.

Für die herunterzuladenden Dateien und als Arbeitsbereich sollten vor Beginn rund 20 GByte Speicherplatz verfügbar sein. Der Bauplatz sollte auf jeden Fall auf einer SSD liegen. 8 GByte RAM genügen zum Bauen. Der USB-Stick, auf dem das fertige Notfallsystem landen wird, sollte mindestens 8 GByte Platz bieten. Sie tun sich einen Gefallen, den Stick eines renommierten Flash-Speicherherstellers zu nutzen – Baumarktgurken kosten nur Nerven und Zeit.

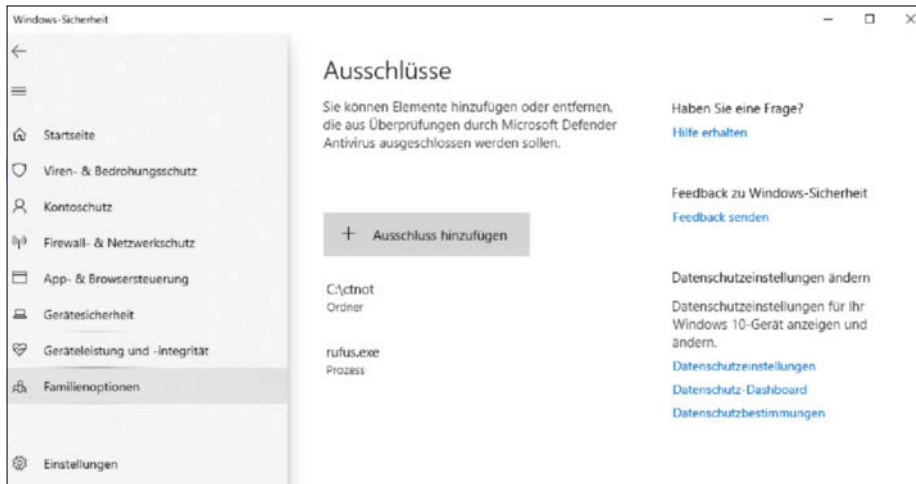
Sie sollten den Bausatz in einem Ordner entpacken, der am besten im Wurzelverzeichnis eines Laufwerks liegt, also zum Beispiel `C:\ctnot`. Ein Ordner auf dem Desktop stellt eine gefährliche Wahl dar, weil der im Dateisystem beispielsweise in `C:\Users\Klaus Müllers\Desktop\ctnot` landet und die Skripte des Bausatzes mit Bindestrichen, Leerzeichen und vielen weiteren Sonderzeichen ihre liebe Not haben (und vermutlich nur einen Teil der Varianten sicherheitshalber abfangen).

Ihrer Virenschutzsoftware müssen Sie abgewöhnen, diesen Ordner zu schützen, und manche auch anweisen, dem Programm `Rufus.exe` zu trauen, das den USB-Stick am Ende beschreiben soll; eine Ausnahme für Prozesse mit dem Namen „`rufus.exe`“ genügt, das Programm wird

### Erste Etappe: Bauen vorbereiten

1. Lesen Sie den Artikel komplett, um die Voraussetzungen zu kennen und für eventuelle Probleme gewappnet zu sein.
2. Laden Sie die empfohlene ISO-Datei mit der 64-Bit-Evaluierungsversion von Windows 11 in Version 23H2 herunter (fast 6 GByte). Auf der Projektseite (siehe [ct.de/yvff](https://ct.de/yvff)) finden Sie einen direkten Download-Link.
3. Erstellen Sie einen Ordner, in dem der Bauvorgang vonstattengehen soll, zum Beispiel `C:\ctnot`; nutzen Sie nur Buchstaben im Namen und vermeiden Sie lange, verschachtelte Pfade.
4. Definieren Sie in Ihrem Virenschoner eine Ausnahme für diesen Ordner. Auf Nachfrage richtet der Bausatz solche für den Windows Defender selbstständig ein.
5. Laden Sie erst jetzt via [ct.de/yvff](https://ct.de/yvff) das Zip-Archiv mit dem Bausatz (ungefähr 250 MByte) in diesen Ordner herunter. Entpacken Sie es dort.
6. Binden Sie per Doppelklick die ISO-Datei als virtuelles Laufwerk ein. Es erhält einen Buchstaben, etwa `F:`.





**Virenschutz- und andere Sicherheitssoftware müssen Sie zügeln, damit die nicht in den Bauprozess eingreift und Dateien wegfischt – Programme, die ein Notfallsystem sinnvoll ergänzen, können in anderem Kontext eine Gefahr darstellen. Für den Windows-Defender übernimmt der Bausatz das auf Nachfrage.**

erst während des Bauens entpackt. Für den Windows-Defender richtet der Bausatz diese Ausnahmen auf Nachfrage ein, wenn beim Start kein „Ausschluss“ (so Microsofts Terminologie) für den Ordner definiert ist, also beim ersten Start.

Wenn Sie das Notfallsystem gebaut haben, sollten Sie die Ausnahmen wieder

entfernen. Für den Defender finden Sie die unter „Windows-Sicherheit“ und müssen sich dann über „Einstellungen für Viren- & Bedrohungsschutz“ zu „Einstellungen verwalten“ durchhangeln. Rollen Sie dort hinunter bis „Ausschlüsse“ und klicken Sie auf „Ausschlüsse hinzufügen oder entfernen“.

Der Aufwand ist nötig, weil Programme, die der Bausatz selbst einsetzt, und einige der Programme, die er verarbeitet, von Sicherheitssoftware für eine latente Gefahr gehalten werden (Details dazu finden Sie auf der Projektseite unter [ct.de/yvff](http://ct.de/yvff)). Dank Ausnahmeregel funken Defender und seine Artgenossen nicht mehr dazwischen. Was wir aus Leserfragen gelernt haben: Nicht jede Sicherheitssoftware hält sich an festgelegte Ausnahmen. Mitunter hilft nur, die Software vorübergehend ganz abzuschalten.

Mit dem angelegten Bauplatz `C:\ctnot`, dem dorthin entpackten `ctnotwin25.zip`-Archiv und der Ausnahmeregel für die Sicherheitssoftware müssen Sie noch die Windows-Quelldateien verfügbar machen. Doppelklicken Sie die heruntergeladene ISO-Datei der Evaluierungsversion, dann wird Windows diese als neues virtuelles Laufwerk einbinden. Wenn sich andere Software ISO-Dateien greift, sollte ein Rechtsklick auf die Datei und die Auswahl von „Bereitstellen“ das Gleiche erledigen.

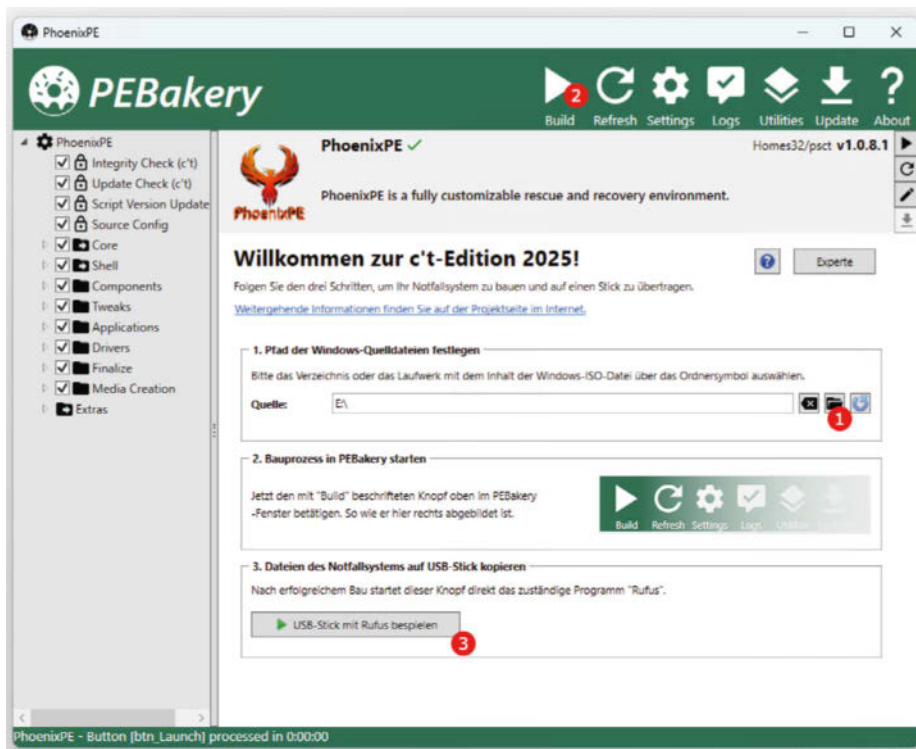
### Loslegen

Im Ordner `C:\ctnot` finden Sie die Datei `PEBakeryLauncher.exe`. Starten Sie diese per Doppelklick. Es kann sein, dass Microsoft Defender SmartScreen interveniert. Lassen Sie sich dann die Details anzeigen und weisen Sie Windows an, das von uns signierte Programm trotzdem auszuführen. Auch eine weitere Nachfrage zum Ausführen des Programms `PEBakery.exe`, solange von uns signiert, müssen Sie akzeptieren.

In jedem Fall wird die Benutzerkontensteuerung nachfragen, ob Sie das Programm starten wollen. Es benötigt Admin-Rechte, stimmen Sie bei einem regulären Windows-Konto also der UAC-Nachfrage bitte zu. Nach einer kurzen Bedenkzeit erscheint die Oberfläche von PEBakery. Das ist das Programm, das die Baupläne in Handlungen umsetzt.

Es kann sein, dass PEBakeryLauncher zunächst empfiehlt, eine aktuelle Version der Windows Desktop Runtime einzurichten. Folgen Sie der Empfehlung, ohne das geht es nicht. Auf ganz frisch installierten PCs könnten auch die Visual C++-Bibliotheken fehlen (PEBakery scheitert dann an einer fehlenden „zlibwapi.dll“). Sie finden das Installationspaket für die Visual C++-Bibliotheken ebenfalls unter [ct.de/yvff](http://ct.de/yvff).

Auf der Willkommenseite von PEBakery werden Sie gebeten, den Pfad der Windows-Quelldateien festzulegen. Das



**Drei über die Willkommenseite anstoßbare Schritte genügen, um den Bauvorgang zu starten und einen Stick mit dem fertigen Bausatz zu bespielen. Die Auswahl des Pfades mit den Windows-Originaldateien dauert etwas länger, weil sicherheitshalber die Prüfsumme der daraus benötigten install.wim-Datei berechnet wird.**

kann ein Laufwerk oder ein Ordner sein, wo die Originaldateien des Windows-Datenträgers zu finden sind, also die Inhalte der heruntergeladenen ISO-Datei und nicht die ISO-Datei selbst. Erscheint der gewählte Pfad in dem Feld hinter „Quelle“, eignen sich die Dateien für den Bausatz. Ungeeignetes oder beschädigtes Ausgangsmaterial erkennen die Skripte nach Auswahl des Laufwerks und melden das.

Wenn PEBakery mit der Auswahl der Quelldateien zufrieden war, betätigen Sie den mit „Build“ beschrifteten großen Knopf in der grünen Dachzeile von PEBakery und starten so den eigentlichen Bauprozess. Zu Beginn prüft der Bausatz, ob wir Updates veröffentlicht haben. Ist das der Fall, stoppt der Prozess, nachdem er die Updates eingespielt hat und fordert Sie auf, PEBakery erneut zu starten. Nur so können wir sicherstellen, dass Updates auch an alle Stellen gelangen.

Je nachdem, welche Komponenten wir aktualisieren mussten, kann es sein, dass Sie erneut den Pfad der Windows-Quelldateien setzen müssen. Wie lang der Bauprozess dauert, hängt von Ihrem PC und der Bandbreite der Internetverbindung ab. Der Bausatz muss allerlei Dateien herunterladen und verarbeiten. Ein moderner PC mit SSD an einem schnellen Internetanschluss baut das Notfallsystem in rund zehn Minuten zusammen, jedenfalls, solange alle angesteuerten Quellen auch erreichbar sind.

Ein erfolgreicher Baulauf aktiviert den Knopf „USB-Stick mit Rufus bespielen“. Das Programm Rufus erzeugt startfähige

## Zweite Etappe: Bauhelfer in Stellung bringen

1. Rufen Sie im zuvor angelegten Ordner, etwa C:\ctnot, das Programm PEBakeryLauncher.exe auf.
2. Auf ganz frisch installierten PCs könnten die Visual C++-Bibliotheken fehlen (PEBakery scheitert dann an einer fehlenden „zlibwapi.dll“). Sie finden das Installationspaket für die Visual C++-Bibliotheken auf unserer Projektseite (siehe ct.de/yvff).
3. Windows zeigt Warnungen an, dass das Programm PEBakeryLauncher.exe

heruntergeladen wurde, erbittet Administratorrechte, um es auszuführen. Erlauben Sie all das bitte.

4. Bei der ersten Nutzung prüft PEBakeryLauncher.exe, ob eine geeignete Windows Desktop Runtime vorhanden ist. Fehlt die, startet es ein Browserfenster für den Download. Installieren Sie die Runtime und starten Sie danach PEBakeryLauncher.exe erneut.

USB-Datenträger. Damit Rufus den Stick sieht, müssen Sie ihn anstecken, bevor Sie den Knopf drücken. Achten Sie nach dem Start von Rufus darauf, dass es auch den richtigen Stick als Ziel ausgewählt hat. Die übrigen Felder lassen Sie bitte, wie sie sind – alles ist fertig voreingestellt.

Wenn Rufus den Fortschrittsbalken komplett grün anzeigt und „Fertig“ darin steht, hat das Programm Ihren Stick komplettiert. Sie können ihn jetzt zum Beispiel über das Kontextmenü auswerfen und einen PC versuchsweise davon booten.

Weitere Hinweise für die auf dem Stick enthaltenen Werkzeuge gibt der Artikel „Erstversorgung“ ab Seite 18. Eine Warnung dazu an dieser Stelle: Viele der Tools sind nicht ohne, Sie sollten diese nur mit Bedacht auf einem Produktiv-PC ausprobieren.

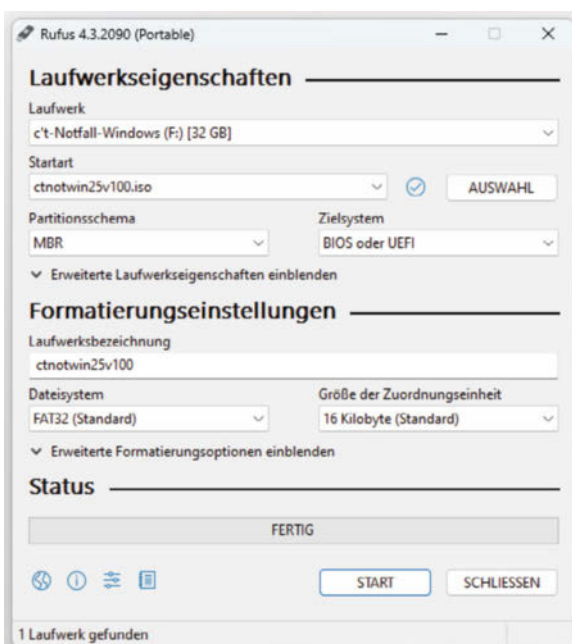
## Umwege

Da der Bausatz etliche Programme herunterlädt, ist nicht auszuschließen, dass der Bau im ersten Anlauf abbricht, weil mal ein Server streikt. Es genügt dann erfahrungsgemäß, einige Minuten zu warten und einen neuen Anlauf zu starten. Alles, was PEBakery bis dahin schon erfolgreich heruntergeladen hat, verwendet es ohne erneuten Download und kommt so schneller an die Stelle, an der es abgebrochen hat.

Das kann trotzdem nerven, weil bis dahin unter Umständen schon eine erkleckliche Zahl von Schritten auszuführen wäre. Sie können das abkürzen, indem Sie in dem Baum links in PEBakery das zuständige Skript lokalisieren, wahrscheinlich unter „Applications“, und mit einem Klick auf den Namen im rechten Fensterbereich öffnen. Dort finden Sie direkt unterhalb der grünen Kopfleiste von PEBakery einen Knopf, um das Skript allein auszuführen („Run Script“). Probieren Sie das, bis das Skript einmal erfolgreich durchläuft.

Den Erfolg erkennen Sie daran, dass der „Logs“-Knopf in der grünen PEBakery-Kopfleiste nicht orangefarben, sondern weiß ist. Was schief läuft, verrät ein Klick auf den orangefarbenen Knopf. Wählen Sie dann das Buildlog aus. Wird offensichtlich eine Datei heruntergeladen, aber nicht korrekt weiterverarbeitet, sollten Sie sich den Inhalt der Datei ansehen. Sie finden diese üblicherweise unter C:\ctnot\Workbench\PhoenixPE\Programs\

Mitunter landen als Inhalt in der vermeintlichen Programm- oder Archivdatei erweiterte Fehlermeldungen des Webserver, der eigentlich das Programm beziehungsweise eine Installationsdatei dafür liefern sollte. Die Datei können Sie trotz der Endung zum Beispiel mit Notepad öff-



**Nach erfolgreichem Bau stecken Sie den Ziel-USB-Stick an und starten dann Rufus. Es ist fertig konfiguriert, achten Sie aber unbedingt darauf, dass wirklich das richtige Laufwerk ausgewählt ist.**

## Dritte Etappe: Bauprozess starten

1. Drei Bedienschritte genügen jetzt, um das Notfallsystem zu bauen; die angezeigte Bedienoberfläche in der rechten Fensterhälfte hilft Ihnen hindurch. Erstens: Auswahl des Laufwerks mit der eingebundenen ISO-Datei aus dem letzten Schritt der ersten Etappe; zweitens: Starten des Baulaufes und drittens: Bespielen des Sticks.
2. Wenn Sie das erste Mal den Build-Knopf drücken, kann es sein, dass PEBakery zunächst Updates für den Bausatz einspielt. Es fordert Sie dann auf, das Programm erneut zu starten.
3. Nach einem erfolgreichen Baulauf zeigt PEBakery kurz eine Erfolgsmeldung an und aktiviert den Knopf, um Rufus zu starten. Bevor Sie diesen betätigen, müssen Sie den Stick einstecken.
4. Achtung: Sobald Sie den Startknopf in Rufus betätigen, löscht das Programm den USB-Stick. Achten Sie also darauf, dass das richtige Laufwerk mit dem Stick ausgewählt ist und sich keine wichtigen Daten mehr darauf befinden.

nen, indem Sie sie per Drag & Drop in ein geöffnetes Notepad-Fenster fallen lassen. Wenn sie eine Fehlermeldung enthält, sollten Sie die jetzt lesen können.

Meist genügt es aber, eine solche „Programmleiche“ gleich durch Löschen zu entsorgen, dazu bieten die Skripte in der Regel einen Knopf mit einem Papierkorb an. Die verarbeitenden Skripte können sie nicht von der eigentlich erwarteten Datei unterscheiden. Sie versuchen sich trotzdem daran, sie zu verarbeiten, fallen dabei auf die Nase und der Bauvorgang bricht ab. Mit erneutem Start des Skripts sollte die korrekte Datei vom Server kommen und alles seinen geplanten Gang gehen.

Wenn eine Komponente partout nicht erhältlich ist, können Sie das zuständige Skript für den Baulauf deaktivieren. Entfernen Sie dazu das Häkchen vor dessen Namen in der linken Fensterhälfte. Im Fall von Programmen aus dem Bereich „Applications“ geht das gefahrlos. Bei anderen Bereichen ist damit zu rechnen, dass kein startfähiges Notfallsystem entsteht. Schauen Sie im Zweifel ins Forum, ob dort andere Nutzer ähnliche Fehler berichten. Auf der Projektseite (siehe [ct.de/yvff](http://ct.de/yvff)) informieren wir über Updates, die wir für den Bausatz veröffentlicht haben, um solche Probleme zu lösen.

## Happy End

Dieser Artikel thematisiert aus gutem Grund eventuelle Schwierigkeiten, die beim Bauen auftreten können. Aus mehreren Jahren aktivem Support für das Projekt können wir aber auch sagen: Die meisten Probleme entstehen dadurch, dass unsere Hinweise nicht beherzigt worden

sind. Wir wissen freilich auch, dass die nie perfekt sein werden.

Viele Standardsituationen überprüft der Bausatz und warnt vor dem Start, etwa bei aktiver Antivirus-Software oder zu Windows-Konfigurationseinstellungen, die den Bau behindern. Wenn ein Problem länger anhält, nehmen Sie bitte mit uns Kontakt über die oben genannte E-Mail-

Adresse oder im Forum auf. Der Bausatz sichert die Bauprotokolle hochkomprimiert im Logs-Ordner (etwa in C:\ctnot\logs). Schicken Sie die Datei gern mit.

Das fertige Notfallsystem als ISO-Datei finden Sie im Ordner Output (etwa in C:\ctnot\output). Wenn Sie diese Datei in einer virtuellen Maschine als DVD-Laufwerk einbinden, können Sie das System erforschen. Achtung: Nutzen Sie dafür in Hyper-V nur Typ1-VMs oder richten in anderen Umgebungen VMs ohne UEFI-Unterstützung ein; andernfalls startet das System fürchterlich zäh. In Details verhält es sich beim Betrieb von einem nicht beschreibbaren Medium etwas anders. In der Praxis sollte das Notfallsystem vom Stick starten, zumal Sie darauf auch Dateien kopieren können.

Bleibt uns noch, Ihnen viel Erfolg beim Bauen zu wünschen. Berichten Sie auch gern, wie Ihnen das Notfallsystem geholfen hat oder welche Werkzeuge wir in einer kommenden Version ergänzen sollten. An dieser Stelle noch ein Dankeschön an alle, die bereits im Vorfeld der Veröffentlichung Ideen beigesteuert haben. (ps@ct.de) **ct**

**Downloads, Projektseite, Forum:**  
[ct.de/yvff](http://ct.de/yvff)



**Pannenhilfe, wenn Downloads fehlschlagen:** Rufen Sie die Seite für das betroffene Skript links im Projektbaum durch einen Klick auf den Eintrag (hier HWinfo) auf **1**. Lassen Sie das Skript mit etwas zeitlichem Abstand laufen **2**. Schauen Sie in das Log, ob der Download geklappt hat **3**, oder in den Ordner für das Programm in C:\ctnot\Workbench\PhoenixPE\Programs\HWinfo. Sollte sich die Versionsnummer geändert haben, korrigieren Sie über das Stiftsymbol **4** die Versionsnummer oder URL im Skript in einem Texteditor. Bevor Sie das Skript mit **2** erneut starten, muss PEBakery das Skript neu einlesen **5**. Bei Erfolg starten Sie das Gesamtprojekt neu **6**. Wenn es partout nicht klappt, können Sie das Skript vom Bau ausnehmen **7**.



# M



**Knaller-Preis  
zum Jahresstart!**

**1blu**

## Homepage M

- > 2 .de-Domains
- > 80 GB Webspace
- > Webbaukasten
- > Webkonferenz
- > 100 E-Mail-Postfächer
- > 10 GB Mailspeicher

~~6,99 €~~

**2,99**  
€/Monat\*

**12 Monate lang!**

\*Preis/Monat inkl. 19% MwSt. Es fällt keine Einrichtungsgebühr an. Bei Bestellung bis 31.01.2025: 1blu-Homepage M für 2,99 €/Monat in der ersten Vertragslaufzeit von 12 Monaten; danach regulärer Preis von 6,99 €/Monat. Vertragslaufzeit 12 Monate, jederzeit kündbar mit einem Monat Frist zum Vertragsende.

030 - 20 18 10 00 | [www.1blu.de/homepage](http://www.1blu.de/homepage)



Bild: Andreas Martini

# Erstversorgung

## Probleme lösen mit dem Notfall-Windows

**Daten futsch? Bootloader kaputt? Systemdateien defekt? Passwort vergessen? Mit dem c't-Notfall-Windows und unseren Schritt-für-Schritt-Anleitungen bekommen Sie das wieder in den Griff.**

Von Axel Vahldiek

**D**er größte Vorteil unseres Notfall-Windows ist, dass es sich wie eine Windows-Installation auf dem internen Datenträger anfühlt. Sie brauchen sich im Ernstfall also nicht auch noch in das Bedienkonzept eines anderen Betriebssystems einzuarbeiten. Stattdessen können Sie sich auf das konzentrieren, was gerade wirklich wichtig ist: Viren beseitigen, Daten retten, Passwörter zurücksetzen, Bootprobleme beheben und so weiter.

Trotzdem gibt es Unterschiede und Besonderheiten, die schon beim Systemstart losgehen: Stick anstöpseln und PC einschalten reicht nicht immer aus. Die

Netzwerkverbindung steht nicht immer automatisch, verschlüsselte Laufwerke müssen erst mal entsperrt werden, und wo ist eigentlich Laufwerk C:?

Dieser Artikel führt Sie Schritt für Schritt durch die nötigen Handgriffe. Allerdings fehlen hier zwei Themenbereiche, denn denen widmen wir separate Artikel: Der nachfolgende Beitrag hilft bei der Suche nach Viren, Trojanern und anderen Schädlingen. Der letzte Artikel dieser Strecke gibt Tipps, in welchen Fällen das Nachinstallieren von Treibern erforderlich sein kann und was in diesem Fall zu tun ist. Unter anderem haben wir dafür

ein neues Skript entwickelt und ins Notfall-Windows eingebaut.

Falls Ihnen die Anleitungen bekannt vorkommen: So wie wir unser Notfallsystem nicht jedes Jahr erneut erfinden, sondern stattdessen das vorhandene jährlich weiterentwickeln, so verfahren wir auch mit den Anleitungen. Wir berücksichtigen dabei nicht nur technische Fortschritte, sondern auch Ihre Rückmeldungen und Wünsche. Verwenden Sie bitte stets die Anleitungen, die zur jeweiligen Version des Notfallsystems gehören. Tipp: Ergänzen Sie den Ordner „Artikel“ auf Ihrem Stick mit für sie hilfreichen Artikeln aus der Literaturliste – so sind Sie auch für Einsätze ohne Internet gewappnet. Dieser und die beiden folgenden Artikel liegen bereits darin und sind auf dem Desktop mit einem Klick auf „c't-Artikel“ erreichbar.

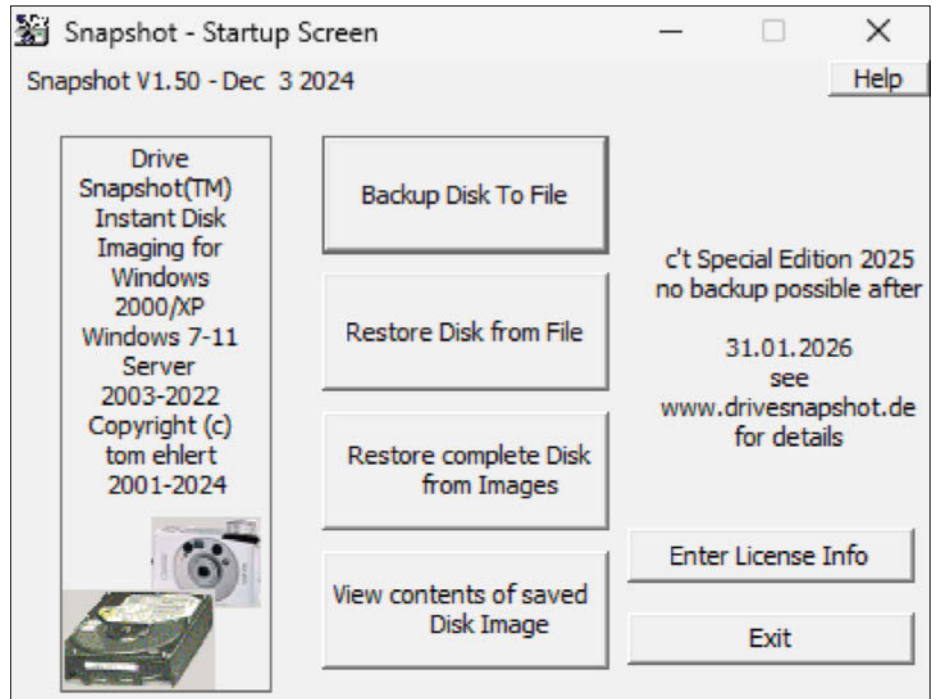
### Spezialversion Drive Snapshot

Zum Notfall-Windows gehört auch in diesem Jahr wieder eine Spezialversion des Imagers Drive Snapshot. Mit dem können Sie beispielsweise vor Reparaturversuchen Abbilder von Festplatten erzeugen (bis Ende Januar 2026) und später bei Bedarf wiederherstellen (zeitlich unbegrenzt).

Das Verwenden des Imagers ist einfach: Booten Sie das Notfall-Windows und verschaffen Sie sich einen Überblick über die Laufwerke (siehe Schritt-für-Schritt-Anleitung). Rufen Sie anschließend aus dem Startmenü „Drive Snapshot“ auf. Zum Sichern wählen Sie „Backup Disk to File“, die Windows-Partition sowie Ziel und Name der Backup-Datei (am besten auf einer externen Festplatte). Nach einem Klick auf „Start Copy“ beginnt das Sichern. Das Zurückspielen gelingt ähnlich simpel: In Drive Snapshot „Restore Disk from File“ anklicken, die Backup-Datei und die Ziel-Partition auswählen und Sicherheitsnachfrage bestätigen. Schon startet die Wiederherstellung.

### Booten

1. Stick an den PC stöpseln, alle anderen USB-Laufwerke abziehen, PC starten. Im Idealfall bootet das Notfall-Windows ohne weiteres Zutun. Voraussetzungen: Der PC muss über mindestens 4 GByte RAM verfügen. Weil unser Notfallsystem eine 64-Bit-Architektur besitzt, muss der PC zudem in der Lage sein, ein 64-Bit-Betriebssystem zu starten. Das können aber seit mindestens zehn Jahren alle PCs bis auf extreme Ausnahmen. Ob auf dem PC



**Auch in dieser Ausgabe unseres Notfall-Windows steckt wieder eine Spezialversion des Imagers Drive Snapshot. Sie können damit Backups bis Januar 2026 erstellen und zeitlich unbegrenzt zurückspielen.**

eine 32- oder 64-Bit-Installation von Windows läuft, spielt keine Rolle. Geräte mit ARM-CPU können das Notfall-Windows nicht ausführen, im PC muss daher ein x86/x64-Prozessor stecken.

2. Falls der PC nicht vom Stick bootet, versuchen Sie es über das BIOS-Boot-

menü (englisch „BIOS Boot Select“, BBS). Es erscheint üblicherweise nach dem Drücken einer Taste (oft Esc, F2, F8, F9, F10, F12 oder Entf). Mitunter zeigen PCs einen Hinweis auf die richtige Taste direkt nach dem Einschalten auf dem Bildschirm. Falls ein großes Herstellerlogo das BIOS-Bootmenü

## Screenreader fürs Notfallsystem

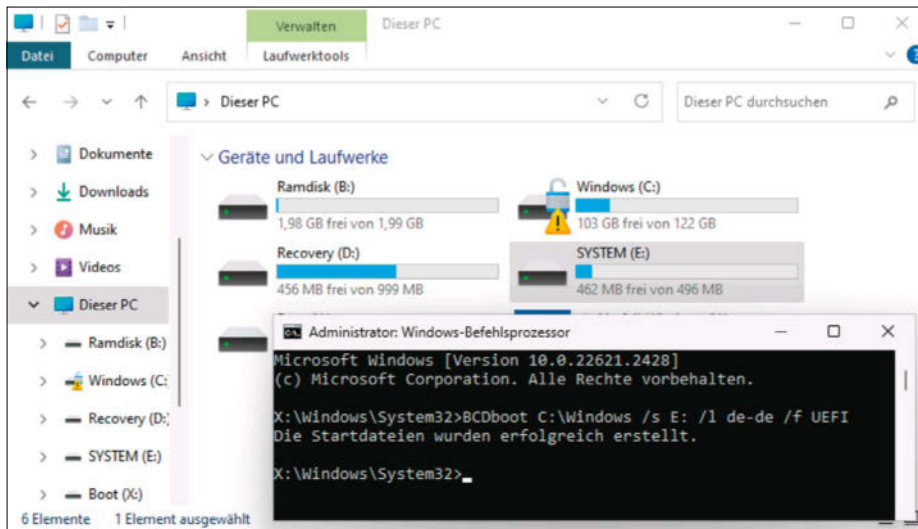
In den vergangenen Jahren waren wir gebeten worden, das c't-Notfall-Windows so auszustatten, dass blinde und sehbehinderte Menschen damit arbeiten können. Dieses Jahr gelang es, den dazu verbreiteten Screenreader NVDA funktionstüchtig einzubauen, auch weil dessen Entwickler an der PE-Tauglichkeit gefeilt haben. Das Programm gibt Bildschirminformationen als Sprache aus und unterstützt moderne Braillezeilen.

Das Notfallsystem weist, wenn es vollständig gestartet ist, mit einer kurzen Tonsequenz darauf hin, dass es bedienbereit ist. Die Tastenkombination Strg-Alt-N startet das Programm. Sehende Personen, die das stört, können vor dem

Bauen in der Bauumgebung unter „Applications/Accessibility“ das Häkchen vor NVDA entfernen; das deaktiviert die Tonausgabe und das Hilfsprogramm, das NVDA über die genannte Tastenkombination starten lässt.

Damit die Einstellungen für NVDA-Nutzer leichter erreichbar sind, liegt das Programm einschließlich seiner zur Konfiguration nötigen INI-Datei auf dem USB-Stick in \Programs\NVDA. Das hat den verschmerzbaeren Nachteil, dass NVDA nur vom Stick läuft, nicht aber, wenn Sie die vom Bausatz erzeugte ISO-Datei in einer VM booten. Der Vorteil: Sie können die Dateien direkt durch eine eigene portable Installation von NVDA ab Version 2024.1 ersetzen. (ps@ct.de)





**Defekte Bootloader stellt ein Kommandozeilenbefehl wieder her.**

überdeckt, werden Sie das oft mit Esc oder dauerhaft in den BIOS-Einstellungen los.

3. Ignoriert der PC Ihre Tastendrucke und bootet direkt die Windows-Installation vom internen Datenträger, fahren Sie diese nicht wieder herunter! Wählen Sie stattdessen „Neu starten“, halten dabei aber die Umschalttaste gedrückt. Entweder erscheint ein Menü, in dem Sie den Stick auswählen können. Oder der PC sollte wenigstens in der Zeit wieder auf Tastendrucke reagieren, in der Windows bereits heruntergefahren ist, aber noch nicht wieder hochfährt.
4. Falls der Stick im BBS doppelt auftaucht, ist das kein Fehler: Er kann sowohl per UEFI als auch klassisch (Legacy BIOS) booten. Achten Sie im Bootmenü auf das, was zusätzlich zum Namen des Sticks in der gleichen Zeile steht, beispielsweise „EFI“ oder „UEFI“. Andersherum steht „CSM“ (Compatibility Support Module) für die klassischen BIOS-Mechanismen. Für Rettungseinsätze spielt es keine Rolle, welchen Eintrag Sie auswählen. Scheitert das Booten beim einen, versuchen Sie den anderen.
5. Anders als bei manch anderen vom Stick startenden Betriebssystemen spielt es für unser Notfall-Windows keine Rolle, ob Secure Boot aktiv ist oder nicht; es verwendet einen signierten Loader, der in beiden Fällen anstandslos startet. Allerdings hat Microsoft angekündigt, das Zertifikat zu sperren, mit dem alle Windows-Bootloader derzeit signiert sind, und als

Ersatz ein neues zu verteilen [2]. Wann es so weit sein soll, will der Konzern bislang partout nicht verraten. Denkbar ist aber, dass unser Bausatz dann ein Update benötigt und Sie den Stick erneut erstellen müssen. Sollte es dazu kommen, werden wir auf der Projektseite darauf hinweisen (siehe ct.de/y46a).

6. Viele weitere Tipps rund um das Booten von USB haben wir in einer FAQ zusammengestellt [3].

**Übersicht über die Laufwerke verschaffen**

Die Laufwerksbuchstaben können sich von den gewohnten unterscheiden, denn jede Windows-Installation vergibt die Buchstaben selbst [4]. Das gilt auch für das Notfall-Windows. Normale Installationen merken sich die Zuordnung in ihrer jeweiligen Registry, das Notfall-Windows vergisst sie beim Neustart. Es bindet zudem zur Laufzeit eigene Laufwerke ein.

1. Explorer öffnen (via „Dieser PC“ auf dem Desktop, Explorer-Icon neben dem Startknopf oder Tastenkombination Windows+E).
2. Das Notfallsystem benutzt B: als RAM-Disk, X: als Systemlaufwerk und Y: für das Bootmedium. Achtung: Das Programm Macrium Reflect zum Klonen oder Sichern der Windows-Installation verwürfelt die Buchstaben. Ordnung lässt sich ohne Neustart wieder herstellen. Dazu den kleinen EKG-Bildschirm in der Taskleiste im Bereich neben der Uhr anklicken und „Remount Boot Media as Y:“ aufrufen.

3. Ein Blick im Explorer auf die Dateien und Ordner hilft beim Identifizieren der Windows-Partition.

**Fehlende Laufwerke einbinden**

Der Explorer zeigt standardmäßig nicht alle Laufwerke an, die vorhanden sind. Die Windows-eigenen Partitionen, die den Bootloader sowie die Wiederherstellungsumgebung „Windows RE“ [5] enthalten, bindet unser Notfallsystem standardmäßig nicht ein (macht Windows auch nicht). Je nach Partitionierung kann es zudem sein, dass Sie weitere, sonst gewohnte Laufwerke im Explorer nicht sehen.

1. Im Startmenü finden Sie unter „Alle Programme/Utilities“ ein Skript namens „Alles mounten (ctmountall.bat)“. Es versieht alle Laufwerke mit einem Buchstaben (genauer: alle Volumens auf allen Partitionen), die bislang im Explorer nicht zu sehen waren. Das Skript fasst die Installation auf dem internen Datenträger nicht an.
2. Das Einbinden der Laufwerke gilt nur für die laufende Sitzung, nach einem Neustart müssen Sie das Skript daher bei Bedarf erneut ausführen.

**Netzwerk verbinden**

1. Ist der PC per Kabel mit einem Router verbunden, stellt das Notfallsystem die Verbindung automatisch her.
2. Alternativ können Sie sich auch per WLAN mit dem Netz verbinden. Klicken Sie mit der linken Maustaste auf das Netzwerksymbol in der Taskleiste im Bereich neben der Uhr (Achtung, es gibt zwei solcher Symbole. Wenn nichts passiert, klicken Sie auf das andere). Wählen Sie aus der Liste das gewünschte WLAN zum Verbinden aus und tippen Sie das Kennwort ein.
3. Falls der Treiber für den WLAN-Adapter fehlt, hilft der Artikel ab Seite 28 in dieser Ausgabe.

**Netzlaufwerk verbinden**

1. In der Taskleiste doppelt auf das Netzwerksymbol klicken, es öffnet sich der „PE Netzwerk Manager“. Darin links „Netzlaufwerke“ auswählen.
2. Laufwerksbuchstaben wählen, Pfad im Format \Server\Freigabe, Benutzername und Kennwort eintippen, oben auf „Verbinden“ klicken.

**BitLocker-Laufwerk entsperren**

Das Entsperren verschlüsselter Laufwerke ist auch dann erforderlich, wenn nicht Bit-

Locker, sondern die „Geräteverschlüsselung“ das Verschlüsseln erledigt hat [6].

1. Im Explorer im Kontextmenü des Laufwerks auf „Laufwerk entsperren“ klicken und das Passwort oder den Wiederherstellungsschlüssel [7] eingeben.
2. Alternativ: Eingabeaufforderung öffnen (Icon neben dem Startknopf in der Taskleiste). Dort für die Eingabe des Kennworts `manage-bde -unlock c: -pw` eingeben (Laufwerksbuchstaben anpassen, `-rp` statt `-pw` für den Wiederherstellungsschlüssel). Lassen Sie sich nicht davon irritieren, dass beim Eingeben des Kennworts weder Buchstaben noch Sternchen angezeigt werden noch sonst etwas. Das Kennwort mit Enter bestätigen.
3. Bei Bedarf liefert der Aufruf `manage-bde -unlock c: -?` alternative Mechanismen für das Entsperren.

### Programme nachrüsten

Geeignet sind die meisten Programme, die es als portable Version gibt. Solche lassen sich einfach herunterladen und entpacken; sie laufen dann ohne Installation.

1. Booten Sie das Notfall-Windows, starten Sie den Browser Firefox und laden Sie das nachzurüstende portable Programm herunter.
2. Entpacken Sie es auf den Stick mit dem Notfallsystem (standardmäßig Y:) in einem neuen Ordner in „Programms“.

- Starten Sie es testhalber. Das entpackte Programm bleibt auch über einen Neustart des Notfallsystems hinweg erhalten.
3. Nicht jedes Programm läuft. Manchmal sind Ergänzungen im Notfallsystem selbst dafür nötig. Wie das geht, steht in [8].

### Windows-Kennwort vergessen

1. Warnung: Sofern Sie Dateien mit der Windows-eigenen NTFS-Dateiverschlüsselung EFS schützen, lassen sich diese nach Durchlaufen der folgenden Prozedur aus Sicherheitsgründen nicht mehr entschlüsseln. Falls Sie kein unverschlüsseltes Backup dieser Dateien haben, sind sie dann verloren. Nach dem Booten des Notfallsystems im Startmenü unter „Alle Programme/Passwörter“ das Programm NTPWEdit starten. Achtung: Nach dem Zurücksetzen sind gespeicherte Zugangsdaten weg, etwa für Outlook. Das Programm entsperrt zudem nur herkömmliche, lokale Konten (für Microsoft-Konten weiter bei Schritt 6).
2. Vorausgewählt ist die erste auf dem internen Datenträger erkannte Windows-Installation. Ein Klick auf „Open“ zeigt die Kontonamen.
3. Konto auswählen, „Change password“ klicken, neues Passwort vergeben und bestätigen. Anschließend klicken auf „OK“ und „Save Changes“.

4. Um das Kennwort eines Kontos einer anderen Installation zu ändern, müssen Sie deren SAM-Datenbankdatei auswählen, die jeweils unter `\Windows\system32\config` zu finden ist. Der Auswahl-dialog öffnet sich nach einem Klick auf die drei Punkte neben der Pfadangabe.
5. Die Schnell-und-schmutzig-Alternative: PassReset (unter „Alle Programme/Passwörter“) entfernt kurzerhand die Passwörter ausgewählter Konten, vergibt aber keine neuen. Zum Anmelden an ein solches Konto reicht dann das Drücken der Entertaste.
6. Ein Windows-Konto, das mit einem Microsoft-Konto verknüpft ist, entriegelt „Windows Login Unlocker“ unter „Alle Programme/Passwörter“. Es wandelt das Konto in ein herkömmliches lokales ohne Passwort um.

### Windows-Bootloader reparieren

1. Aus dem Startmenü unter „Alle Programme/Utilities“ den Eintrag „Alles mounten (ctmountall.bat)“ aufrufen. Das Skript verpasst allen Volumes einen Laufwerksbuchstaben, die derzeit noch keinen haben. Es verwendet dabei angefangen bei C: über D:, E: und so weiter jeweils das, was frei ist.
2. Starten Sie den Explorer und durchsuchen Sie die Laufwerke. Identifizieren Sie die Windows-Partition und

## Vor der Reparatur: Backup!

Weil es nicht immer gleich offensichtlich ist, was genau ein Problem verursacht, folgen Reparaturversuche oft dem Konzept von Versuch und Irrtum. Und wenn es blöd läuft, ist Windows anschließend kaputter als zuvor. Daher der Hinweis: Seien Sie sich stets bewusst, dass Sie mit unserem Notfall-Windows nicht nur diverse Probleme lösen, sondern womöglich auch neue produzieren können.

Gegen Fehlbedienungen hilft die Lektüre der Anleitungen. Gegen Fehleinschätzungen hilft eine gründliche Vorabrecherche, die aber zugegebenermaßen nicht jedermanns Sache ist, zumal im Ernstfall oft die nötige Ruhe fehlt. Was aber in allen Fällen hilft: ein Backup. Haben Sie ein Image der noch funktionierenden Installation, ist das Zurückspielen der Problemlöser schlechthin. Doch

selbst ein Image einer defekten Installation hilft, wie Sie es mit Drive Snapshot aus dem Notfall-Windows heraus erzeugen können. Denn dann kommen Sie zumindest zum Ausgangspunkt Ihrer Reparaturbemühungen zurück.

Warum ein Backup auch essenziell ist: Obwohl wir das Notfallsystem vor der Veröffentlichung sehr intensiv testen, könnte auch uns ein Fehler durchgerutscht oder eine fiese Wechselwirkung entgangen sein – es wäre nicht das erste Mal. Schauen Sie daher bitte direkt vor einem Reparaturversuch auf unsere Projektseite (siehe [ct.de/y46a](http://ct.de/y46a)) und am besten auch ins Forum. Dort finden sich Hinweise auf Bugs oft zuerst und wir dokumentieren dort auch bereitgestellte Updates.

Voraussetzung für den Einsatz von Drive Snapshot ist zwar das Bauen des

Notfall-Windows mit unserem Bausatz. Anschließend läuft der Imager aber nicht nur unter dem gebooteten Notfall-Windows. Wenn Sie das auf dem internen Datenträger installierte Windows starten und den Stick mit dem Notfallsystem anstecken, finden Sie das Programm darauf im Ordner „Programms/Snapshot“. Sie können die Datei „Snapshot.exe“ direkt starten oder auf ein Backup-Laufwerk kopieren, um das Programm von dort zu starten und im Ernstfall mit dem Image zusammen parat zu haben. Es läuft ohne Installation. Alternativ und ganz ohne Notfall-Windows können Sie zum Sichern unser Sicherungsskript `c't-WIMage` verwenden ([ct.de/wimage](http://ct.de/wimage)). Eine Entscheidungshilfe, wann welches der beiden Werkzeuge das Richtige für Sie ist, haben wir in [1] veröffentlicht.

merken Sie sich deren Laufwerksbuchstaben (zum Beispiel C:).

3. Identifizieren Sie im Explorer das Laufwerk mit dem Bootloader. Finden Sie eines, auf dem im Wurzelverzeichnis bloß ein Ordner namens EFI mit Unterordnern namens „Boot“ und „Microsoft“ liegt, merken Sie sich dessen Laufwerksbuchstaben (beispielsweise E:) sowie das Wort „UEFI“. Achtung: Bei Linux-Parallelinstallationen können weitere Ordner auf diesem Laufwerk vorhanden sein. Entdecken Sie stattdessen ein Laufwerk mit dem Ordner „Boot“ und der Datei „bootmgr“, merken Sie sich dessen Buchstaben (auch hier diene E: als Beispiel) und das Wort „BIOS“.
4. Eingabeaufforderung öffnen (Icon neben dem Startknopf in der Taskleiste).
5. Der Befehl `BCDboot C:\Windows /s E: /l de-de /f UEFI` restauriert den Bootloader, sodass Windows wieder startet. Passen Sie C:\Windows und E: (Bootloader-Laufwerk) an. Tauschen Sie gegebenenfalls UEFI gegen BIOS. Obacht: Linux-Bootloader gehen eventuell verloren und müssen dann ebenfalls restauriert werden. (axv@ct.de) **ct**

### Literatur

- [1] Axel Vahldiek, Ungleiche Zwillinge, Windows-Image mit Drive Snapshot oder mit c't-WIMage sichern?, c't 21/2022, S. 164
- [2] Axel Vahldiek, FAQ: Das Secure-Boot-Desaster, c't 13/2024, S. 158
- [3] Axel Vahldiek, FAQ: Booten von USB-Laufwerken, c't 24/2018, S. 172
- [4] Axel Vahldiek, Sortieren Sie selbst, Tipps zu Laufwerksbuchstaben unter Windows, c't 7/2019, S. 134
- [5] Axel Vahldiek, REanimation, Windows-Wiederherstellungsumgebung RE reparieren, c't 18/2024, S. 144
- [6] Axel Vahldiek, Gut gemeint, Windows: Die Geräteverschlüsselung, c't 28/2024, S. 146
- [7] Axel Vahldiek, Aus gegebenem Anlass: BitLocker-Wiederherstellungsschlüssel sichern!, c't 19/2024, S. 37
- [8] Peter Siering, Werkzeugmacher, c't-Notfall-Windows 2024: Tipps und Tricks zum Erweitern, c't 8/2024, S. 154
- [9] Jan Schübler, Ereignisreich, Die Ereignisanzeige als Wegweiser bei Windows-Problemen nutzen, c't 20/2016, S. 104
- [10] Peter Siering et al., Titelthema „Daten selbst retten“, c't 23/2021 ab S. 58
- [11] Christof Windeck, Was ist kaputt?, So nutzen Sie das c't-Notfall-Windows für die Hardware-Diagnose, c't 2/2022, S. 24
- [12] Axel Vahldiek, Copy & Save, Windows-Installationen als Klon übertragen oder als Image sichern, c't 22/2019, S. 20
- [13] Peter Siering, Ad-hoc-Windows-Umzug, Installation auf neuen Datenträger übertragen mit dem c't-Notfall-Windows, c't 17/2023, S. 22
- [14] Jan Schübler, Dicht und frei, Windows-Partition mit VeraCrypt verschlüsseln, c't 17/2020, S. 162

Projektseite: [ct.de/-10091707](https://ct.de/-10091707)

## Weitere Werkzeuge des c't-Notfall-Windows (Auswahl)

Ans Startmenü geheftet	
Autoruns	Autostart-Analyse, siehe S. 24
Defender, Emsisoft, Eset, Trellix Stinger (ex. McAfee), Trend Micro	Virens Scanner, siehe S. 24
Drive Snapshot	Imager: Erstellt Abbilder der Festplatte und spielt sie wieder zurück (Spezialversion: Erzeugt Images bis Januar 2026 und spielt sie zeitlich unbegrenzt zurück.)
Analyse	
BlueScreenView	Analyse von Bluescreens
FullEventLogView	Ereignisanzeige der Installation auf dem internen Datenträger einsehen [9]
WizTree	Füllstandsanalyse von Datenträgern
Daten retten [10]	
BrowserDownloadsView	zeigt die Downloads eines Browsers (Taste F9 drücken zum Anpassen der Pfade)
BrowsingHistoryView	zeigt die History eines Browsers (Taste F9 drücken zum Anpassen der Pfade)
Data Recovery Wizard	EaseUS Data Recovery Wizard, Datenretter
DMDE	„DM Disk Editor and Data Recovery Software“, Disk-Editor und Datenretter
GNU ddrescue	kopiert Datenträger auch bei hartnäckigen Lesefehlern weitgehend vollständig. Sie finden das Kommandozeilenprogramm nicht im Startmenü. Rufen Sie stattdessen die Busybox shell auf und geben führen Sie es dort durch Eingabe von <code>ddrescue</code> aus.
FastCopy	Kopierprogramm
HDDRawCopy	erstellt vollständige Abbilder der Festplatte inklusive jener Sektoren, die das Dateisystem für leer hält
ImgBurn	Brennprogramm
Linux Reader	liest Laufwerke, die mit den Linux-Dateisystemen ext2/ext3/ext4 und ReiserFS sowie Mac-Laufwerke, die mit HFS und HFS+ formatiert sind
Recuva / PhotoRec / TestDisk	Datenrettung: Daten / Bilder / Partitionen
PreviousFilesRecovery	findet alte Dateiversionen über Schattenkopien
ShadowCopyView	extrahiert Dateien aus Schattenkopien
Unstoppable Copier	Kopierprogramm, setzt auch bei Lesefehlern fort
Hardware [11]	
CPU-Z / GPU-Z / PCI-Z / SSD-Z	Informationen zu Prozessor und Arbeitsspeicher / Grafikkchip / PCI-Anschlüssen / SSDs
Crystal Disk Info	Informationen über die Datenträger
h2testw	prüft Integrität von Speichermedien (USB-Sticks)
HDTune	liest Smart-Werte von Festplatten/SSDs aus, enthält simplen Benchmark und Oberflächentest
HWinfo	Übersicht über die gesamte erkannte Hardware
HWMonitor	CPU-Überwachung
Prime95	CPU-Stresstest: „Torture Test“ erzeugt sehr hohe Prozessorlast, wahlweise auch auf nur einem Kern (Turbo-Test)
Speccy	Übersicht über die gesamte erkannte Hardware sowie zu einigen Windows-Details
Passwörter	
KeePass	Kennwortdatenbank zugänglich machen
Keyfinder (c't)	c't-Skript, liest alle Windows-Installationsschlüssel aus, mehr dazu unter <a href="https://ct.de/keyfinder">ct.de/keyfinder</a>
Keyfinder (NirSoft)	liest Produktschlüssel aus
MailPassView	liest Zugangspasswörter von Mailclients aus
NTPWedit	setzt neue Windows-Passwörter (siehe Anleitung „Windows-Kennwort vergessen“)
PassReset	entfernt Windows-Passwörter (siehe Anleitung „Windows-Kennwort vergessen“)
SecurityQuestionsView	liest die hinterlegten Sicherheitsfragen zum Passwort aus
Windows Login Unlocker	sperrt Benutzerkonten auf, die mit einem Microsoft-Konto verbunden sind (siehe Anleitung „Windows-Kennwort vergessen“)
Utilities	
7-Zip File Manager	packt und entpackt diverse Archiv-Formate
AgentRansack	flexible Dateisuche
Alles mounten (c't-MountAll)	bindet in den Explorer des Notfall-Windows alle Volumes ein, die bislang keinen Laufwerksbuchstaben haben (siehe Anleitung „Fehlende Laufwerke einbinden“)
AnyDesk, RustDesk	Fernwartung (Proprietär, Open Source)
Bootice	Bootloader, MBR, UEFI-Einträge und mehr bearbeiten
Busybox shell	startet eine „Unix-artige“-Shell – nützlich für alle, denen find & Co. schnell von der Hand gehen
Disk2VHD	Sysinternals-Tool: Kopiert komplette Datenträger in VHD(X)-Dateien (ein Format für virtuelle Festplatten)
Everything	schnelle Dateisuche auf NTFS-Laufwerken
FreeCommander	Dateimanager
HxD Editor	Hex-Editor
Macrium Reflect	Imager, taugt auch zum Klonen von Windows-Installationen [12]
MiniTool Partition Wizard	Partitionierer, taugt auch für Umzüge von Windows-Installationen [13]
Treiber laden (c't-DrvInst)	Treiber temporär aus Windows-Installationen auf den internen Datenträgern laden (siehe S. 28)
VeraCrypt	Verschlüsselungsprogramm [14]
WinMerge	vergleicht Dateien und Ordner



# WIR TEILEN KEIN HALBWISSEN. WIR SCHAFFEN FACHWISSEN.



23.01.25



WEBINAR

## Wärmepumpentechnik für Einsteiger

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

19.02.25



WORKSHOP

## Kluge Strukturen für Microsoft 365

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

25. + 26.02.25

SECURITY  
CHECK



WORKSHOP

## Dienste mit SELinux absichern

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

06.03.25



WEBINAR

## Photovoltaik für Einsteiger

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

25. + 26.03.25



WORKSHOP

## Blender im professionellen Workflow

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

09. + 10.04.25



WORKSHOP

## Einführung in den Kea DHCP Server

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

Sichern Sie sich Ihren Frühbucher-Rabatt:

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



**Fünf Virens Scanner, zwei Schnelltests: Die aktuelle Ausgabe unseres Notfallsystems ist wieder bestens für die Suche nach Schadsoftware gerüstet. Die nötigen Handgriffe erläutern unsere Schritt-für-Schritt-Anleitungen.**

Von Axel Vahldiek

**S**agen wir es deutlich gleich vorab: Eine Windows-Installation, bei der der Verdacht besteht, dass sich Schadsoftware darin eingenistet hat, gehört gelöscht. Als Ersatz spielen Sie einfach ein Image der Installation zurück, das erstellt wurde, als sie noch als sauber galt. Doch selbst wenn Sie ein solches Image haben, sieht es bei Freunden und Verwandten oft anders aus. Und gemäß der reinen Lehre ist dann eine Neuinstallation fällig.

In solchen Fällen schlägt die Stunde des Notfall-Windows: Damit durchsuchen Sie die Installation gründlich nach Schadsoftware. Bestätigt sich dabei der Virenverdacht, wissen Sie, dass eine Neuinstallation tatsächlich angebracht ist. Dritten gegenüber mag diese Bestätigung als Argumentationshilfe dienen. Für jene Fälle, in denen eine Neuinstallation partout nicht infrage kommt, bieten die Werkzeuge des Notfall-Windows das Entfernen der Schadsoftware an. Eine Garantie dafür, dass das klappt, gibt es zwar nicht, aber falls die Reinigungsversuche scheitern, haben Sie noch ein Argument mehr für die Neuinstallation.

Die Suchprogramme, die nach dem Booten des Notfallsystems vom Stick starten, können vom Virus auf der SSD/Festplatte nicht befallen werden. Denn er läuft ja in diesem Moment nicht, sondern liegt einfach nur als inaktiver Datenhaufen auf dem Datenträger. Daher versagen auch alle jene Tricks, mit denen sich Viren heutzutage zu verstecken versuchen.

Eines aber ist und bleibt lästig an der Suche nach Viren: Weil die Scanner dabei jeweils viele Gigabyte an Daten gründlich durchforsten müssen, können die Suchläufe je nach Leistungsfähigkeit der Hard-

# Weg mit dem Dreck

## Virensuche mit dem Notfall-Windows 2025

ware einige bis durchaus viele Stunden dauern. Eine Abkürzung können unsere Schnelltests bieten: Damit erfahren Sie zwar nicht, ob die gesamte Installation sauber ist. Es stellt aber vielleicht ruckzuck heraus, dass tatsächlich ein Schädling vorhanden ist, und dann wissen Sie, dass die gründlichen Suchläufe lohnen.

Weil bei einem Virenbefall die Hektik ohnehin groß genug ist, liefern wir für alle in diesem Betrag erwähnten Werkzeuge zur Virensuche wieder Schritt-für-Schritt-Anleitungen. Falls Ihnen diese Anleitungen bekannt vorkommen, täuschen Sie sich nicht, denn sie basieren auf den Texten aus dem letzten Jahr. Wir haben sie für die aktuelle Ausgabe gründlich überprüft und überarbeitet. Verwenden Sie also nur die aktuellen Versionen.

## Schnelltests

Vorab noch ein paar Worte zu den Schnelltests. Der erste steckt im Sysinternals-Programm „Autoruns“. Es kann alle Autostart-Einträge der Windows-Installation durchforsten und die gefundenen Programme auf einen Schlag von über 70 Scannern prüfen lassen. Das gelingt im Idealfall sogar rasend schnell, denn Autoruns lädt dazu Hashes der ausführbaren Dateien bei VirusTotal.com hoch. Das ist ein von Google betriebener Dienst. Nur bei dort unbekanntes Hashes ist der Upload der zu prüfenden Datei selbst erforderlich.

Auch beliebige einzelne Dateien können Sie mit dem Notfall-Windows einem Schnelltest unterziehen. Klicken Sie dazu im Kontextmenü einer verdächtigen Datei auf „Senden an/Sigcheck“. Sigcheck ist ebenfalls ein Programm von Sysinternals. Es prüft erstens die Signatur der Datei, bildet zweitens diverse Prüfsummen (MD5, SHA1, SHA256 ...) und lädt drittens ebenfalls einen Hash bei VirusTotal hoch. Das Ergebnis erscheint in einer zwar hässlichen, aber funktionalen Eingabeaufforderung.

Was die Interpretation der Ergebnisse betrifft: Es gilt im Wesentlichen dasselbe wie bei Autoruns. Sofern die Datei von einem bekannten Anbieter signiert ist und kein Virens Scanner etwas zu meckern hat, ist sie wahrscheinlich harmlos – obwohl es keine Garantie gibt. Wenn hingegen die Signatur fehlt oder Seltsamkeiten aufweist, sollten Sie vorsichtig sein. Beachten Sie: Microsoft hat entschieden, dass zwar so ziemlich alle Windows-eigenen ausführbaren Dateien signiert sind, die Signaturen aber nicht in den Dateien selbst

drin stecken (sondern tief unterhalb des Windows-Ordners versteckt sind). Als Folge erscheinen viele Windows-eigene Dateien unter dem Notfall-Windows als nicht signiert. Das ist normal und erst mal kein Grund zur Sorge. Dasselbe passiert übrigens auch, wenn Sie von einer Parallelinstallation aus die Signatur prüfen.

## Vorbereitungen

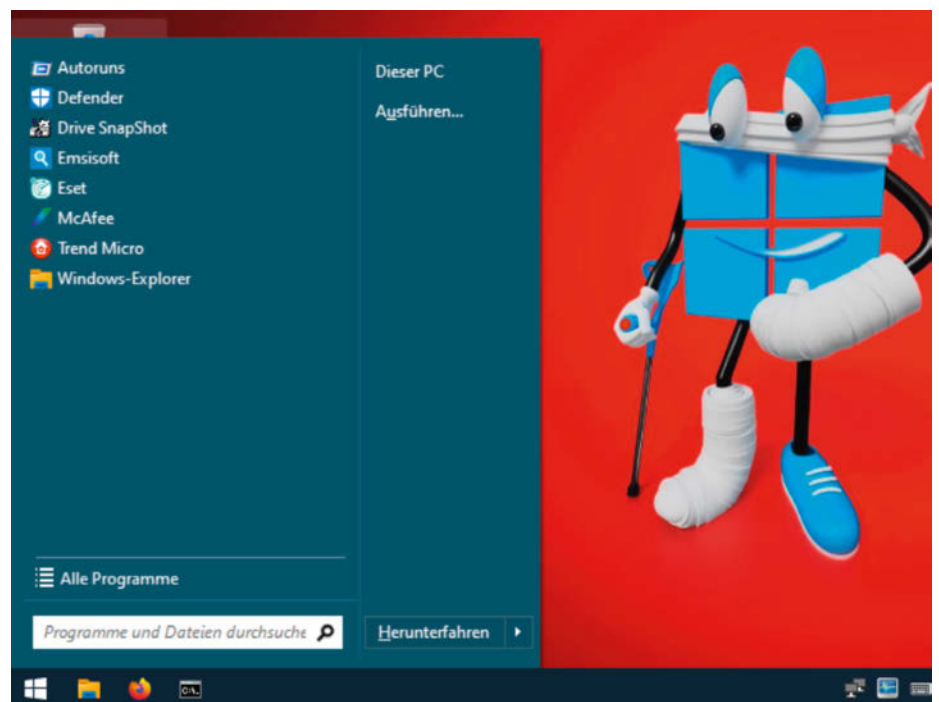
1. Falls auch nur der geringste Verdacht auf einen Erpressungstrojaner besteht: Rechner sofort hart ausschalten! Anschließend Notfall-Windows booten und alles an Daten retten, was noch unverschlüsselt ist.
2. Sonst das auf der Platte installierte Windows laufen lassen, aber alle Netzwerkverbindungen kappen.
3. Explorer öffnen, im Kontextmenü der Windows-Partition (üblicherweise C:) „Eigenschaften“ auswählen, auf „Bereinigen“ klicken, um die Datenträgerbereinigung zu starten. Dort „Systemdateien bereinigen“ anklicken, Nachfrage bestätigen, alle Häkchen setzen, Nachfragen bestätigen.
4. Browser-Cache leeren. Firefox: „Einstellungen/Datenschutz und Sicherheit/Chronik löschen“. Edge: im Dreipunkte-Menü klicken auf „Einstellungen/Datenschutz, Suche und Dienste/Browserdaten jetzt löschen: Zu lö-

schende Elemente auswählen“. Chrome: Strg+Umschalt+Entf drücken, den „Zeitraum“ auf „Gesamte Zeit“ umstellen, „Daten löschen“ anklicken.

5. Im Mailclient Papierkorb und Spam-Ordner leeren.

## Virenschnelltest mit Autoruns

1. Notfall-Windows booten, Netzwerkverbindung herstellen, Windows-Partition auf der Festplatte identifizieren (siehe S. 18).
2. Aus dem Startmenü „Autoruns“ aufrufen.
3. Laufenden Scan bei Eile durch Drücken der Esc-Taste abbrechen.
4. In der Menüleiste unter „Options“ auf „Scan Options“ klicken. Häkchen vor „Check VirusTotal.com“ setzen. Auf „Rescan“ klicken.
5. In der Menüleiste auf „File“ und „Analyze Offline System“ klicken. Im Dialog hinter „System Root“ den Pfad zum Windows-Ordner eintragen (üblicherweise C:\Windows), hinter „User Profile“ den Pfad des Nutzerprofils (C:\Users\- 6. Nach dem Scan in der Spalte „Virus Total“ nachschauen (Anzeige dazu eventuell nach rechts scrollen): Steht hier hinter einem Autostart-Eintrag „0/76“, hat kein Scanner etwas gefunden. Die Zahl hinter dem Schrägstrich



**Direkt im Startmenü des Notfall-Windows finden Sie gleich fünf Virens Scanner.**



ist die Anzahl der prüfenden Scanner und variiert, entscheidend ist die Zahl vor dem Schrägstrich. Steht hier eine andere Zahl als 0, kommts drauf an: Ist es nur eine 1, handelt es sich vermutlich um einen Fehlalarm, bei 2 oder 3 womöglich auch. Spätestens bei höheren Zahlen ist eine gründliche Recherche angebracht.

7. Sollten auf dem PC verschiedene Nutzerkonten verwendet werden, Vorgang mit deren Nutzerprofilen wiederholen.
8. Bei Windows-Parallelinstallationen bitte beachten: Jede Windows-Installation muss vom Notfall-Windows mit dem Laufwerksbuchstaben eingebunden sein, den sie selbst zu haben glaubt. Wenn sich also beide Installationen jeweils auf C: wöhnen, wird sie das Notfall-Windows trotzdem als C: und D: einbinden, und dann müssen Sie vor der Prüfung von D: mit Autoruns die Buchstaben D: und C: in der Datenträgerverwaltung tauschen. Details dazu haben wir in [1] beschrieben.

### Virenschnelltest mit Sigcheck

1. Notfall-Windows booten, Netzwerkverbindung herstellen, Windows-Partition auf der Festplatte identifizieren (siehe S. 18).
2. Im Explorer verdächtige Datei auswählen, in ihrem Kontextmenü auf „Senden an“ und „Sigcheck“ klicken. Die Ausgabe erscheint in einer Eingabeaufforderung.
3. Zeile „Verified“ prüfen: „Signed“ deutet auf Vertrauenswürdigkeit hin. Alles andere ist ein Alarmsignal, vor allem, wenn die Datei angeblich von einer großen Firma wie Microsoft und Google stammt. Das gilt für „Unsigned“

## Signatur-Update abkürzen

Beim Bauen landen aktuelle Signaturen für den Windows Defender und Emsisoft im Notfallsystem – die übrigen Scanner beziehen diese erst beim Start über eine bestehende Internetverbindung. Wenn Sie mit dem c't-Notfall-Windows Systeme offline, ohne Internet untersuchen, helfen also nur die erstgenannten Scanner.

Damit Sie zum Aktualisieren der Signaturen nicht den Bauvorgang erneut starten müssen, haben wir eine Abkürzung vorgesehen: In PEBakery finden Sie im Projektbaum unter Extras das Skript „Signatur-Aktualisierung“. Es erledigt alle nötigen Schritte. Das funktioniert, solange Sie die Dateien des letzten erfolgreichen Baulaufs nicht gelöscht haben. (ps@ct.de)

- ebenso wie für eine vorhandene, aber als nicht vertrauenswürdig eingestufte Signatur (beispielsweise: „Die digitale Signatur des Objekts konnte nicht bestätigt werden“, „Ein Zertifikat wurde explizit durch den Aussteller gesperrt“ oder „Eine Zertifikatskette zu einer vertrauenswürdigen Stammzertifizierungsstelle konnte nicht aufgebaut werden“).
4. Steht ziemlich weit unten in der Zeile „VT detection“ als Ergebnis „0/76“, hat keiner der auf VirusTotal versammelten Scanner etwas Verdächtiges gefunden. Die Zahl hinter dem Schrägstrich ist die Anzahl der beteiligten

Scanner und variiert, entscheidend ist die Zahl vor dem Schrägstrich. Der Link zur Ergebnisseite der Prüfung steht eine Zeile tiefer. Sie können ihn wie gewohnt mit der Maus markieren, per Strg+C in die Zwischenablage kopieren und in Firefox in die Adresszeile einfügen.

### Virensuche ...

Notfall-Windows booten, Windows-Partition auf der Festplatte identifizieren (siehe Artikel ab S. 18).

1. Wichtig: Vor dem Start eines Scanners Netzwerkverbindung herstellen.
2. Scanner **nacheinander** laufen lassen (siehe folgende Anleitungen). Die Reihenfolge ist egal. Vor jedem weiteren Suchlauf das Notfallsystem neu starten und wieder bei der Anleitung „Virensuche ...“ beginnen.

### ... mit Defender Offline

1. Der Defender kann nur 64-Bit-Windows-Installationen prüfen. Falls bei Ihnen ein 32-Bit-Windows installiert ist: weiter beim nächsten Scanner. Dasselbe gilt, wenn Microsofts Virens Scanner Fehlermeldungen auswirft (er verwendet Systemdateien von C:, was nicht immer klappt).
2. Aus dem Startmenü „Defender“ aufrufen. Das Programm beginnt sofort mit der Virensuche, brechen Sie diese durch einen Klick auf „Cancel scan“ ab.
3. Im Reiter „Update“ auf „Update definitions“ klicken. Warten, bis die frischen Virendefinitionen geladen sind.
4. Im Reiter „Home“ unter „Scan Options“ „Custom“ auswählen, auf „Scan now“ klicken.

Autorun Entry	Description	Image Path	Timestamp	VirusTotal
HKCU\SOFTWARE\Microsoft\Windows\CurrentVersion\Run			04.12.2024 12:09	
Microsoft Edge	Microsoft Edge	c:\program files (x86)\microsoft\edge\application\msedge.exe	20.03.2024 20:01	0/76
Microsoft OneDrive	Microsoft OneDrive	c:\users\ct\appdata\local\microsoft\onedrive\onedrive.exe	13.07.2019 00:01	0/76
Microsoft Edge Installer	Microsoft Edge Installer	c:\program files (x86)\microsoft\edge\webview\application\131.0.29...	25.11.2024 13:21	0/76
eicar.com		c:\users\ct\appdata\roaming\microsoft\windows\start menu\programs\startup\eicar.com	26.11.2024 13:46	56/76
Microsoft Edge Installer	Microsoft Edge Installer	c:\program files (x86)\microsoft\edge\application\131.0.2903.70\ins...	25.11.2024 13:21	0/76
Microsoft Setup-Hilfsprogramm für die Microsoft Legacy...	Setup-Hilfsprogramm für die Microsoft Legacy...	c:\windows\system32\unregmp2.exe	08.07.1982 00:20	0/76
Microsoft Setup-Hilfsprogramm für die Microsoft Legacy...	Setup-Hilfsprogramm für die Microsoft Legacy...	c:\windows\system32\unregmp2.exe	08.07.1982 00:20	0/76

Autoruns durchsucht nicht die komplette Installation, sondern beschränkt sich auf alles, was Windows beim Hochfahren startet. Oft reicht dieser Schnelltest schon, um eine Infektion zu erkennen, hier beispielhaft mit der harmlosen Testdatei Eicar.

5. Laufwerke auswählen, auf „OK“ klicken, die Virensuche beginnt.

### ... mit Emsisoft Emergency Kit

1. Aus dem Startmenü „Emsisoft“ aufrufen.
2. Update abwarten.
3. Lizenzvereinbarung annehmen.
4. Auf den Link „Jetzt aktualisi[...“ klicken
5. Im Feld „Scannen“ auf „Eigener Scan“ klicken.
6. Die Laufwerke des Notfall-Windows (B:\, X:\ und Y:\) durch Klick auf das rote Kreuz daneben aus der Auswahl entfernen.
7. Option unter „Scan-Einstellungen“ nach Wunsch aktivieren.
8. Auf „Weiter“ klicken (dazu je nach Display-Auflösung erst etwas nach unten scrollen). Das Programm überprüft nun die Laufwerke.

### ... mit Eset Online Scanner

1. Nach dem Start des Notfall-Windows einige Sekunden warten. Dann aus dem Startmenü „Eset“ aufrufen, auf „Erste Schritte“ klicken, Nutzungsbedingungen akzeptieren.
2. Falls die Software jetzt eine neue Produktversion herunterlädt und sich dann beendet: Wie sich die künftige Version verhalten wird, lässt sich nicht vorhersagen, aber falls es wie bisher läuft, starten Sie das Programm einfach erneut und entfernen das Häkchen vor „Neueste Produktversion herunterladen“.
3. Im Dialog „Bevor wir beginnen“ nach Wunsch entscheiden.
4. „Benutzerdefinierter Scan“ anklicken, Laufwerke auswählen und dann auf „Speichern und Fortfahren“ klicken.
5. Über Quarantäne von potenziell unerwünschten Anwendungen entscheiden (Vorsicht, alle Dateien in der Quarantäne liegen in der RAM-Disk, gehen also beim Beenden des Notfall-Windows verloren!). Unten links auf den blauen Link „Erweiterte Einstellungen“ klicken, Einstellungen prüfen, auf den Zurück-Knopf oben klicken.
6. Auf „Prüfung starten“ klicken. Frische Virensignaturen werden heruntergeladen, die Virensuche beginnt.

### ... mit Trend Micro HouseCall

1. Aus dem Startmenü „Trend Micro“ aufrufen. Nutzungsbedingungen akzeptieren. Programm aktualisiert sich.

```
X:\windows\system32\cmd.exe
C:\Users\ct\appdata\roaming\microsoft\windows\start menu\programs\startup\veicar.com:
Verified: Unsigned
File date: 12:47 04.12.2024
Publisher: n/a
Company: n/a
Description: n/a
Product: n/a
Prod version: n/a
File version: n/a
MachineType: n/a
MD5: 44D88612FEA8A8F36DE82E1278AB802F
SHA1: 3395856CE81F287382DEE72602F7988642F14140
PESHA1: 3395856CE81F287382DEE72602F7988642F14140
PE256: 275A0218BF86489E54D471899F7D89D1663FC695EC2FE2A2C4538AABF651FD0F
SHA256: 275A0218BF86489E54D471899F7D89D1663FC695EC2FE2A2C4538AABF651FD0F
IMP: n/a
VT detection: 66/76
VT link: https://www.virustotal.com/gui/file/275a0218bfb6489e54d471899f7d89d1663fc695ec2fe2a2c4538aabf651fd0f/detection
Drücken Sie eine beliebige Taste . . .
```

**Eine Datei auf einen Schlag mit über 70 Virenschaltern prüfen: kein Problem mit Sigcheck. Es ist zwar hässlich, aber schnell.**

2. Oben rechts auf „Advanced“ und dann auf „Settings“ klicken. Unterhalb von „Scan Targets“ und „Scan Options“ alles anhaken. Unterhalb von „On threat detection“ (Was tun bei Virenfund?) wählen: „Remove“ verschiebt in Quarantäne, „Report“ weist nur auf den Fund hin. Letzteres ist für eine weitere Analyse sinnvoll (siehe Schritt-für-Schritt-Anleitung „Virenfund“). Pull-down-Menü „GTI settings – Sensitivity“ auf „Very High“ ändern, also die höchste Heuristik-Stufe. „Save“ anklicken.
3. Unterhalb der Schaltfläche „Scan“ auf den Link „Customize my scan“ klicken. Laufwerke auswählen, „Scan“ anklicken, Virensuche startet.

### ... mit Trend Micro HouseCall

1. Aus dem Startmenü „Trend Micro“ aufrufen. Mit Klick auf „Next“ die Datenschutz-, im nächsten Dialog die Lizenzbestimmungen bestätigen (I accept ...).
2. Auf den Link „Settings“ klicken. Im Reiter „Smart Feedback“ auf Wunsch das Häkchen vor „Enable Trend Micro Smart Feedback“ entfernen, sonst schickt die Software Informationen zu Ihren Dateien an den Hersteller.
3. In den Settings im Reiter „Scan Type“ „Custom Scan“ auswählen, Häkchen vor die zu prüfenden Laufwerke setzen, mit „OK“ bestätigen.
4. Auf „Scan now“ klicken. Die Virensuche beginnt.

### Virenfund

1. Entscheiden, ob die infizierten Dateien in Quarantäne geschoben, gelöscht oder ignoriert werden sollen. Obacht: Der Quarantäne-Ordner liegt auf der

RAM-Disk, wird also beim Beenden des Notfall-Windows gelöscht!

2. Infizierte Datei für genauere Analyse mit Firefox bei VirusTotal.com hochladen.
3. Auf Wunsch: Infizierte Datei für weitere Recherche an einen sicheren Ort kopieren, am besten per kennwortgeschütztem Zip-Archiv, welches Sie mit 7-Zip erstellen (im Startmenü unter „Alle Programme/Utilities“).
4. Infizierte Datei löschen.

### Nacharbeiten bei Virenfund

1. Noch unter dem Notfallsystem die Hosts-Datei kontrollieren (in C:\Windows\System32\Drivers\etc): per Rechtsklick mit Notepad öffnen, dann unbekannte Zeilen mit # auskommentieren oder löschen.
2. Auf 64-Bit-Systemen auch prüfen, ob es unter „C:\Windows\SYSwow64\Drivers\etc“ eine weitere Datei namens „hosts“ gibt; die dann genauso behandeln.
3. Installiertes Windows starten.
4. Kontrollieren: Firewall, Virenschalter, Plug-ins von Browser und Mail-Client, Proxy-Einstellungen von Windows, Browser und Mailclient.
5. Erst danach Netzwerkverbindung wieder herstellen.
6. Aktualisieren: Windows Update, Virenschalter, Browser, Mailclient, PDF-Reader.
7. Möglichst noch prüfen: Netzwerkfreigaben, Autostarts, laufende Prozesse.

(axv@ct.de) **ct**

### Literatur

- [1] Axel Vahldiek, c't-Notfall-Windows: Autoruns und Parallelinstallation, c't 4/2021, S. 172, kostenlos online unter [ct.de/-5022965](http://ct.de/-5022965)

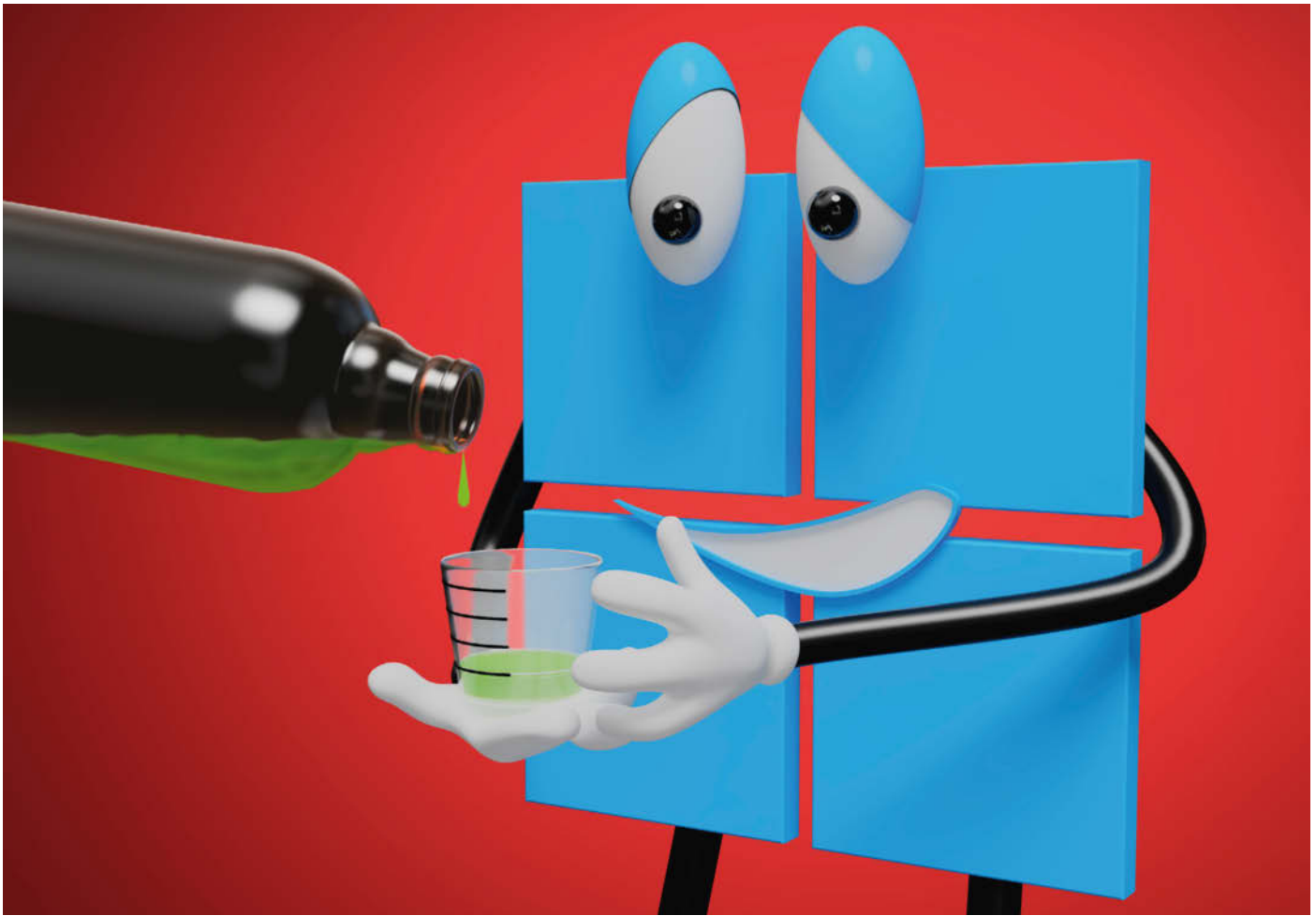


Bild: Andreas Martini

# Die richtige Dosis

## Unverzichtbare Hardware im Notfall-Windows 2025 mit Treibern versorgen

**Ohne Treiber geht es nicht, daher stecken in unserem Notfallsystem von Haus aus reichlich drin. Falls doch mal einer fehlt, sind andere Handgriffe gefragt als bei einer regulären Windows-Installation. Und zwar meist weniger.**

Von Axel Vahldiek

**O**b Desktop-PC, Notebook oder Tablet: Jeder Computer besteht aus verschiedenen Hardwarekomponenten, die innen stecken oder außen angeschlossen sind. Die Kommunikation zwischen diesen Geräten und dem Betriebssystem übernehmen Treiber, auch beim c't-Notfall-Windows. Ohne Treiber bleibt das Display schwarz, Ihre Mausklicks werden ignoriert und das Netzwerk funktioniert nicht. Jede Komponente braucht einen speziell angepassten Treiber, der sich von Modell zu Modell unterscheiden kann und dessen Details meist nur der jeweilige Hersteller kennt.

Weil unser Notfall-System dafür gedacht ist, nicht nur auf einem einzelnen PC zu funktionieren, sondern auf mög-

lichst vielen, haben wir dafür gesorgt, dass es von Haus aus Treiber für besonders viele Geräte enthält. Das bedeutet aber nicht, dass Sie beim Bauen des Notfall-Sticks (siehe S.12) mit einer Terabyte-großen Treibersammlung hantieren müssen. Viele der integrierten Treiber sind „generische“, die jeweils möglichst viele Geräte unterstützen. Dabei reizen sie zwar nicht immer den vollen Funktionsumfang eines Geräts aus. Aber wenn es im Ernstfall darum geht, Daten zu retten, Viren zu beseitigen oder Passwörter zurückzusetzen, dann sind ausgefeilte Stromspartechniken, Kino-Sound oder ultrahohe Display-Auflösungen zweitrangig. Aus diesem Grund haben wir bei der Auswahl der Treiber auch eher wenig Wert auf solche für Scanner, Webcams & Co. gelegt.

Als Ergebnis wird das Notfall-System auf vielen Computern auch ohne weitere Treiber seinen Zweck zu erfüllen. Doch was, wenn nicht? Für solche Ausnahmen liefert dieser Beitrag vier aufsteigend aufwendige Lösungswege.

Vorab noch ein Praxis-Tipp: Nehmen Sie zu Rettungseinsätzen einen USB-Hub mit, und zwar inklusive eines Adapters, um ihn sowohl an USB-A als auch an USB-C-Buchsen anschließen zu können. Der Hub sollte ein eigenes Netzteil haben.



Idealerweise bietet er zudem einen Anschluss für ein LAN-Kabel. Stecken Sie vorsichtshalber noch USB-Maus, -Tastatur und -Platte ein. Das braucht üblicherweise alles keine separaten Treiber.

### Nichts tun!

1. Der wichtigste Tipp zuerst: Kümmern Sie sich nicht um die Treiber, solange es keinen konkreten Grund dafür gibt! Dass ein Treiber fehlt, merken Sie daran, dass eine Hardwarekomponente nicht funktioniert, die Sie beim Einsatz des Notfallsystems unbedingt brauchen. Wenn die nötigen Geräte tun, ist es bei einem Rettungseinsatz völlig egal, ob der Rest mit Treibern versorgt ist oder nicht.
2. Falls möglich, verwenden Sie eine alternative Hardware. Wenn das Notfall-Windows beispielsweise eine externe Festplatte, auf der Sie gerettete Daten speichern wollen, nicht erkennt, probieren Sie erst mal eine andere. Vielleicht geht die ja. Vorteil: Das Wechseln der Platte erfordert weniger Hirnschmalz als das Nachinstallieren des fehlenden Treibers. So können Sie sich besser auf das im Ernstfall wirklich Wichtige konzentrieren.

### Einzelner Treiber von C:

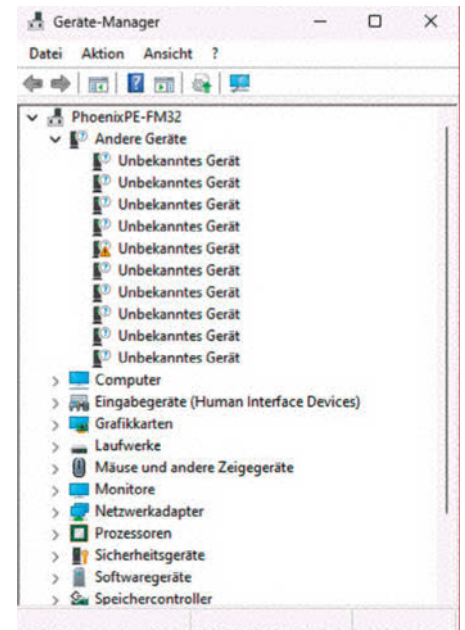
1. Sofern auf einem der internen Datenträger eine Windows-Installation vorhanden ist, können Sie versuchen, dessen Treiber temporär ins Notfall-Windows zu übernehmen. Identifizie-

ren Sie dazu im Explorer die Laufwerke und entsperren Sie die verschlüsselten (Anleitungen im Artikel auf S. 18).

2. Im Startmenü unter „Alle Programme/Windows-Tools“ den „Geräte-Manager“ öffnen, unter „andere Geräte“ im Kontextmenü des Geräts ohne Treiber auf „Treibersoftware aktualisieren“ klicken, danach „Auf dem Computer nach Treibersoftware suchen“. Den Laufwerksbuchstaben des vorgegebenen Pfades „C:\Windows\System32\DriverStore\FileRepository“ passen Sie an.
3. Wurde so kein Treiber gefunden, wiederholen Sie das Ganze, aber mit anderen Pfaden: „C:\Programme“, „C:\Programme (x86)“, „C:\Windows“, „C:<Herstellername>“ ... Sind Parallelinstallationen vorhanden, können Sie es entsprechend auch mit „D:\Windows“ und so weiter probieren (Laufwerksbuchstaben anpassen).
4. Nach einem Neustart des Notfallsystems ist die Prozedur erneut erforderlich, weil es die Änderungen nicht speichert.
5. Beachten Sie: Installiert wird stets nur der Treiber selbst. Zusätzliche Software etwa zum Konfigurieren bleibt außen vor.

### Alle Treiber von C:

1. Sie können versuchen, aus den Windows-Installationen auf den internen Datenträgern alle Treiber temporär ins Notfallsystem zu übernehmen. Im



**Das Notfall-System hat nicht alle Geräte erkannt und mit Treibern versorgt? Bei Rettungseinsätzen ist das oft völlig egal. Es muss nur das funktionieren, was wirklich gebraucht wird.**

Idealfall kennt es anschließend sämtliche Geräte, und das nach nur einem Mausklick. Beachten Sie aber: Die übernommenen Treiber landen alle samt auf X: (den Füllstand zeigt der Explorer). Sollten die gefundenen Treiber zu viel Platz auf X: belegen, kann das Notfall-Windows langsam werden, stehen bleiben oder gar abstürzen. Vorhersagen lässt sich das nicht, weil es von der Menge der auf dem PC vorhandenen Treiber abhängt. Kaputtgehen kann dabei nichts: Starten Sie das Notfall-Windows einfach neu und verwenden einen anderen Weg zum Nachinstallieren der Treiber.

2. Vor dem Aufruf des Skripts identifizieren Sie im Explorer die Laufwerke und entsperren Sie die verschlüsselten (Anleitungen im Artikel auf S. 18).
3. Rufen Sie im Startmenü unter „Alle Programme/Utilities“ das c't-Skript „Treiber laden (c't-DrvInstall)“ auf. Es installiert alle Treiber, die es im Ordner \Windows\System32\DriverStore\FileRepository findet. Sollten mehrere Installationen vorhanden sein, werden sie alle entsprechend durchsucht. Installiert werden nur bislang fehlende Treiber sowie neuere Versionen der vorhandenen. Zusätzliche Software

```
Treiber laden (c't-DrvInst)
Treiberpaket wird hinzugefügt: xboxgip.inf_amd64_414472d7601b5297\xboxgip.inf
Das Treiberpaket wurde erfolgreich hinzugefügt. (Ist bereits im System vorhanden)
Veröffentlicher Name: oem659.inf

Treiberpaket wird hinzugefügt: xboxgipsynthetic.inf_amd64_c64c355119650251\xboxgipsynthetic.inf
Das Treiberpaket wurde erfolgreich hinzugefügt. (Ist bereits im System vorhanden)
Veröffentlicher Name: oem660.inf

Treiberpaket wird hinzugefügt: xinputhid.inf_amd64_5e4197b30b9f1e59\xinputhid.inf
Das Treiberpaket wurde erfolgreich hinzugefügt. (Ist bereits im System vorhanden)
Veröffentlicher Name: oem661.inf

Treiberpaket wird hinzugefügt: xusb22.inf_amd64_c02194e169d95608\xusb22.inf
Das Treiberpaket wurde erfolgreich hinzugefügt. (Ist bereits im System vorhanden)
Veröffentlicher Name: oem662.inf

Treiberpaket wird hinzugefügt: ykinx64.inf_amd64_5f83c04f4adb7630\ykinx64.inf
Das Treiberpaket wurde erfolgreich hinzugefügt. (Ist bereits im System vorhanden)
Veröffentlicher Name: oem663.inf

Treiberpakete insgesamt: 696
Hinzugefügte Treiberpakete: 546
Aktualisiere Treiber
Microsoft-PnP-Hilfsprogramm

Es wird nach Gerätehardwareänderungen gesucht.
Scan ist abgeschlossen.
```

**Einen Versuch ist es wert: Ein c't-Skript sucht auf den internen Datenträgern nach bislang fehlenden Treibern sowie nach neueren Versionen der vorhandenen und installiert sie temporär ins Notfall-Windows.**

## Treiber in das Notfallsystem dauerhaft einfügen

Zunächst bauen Sie das Notfallsystem und behalten die dabei erzeugten Dateien auf der Festplatte des Bau-PCs. Sie exportieren dann die Treiber des Bau-PCs in ein separates Verzeichnis; das geht per Knopfdruck in PEBakery auf der Seite des Skripts „Driver Integration“, siehe Schritt 1 im Bild.

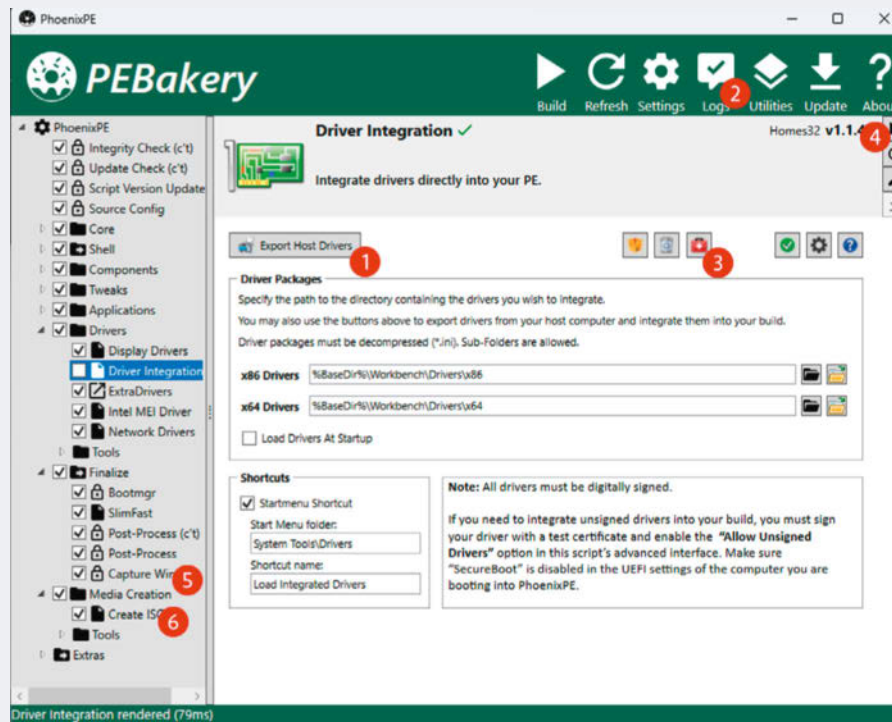
Die dabei in ein separates Verzeichnis kopierten Treiberdateien können Sie ausliefern: Die Verzeichnisse erhalten sprechende Namen wie „Kamera“. Löschen Sie, was Sie nicht brauchen; das hält das Notfallsystem klein. Sie sollten nur die nötigen Treiber aufnehmen, weil deren Umfang erheblich sein kann. Auf einem

Surface Laptop Studio 2 sprudeln über drei GByte in das Verzeichnis.

Treiberdateien, die Sie auf einem Gerät per Export ernten, können Sie auf anderen Bau-PCs einpflanzen. Wenn Sie die Dateien ausgedünnt haben, erledigt dasselbe Skript auch den ersten Schritt zur Integration in das Notfallsystem. Führen Sie dazu das eigentliche Skript aus, wie im Bild als Klickreihenfolge dokumentiert (Schritt 4). Falls es mal fehlschlägt, stellt PEBakery den Log-Knopf in der obersten Fensterzeile in Orange dar (hier mit 2 beschriftet).

Öffnen Sie im Fehlerfall über den Knopf mit dem roten Notfallköffchen des „Driver Integration“-Skripts die von Dism geschriebene Log-Datei (Schritt 3). Suchen Sie darin nach Zeilen mit dem Inhalt „Error“ (mit führendem und angehängtem Leerzeichen). Die Zeilen enthalten üblicherweise Hinweise auf Verzeichnisnamen von Treibern, die sich der Integration widersetzen; löschen Sie diese Verzeichnisse und probieren Sie es erneut.

Bei erfolgreich abgeschlossener Integration brauchen Sie anschließend nur noch die beiden Skripte von Hand aufzurufen, die der Bausatz üblicherweise automatisch ausführt: „Capture WIM“ und „Create ISO“ (Schritt 5 und 6). Klicken Sie die Skripte dazu im linken Projektbaum an und betätigen Sie jeweils deren Play-Knopf. Nach dem erneuten Beschreiben und Booten des USB-Sticks nutzt das Notfallsystem die frisch integrierten Treiber. (ps@ct.de)



Mit wenigen Schritten exportiert der Bausatz Treiber aus dem Bau-PC in das Notfallsystem. Die Schritte 2 und 3 brauchen Sie nur, wenn es nicht Adhoc klappt. Zum Aufruf der Skripte in 5 und 6 müssen Sie ebenfalls deren Play-Knopf betätigen (wie für 4).

- etwa zum Konfigurieren eines Geräts wird nicht installiert.
4. Wenn das Skript durchgelaufen ist, startet der Gerätemanager. Im Idealfall hat das Notfall-Windows nun zumindest in dieser Sitzung die Treiber für alle Geräte geladen.

### Treiber vom Hersteller

1. Sofern die oben genannten Wege zum Nachinstallieren scheitern, können Sie versuchen, einzelne Treiber vom Hersteller zu beziehen. Voraussetzung ist, dass Sie im Gerätemanager erkennen können, für welches Gerät die Software fehlt. Suchen Sie auf der Website des Herstellers, womit je nach Computer entweder der Hardwarekomponente oder bei Komplett-PCs, Note-

- books und Tablets der des kompletten Computers gemeint. Wichtig: Lassen Sie die Finger von allen anderen Websites, die Ihnen Treiber anbieten! Diese wollen Ihnen oft nur klebrige Downloader, Werbetrojaner oder Schlimmeres unterjubeln.
2. Suchen Sie nach Treibern, die als ZIP-Archiv angeboten werden. In denen steckt im Idealfall eine INF-Datei. Installer-Programme sind hingegen meist ungeeignet, weil sie im Notfall-Windows entweder gar nicht erst laufen oder abschließend einen Neustart erzwingen, nach dem der gerade installierte Treiber direkt wieder weg wäre. Es kann der Versuch lohnen, eine vom Hersteller heruntergeladene EXE-Datei mit dem „7-Zip File Mana-

- ger“ zu entpacken (im Startmenü unter „Alle Programme/Utilities“).
3. Klicken Sie im Gerätemanager im Kontextmenü des treiberlosen Gerätes auf „Aktualisieren“, dann auf „Auf meinem Computer...“. Im nächsten Dialog wählen Sie per Durchsuchen-Dialog den Download-Ordner aus, klicken „Weiter“ an, warten, fertig. Klappte alles, ist der Treiber installiert.
  4. Nach einem Neustart des Notfallsystems ist die Prozedur erneut erforderlich, weil es die Änderungen nicht speichert. Tipp: Speichern Sie heruntergeladene Treiber, die funktioniert haben, auf dem Stick, damit sie sie nach einem eventuellen Neustart des Notfallsystems nicht erneut herunterladen müssen. (axv@ct.de)

Was ist der

**Hype**

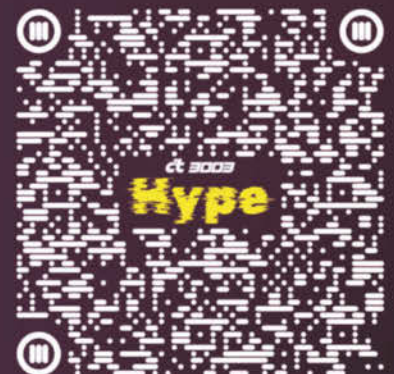
wirklich wert?



**ct 3003** Newsletter

In Hype nehmen Keno und Lukas Tech-Trends genau unter die Lupe!

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





## Erste NFC-Alternative zu Apple Pay gestartet

**Nachdem Apple im Sommer 2024 auf Druck der EU seine Bezahlschnittstelle für weitere Dienste geöffnet hat, macht das norwegische Vipps nun Gebrauch davon. Auch in Deutschland wollen Wettbewerber loslegen.**

Der norwegische Mobil-Bezahldienst Vipps nutzt als erster Anbieter außerhalb von Apple dessen NFC-Schnittstelle im iPhone. Auch die Vipps-App unter Android soll die „Tap to Pay“ genannte Funktion erhalten. Bisher war Norwegens wichtigster Bezahldienst für Smartphones auf QR-Codes oder Handynummern angewiesen, um Zahlungen an der Ladenkasse auszulösen.

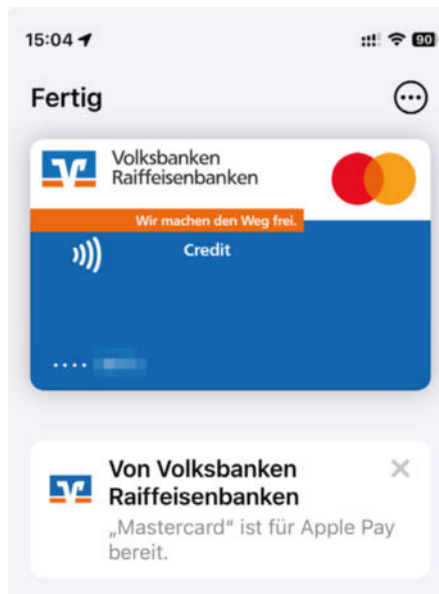
Vipps will ab Sommer 2025 außerdem Karten von Mastercard und Visa so integrieren können, dass Kunden weltweit mit der App bezahlen können. Dabei kommt dem Dienst zugute, dass er für die bislang auf Norwegen beschränkten Zahlungen technisch bereits jetzt im Hintergrund Debitkarten von Visa und Mastercard nutzt. Ähnlich funktioniert der dänische Dienst Mobile Pay, der 2022 mit Vipps fusionierte und auch in Finnland verfügbar ist. Mobile Pay will seinen Kunden im Lauf des Jahres 2025 ebenfalls „Tap to Pay“ anbieten.

In Deutschland verfolgen die Genossenschaftsbanken derzeit ebenfalls Pläne, eine Bezahl-App ähnlich ihrem Android-Dienst „Pay“ für das iPhone einzuführen. Anders als die Sparkassen hatten sie sich frühzeitig dagegen entschieden, die Girocard („EC-Karte“) in Apple Pay zu integrieren. Stattdessen lobbieren sie ebenso wie Vipps beim europäischen Gesetzgeber für

die Öffnung von NFC auf dem iPhone im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR), zu dem neben der EU auch Norwegen zählt.

Der Druck von Gesetzgebern auf Apple wächst auch außerhalb Europas. So hat der Konzern im August 2024 angekündigt, im Heimatmarkt USA und in anderen Regionen ebenfalls die NFC-Schnittstelle für alternative Bezahldienste zu öffnen. Anders als in Europa, wo Apple alternativen Wallets nur die Kartenintegration über die Software-basierte „Host Card Emulation“ (HCE) ermöglicht, will der Konzern in den USA auch den Kryptochip „Secure Element“ für Wettbewerber öffnen.

(mon@ct.de)



**Die deutschen Genossenschaftsbanken wollen künftig auf dem iPhone nicht mehr allein auf Apples Wallet angewiesen sein.**

## Zalando übernimmt About You

Der Berliner Online-Modehändler Zalando erwirbt den Konkurrenten About You vom Hamburger Otto-Konzern. Der **Kaufpreis soll bei etwa 1,1 Milliarden Euro liegen**. Bereits vor der Bekanntgabe hatte Zalando 73 Prozent der Aktien von den Großanteilseignern erworben, die alle aus dem Otto-Umfeld stammen. Damit reagieren sowohl Zalando als auch Otto auf die Talfahrt des heimischen Online-Modehandels.

Die Ursachen für den Umsatzrückgang liegen Onlinehandelsexperten zufolge an dem stark gesunkenen Bestellvolumen, da viele Kunden nach der Coronapandemie in den stationären Handel zurückgekehrt sind. Außerdem hat die Billigkonkurrenz aus Fernost, beispielsweise durch den chinesischen Händler Shein, deutlich an Boden gewonnen. Zalando will nach eigenen Angaben aber auch seine Software mit den Systemen von About You verbessern. Beobachtern zufolge hat Zalando in diesem Punkt Defizite in seinen eigenen Verkaufs- und Serviceplattformen. Laut dem Onlinehandelsexperten Alexander Graf könne Otto mit dem Verkauf wiederum kurzfristig die Bilanz verbessern, langfristig jedoch einen lukrativen Zukunftsmarkt verloren haben. Zalando selbst will durch Synergien etwa in der Logistik 100 Millionen Euro jährlich einsparen.

Für Kunden der beiden Onlineshops soll sich vorerst nichts ändern. Die Marken und ihre Websites bleiben nach Unternehmensangaben bestehen. Während About You vor allem eine jüngere Zielgruppe im Blick habe, wolle Zalando weiterhin auf beliebte Marken setzen. (mon@ct.de)

## Scalable Capital wird Börse

Der Smartphone-gestützte Neobroker Scalable Capital **verwaltet seine Kundendepots künftig selbst**. Außerdem hat das Unternehmen gemeinsam mit der Börse Hannover einen neuen elektronischen Handelsplatz namens „European Investor Exchange“ (EIX) gegründet, der auf den Handel privater Anleger ausgerichtet sein soll. Scalable Capital stellt dafür die Technik und Liquidität bereit, die Börse Han-

nover übernimmt die Marktaufsicht. Das Fintech erhofft sich von der Neugründung Einsparungen, indem es künftig auf die Dienste der Baader Bank verzichten kann. Diese verwaltete bisher die Depots der Scalable-Capital-Kunden und führte als Market Maker deren Order an der Börse aus. So will der Neobroker auch das anstehende EU-Verbot der „Payment for Order Flow“ genannten Rückvergütungen

abfedern, die bisher seine wichtigste Einnahmequelle darstellten.

Neukunden steht der neue Handelsplatz EIX ab sofort zusätzlich zu Gettex und Xetra zur Verfügung. Bestandskunden müssen neuen AGB zustimmen und ihre Depots im Lauf des Jahres 2025 formell umziehen. Scalable Capital informiert in der App und auf der Homepage über Modalitäten und Fristen. (mon@ct.de)

# Jugendschutz in Betriebssystemen soll verpflichtend werden

**In Deutschland angebotene Betriebssysteme müssen wohl bald über eine „Jugendschutzvorrichtung“ verfügen. So haben es die Ministerpräsidenten im 6. Medienänderungsstaatsvertrag beschlossen.**

Erziehungsberechtigte sollen in Betriebssystemen künftig eine Altersangabe einstellen können. Ein Jugendschutzfilter soll „in einfacher, leicht zugänglicher und abgesicherter Weise aktiviert, deaktiviert und angepasst werden können“. So sieht es § 12 der Reform des Jugendmedienschutz-Staatsvertrags (JMStV) vor. Diese Reform haben die Regierungschefs der Länder Mitte Dezember 2024 beschlossen. Im Abschnitt „Technischer Jugendschutz“ finden sich die neuen Regelungen, die zu mehr Schutz der Jugend vor entwicklungsbeeinträchtigenden Inhalten gemäß § 5 JMStV beitragen sollen.

Hersteller von Betriebssystemen müssten demnach gewährleisten, dass auf Wunsch der Eltern „nur Apps nutzbar sind, die der Altersangabe entsprechen oder die individuell und in abgesicherter Weise freigeschaltet wurden“. Die Installation von Programmen soll nur noch über Vertriebsplattformen wie App Stores möglich sein, die die Altersfreigabe berück-

sichtigen und ein automatisiertes, von der Kommission für Jugendmedienschutz (KJM) anerkanntes Bewertungssystem vorhalten. Es gelten die Altersstufen ab 6, ab 12, ab 16 und ab 18 Jahren.

Browser müssen zudem eine „gesicherte Suchfunktion“ anbieten. Generell soll die Nutzung von Programmen „individuell und in abgesicherter Weise ausgeschlossen werden“ können. Nur Apps, die selbst über ein anerkanntes Jugendschutzprogramm oder ein vergleichbares geeignetes Mittel verfügen, werden unabhängig von der eingestellten Altersstufe zugänglich sein.

Die Länderchefs haben die Verschärfungen gegen großen Widerstand aus der Wirtschaft durchgeboxt. Im Juli 2024 meldete auch die EU-Kommission große Bedenken an. Der Jugendschutz bei sogenannten „Dienstleistungen der Informationsgesellschaft“ sei im Digital Services Act bereits europäisch geregelt. Mindestens müsse es im Staatsvertrag einen Mechanismus geben, der die deutschen Regelungen aufhebe, sobald EU-weite Lösungen wie eine Altersüberprüfung am Markt seien, erklärte die Kommission bereits im Juli 2024 in einer Stellungnahme.

All die Kritik ficht die Mehrheit der Länderchefs nicht an. Es gelte, „neue



Bild: Nikolai Schmitt

**Alexander Schweitzer, Ministerpräsident von Rheinland-Pfalz, glaubt, den Nachwuchs im Internet mit „Jugendschutzvorrichtungen“ vor „Pornografie, Gewalt, Hass, Hetze und Falschinformationen“ bewahren zu können.**

Wege zu gehen, um den Nachwuchs im Internet vor nicht altersgerechten Inhalten wie Pornografie, Gewalt, Hass, Hetze und Falschinformationen zu bewahren“, erklärte etwa der rheinland-pfälzische Ministerpräsident Alexander Schweitzer (SPD). Die Länderchefs gehen davon aus, den beschlossenen Entwurf zur Änderung des Staatsvertrags bis zu ihrer nächsten Konferenz am 12. März 2025 unterzeichnen zu können. Im Anschluss soll die Ratifizierung durch die Landtage erfolgen. Geplant ist, dass der Vertrag am 1. Dezember 2025 wirksam wird. (hob@ct.de)

## Instagram: Teen-Konten jetzt auch in Deutschland

Zusätzliche Schutzmechanismen in den Instagram-Accounts von Jugendlichen sollen diese **vor Kontaktversuchen Fremder und vor ungeeigneten Inhalten schützen**. Die sogenannten Teen-Konten gibt es seit einiger Zeit in den USA, Großbritannien, Kanada und Australien. Wie angekündigt führt Meta sie nun auch in Deutschland ein. Eltern erhalten dadurch verstärkte Kontrolle über Instagram-Aktivitäten ihrer Kinder.

Das Mindestalter für ein Konto ist unverändert 13 Jahre. Als „Teen“ gelten bei Meta Jugendliche zwischen 13 und 17; für Teen-Konten von 13- bis 15-Jährigen gelten etwas strengere Regeln. Ihre Konten wechseln um 22 Uhr bis 7 Uhr in den Schlafmodus: Benachrichtigungen werden

stumm geschaltet, Nachrichten automatisch beantwortet, Kurznachrichten erinnern ans Schlafengehen. Die Kontoaufsicht für Eltern muss aktiviert sein, Sicherheitseinstellungen lassen sich nur mit deren Zustimmung ändern. Eltern sehen, mit wem ihre Teenager chatten, jedoch ohne Einblick in die Inhalte.

Konten von 16- und 17-Jährigen bleiben öffentlich, falls sie es vorher waren, aber neue Konten aller Nutzer unter 18 sind automatisch privat. Meta arbeitet daran, das tatsächliche Alter von Nutzern mit KI zu erkennen, beispielsweise anhand von Geburtstagsgrüßen. Konten mit falscher Altersangabe wandelt der Dienst in Teen-Konten um. (dwi@ct.de)

## Firefox ohne DNT

Mozilla entfernt die Datenschutzoption „Do Not Track“ (DNT) aus Firefox. Für diese Entscheidung gibt es laut Firefox-Hilfeseiten gleich mehrere Gründe. Zum einen respektierten viele Internetseiten den Wunsch nicht und trackten Besucher dennoch. Zum anderen habe sich gezeigt, dass nur wenige Personen von der Funktion Gebrauch machen: Anfangs aktivierten sie immerhin einige Prozent der Firefox-Nutzer, später sank diese Zahl jedoch.

**Ab Version 135 ist die DNT-Option in Firefox nicht mehr verfügbar.** Mozilla empfiehlt Nutzern stattdessen die Option „Webseiten anweisen, meine Daten nicht zu verkaufen oder weiterzugeben“. Die wird von einer Industrieallianz namens „Global Privacy Control“ vorangetrieben und stellt eine Art reduziertes DNT dar. (dwi@ct.de)

# Recall im Recall

## Microsoft veröffentlicht eine neue Recall-Vorabversion

**Microsoft hat das KI-gestützte Screenshot-Gedächtnis für Windows in einer überarbeiteten Version zur Vorschau freigegeben. Wir haben einen ersten Blick darauf geworfen.**

Von Jan Schübler

Microsofts erster Versuch, Windows mit einer Art KI-Gedächtnis auszustatten, ging im vergangenen Sommer gründlich schief. Recall fußt im Kern auf der Idee, am laufenden Band Screenshots von allem zu machen, was so am PC passiert. Die Inhalte werden dann mittels eines lokalen KI-Modells mit Bild- und Texterkennung katalogisiert und inklusive Metadaten wie der geöffneten URL, dem App-Namen und so weiter in einer Datenbank abgelegt. Vor allem aus der Sicht vergesslicher Nutzer ist die Idee gar nicht abwegig, ein Archiv zu haben, in der man zum Beispiel Webseiten mit bestimmten Fakten oder Anleitungen einfach wiederfinden kann.

Dabei hatte Microsoft aber jegliche Schutzmaßnahmen für die Datenbank vergessen. Tonnenweise Bilder, erkannte Texte und Metadaten waren für den angemeldeten Benutzer direkt lesbar – üblicherweise nicht nur für den Benutzer selbst, sondern für alle laufenden Prozesse. Nach einem ebenso erwartbaren wie berechtigten Shitstorm zog Microsoft die Funktion hastig zurück und versprach, sie in puncto Sicherheit zu überarbeiten.

Das Ergebnis ist seit Kurzem im Dev-Kanal des Betatestprogramms Windows Insider zu bekommen und auch in Deutschland verfügbar. Systemvoraussetzung dafür ist ein Copilot+-PC, sprich: Die CPU muss ein Qualcomm Snapdragon X,

ein Intel Core Ultra mit AI Boost oder ein AMD Ryzen AI sein.

Recall ist serienmäßig inaktiv. Damit es loslegt, muss man in den Windows-Einstellungen unter „Datenschutz und Sicherheit/Recall und Momentaufnahmen“ das „Speichern von Momentaufnahmen“ einschalten. Dort lässt sich auch der Speicherplatz einstellen, den Recall-Aufzeichnungen maximal belegen dürfen; ebenso kann man die aufgezeichneten Daten löschen und Apps sowie Webseiten festlegen, die Recall generell nicht aufzeichnen soll. Private oder Inkognito-Browserfenster werden automatisch von der Auswertung ausgeschlossen. Verlässlich funktionieren soll das aber nur mit den vier Standardbrowsern Firefox, Edge, Opera und Chrome – in anderen werden Inkognito-Fenster und ausgeschlossene Websites eventuell nicht erkannt.

Die Passwortsicherheit will Microsoft mit einem serienmäßig aktiven Filter für vertrauliche Daten verbessern. Das funktionierte zunächst gut: Webseiten mit Passwordeingabe und Fenster des Passwortmanagers KeePass werden nicht ins Recall-Archiv aufgenommen. Die Schutzfunktion ließ sich aber leicht verwirren: Schalteten wir den Schutz für vertrauliche Daten einmal ab und wieder an, landeten doch vertrauliche Bilder im Verlauf.

### Datenschutz

In Sachen Datenschutz hat Microsoft tatsächlich nachgebessert. Die Inhalte sind verschlüsselt; kopiert man sie heraus oder öffnet sie im Bildbetrachter, sieht man nur Datenmüll. Der Schlüssel ist laut Microsoft via Trusted Platform Module (TPM) geschützt; der Recall-Prozess, der den Schlüssel bekommen darf, läuft in einer abgeschotteten virtuellen Enklave. Weil die Authentifizierung zwingend per Windows Hello erfolgen muss, ist die Verschlüsselung ans Benutzerkonto auf dem jeweiligen Rechner gekoppelt.

In unserem Schnelltest haben wir auch einen Speicher-Dump des KI-Prozesses AIXHost.exe angefertigt und nach Bildern durchforstet sowie mit dem Analysetool System Informer nach diversen Strings erfasster Daten im Speicher des laufenden Prozesses gesucht. Gefunden haben wir dabei lediglich Material, das wir kurz zuvor in der Recall-App aufgerufen hatten.

### Fazit: Taugt das?

In einem Praxistest erwies sich die Genauigkeit als dürftig: Begriffe wurden mitunter abhängig von der verwendeten Sprache gefunden, manche Suchbegriffe förderten Screenshots zutage, die rein gar nichts mit dem Begriff zu tun hatten. Davon abgesehen tut die Recall-App in etwa das, was man erwartet: Sie zeigt die gefundenen Aktivitäten auf einer Zeitleiste an, inklusive erkannter Metainformationen, zum Beispiel, welche App das war, und die URL der Webseite, um sie wieder aufzurufen.

Nach wie vor ist Recall im Betastadium. Das heißt: Sowohl an der Genauigkeit als auch an Bugs wird Microsoft noch arbeiten. Wie es um die Sicherheit bestellt sein wird, lässt sich erst analysieren, wenn Microsoft Recall als fertig für den allgemeinen Einsatz erklärt und freigibt. Positiv ist aber schon jetzt, dass Microsoft den KI-Prozess isoliert laufen lässt und die Datenbank verschlüsselt: Man will beim Betrachten der Funktion nicht mehr laut losschreien. Es bleibt die Frage, ob man überhaupt ein solches Supergedächtnis auf dem Rechner haben will. Wer sich dafür entscheidet, muss sich bei einer App, die mit derart vielen persönlichen Daten hantiert, auf eine saubere technische Umsetzung verlassen können.

(jss@ct.de) 



**Der Zugriff auf Recall verlangt zwingend eine Hello-Authentifizierung.**



# Autobahn für Sparfunker

## Riesenband für sehr schnelle Funkgeräte

**Die USA erwarten bald eine neue Klasse von sehr schnellen, aber energetisch genügsamen Nahfunkgeräten und spendieren dafür reichlich Funkspektrum. Apple, Google, Meta, Microsoft und Chiphersteller haben sich dafür stark gemacht.**

Von Dušan Živadinović

Die US-Regulierungsbehörde Federal Communications Commission (FCC) hat Mitte Dezember die Rahmenbedingungen für den Funkbetrieb im 6-GHz-Band erweitert (Order 24-125, siehe [ct.de/yyk3](https://ct.de/yyk3)). Damit legt sie die Basis für neuartige stromsparende Nahfunkgeräte (Very Low Power, VLP), nachdem sie dieses Band bereits für den unlicenzierten Betrieb anderer Funkssysteme wie Wi-Fi 6E und 7 freigegeben hat.

Die VLP-Technik sollen laut der FCC „modernste Anwendungen“ nutzen. Darunter versteht die Behörde beispielsweise Augmented- und Virtual-Reality-Appli-

kationen, medizinische Überwachung und auch Spiele. Insgesamt stehen nun 1200 MHz zur Verfügung (5,925 bis 7,125 GHz). Nahfunker wie Bluetooth tummeln sich hauptsächlich im nur 80 MHz schmalen 2,4-GHz-ISM-Band.

VLP-Geräte sind im gesamten 6-GHz-Band nur als Zweitnutzer zugelassen und müssen Hauptnutzern wie dem Richtfunk den Vortritt lassen (max. 14 dBm effektive isotropisch abgestrahlte Sendeleistung (EIRP) bei -5 dBm/MHz Leistungsdichte).

Deshalb gehören zum Pflichtenheft ein konfliktvermeidendes Protokoll und eine automatische Sendeleistungsregelung, die schon ab 6 dB unter dem Pegel von -5 dBm greift. Unterm Strich können damit VLP-Geräte freie Funkbereiche selbstständig nutzen.

Jedoch schreibt die FCC keine Schutztechniken vor. Von WLAN-Geräten, die in Teilen des 5-GHz-Bands Wetterradaren ausweichen müssen, kennt man Transmit Power Control (TPC) und Listen Before Talk (LBT). VLP-Spezifikationen könnten beide aufgreifen oder eigene nutzen. Das bald erwartete 6-GHz-Bluetooth könnte stattdessen wie im 2,4-GHz-Band Adaptive Frequency Hopping verwenden.

VLP-Geräte dürfen nicht als Teil einer festen Infrastruktur im Freien, etwa an

Masten oder Gebäuden betrieben werden. Noch ist aber unklar, was genau VLP-Geräte sein werden. Die FCC versteht darunter Sendeempfangsteile mit sehr geringer Leistungsaufnahme, die über wenige Meter sehr hohe Datenraten liefern. Das können Augmented- und Virtual-Reality-Brillen sein, Streamingstreifen in Fahrzeugen, an Kleidung oder am Körper getragene Geräte, medizinische Überwachungsapparate, mobile Kurzstrecken-Hotspots, hochgenaue Tracker zur Positionsbestimmung oder auch Navigationsgeräte.

### Eifrige Befürworter

Die FCC hat seit 2023 Kommentare von Firmen und Fachleuten eingeholt. Auffällig ist, dass sich mehrere Konzerne für die Spektrumserweiterung einsetzen: Die Behörde nennt nicht nur die Chipfabrikanten Broadcom, Intel und Qualcomm, sondern auch die als Hardwarehersteller bekannten Firmen Apple, Google, Meta und Microsoft. Mehrere Firmen befürworten Regeln zum Schutz der Erstnutzer vor Störungen durch VLP-Geräte; Apple, Broadcom und Meta belegen in Studien sogar, wie VLP-Geräte Erstnutzer schützen können.

Die FCC dürfte sich über die teils umfangreichen Aktivitäten freuen. Man kann daraus lesen, dass die IT-Branche das 6-GHz-Feld bestellen will, die Ressource also sinnvoll verwendet wird.

Das 6-GHz-Band ist regional unterschiedlich breit. Im 1200 MHz breiten Band der USA finden „bis zu sieben 160-Megahertz-Kanäle oder drei 320-MHz-Kanäle“ Platz, meldet die FCC stolz. Bluetooth verwendet im 2,4-GHz-Band je nach Version 80 oder 40 Kanäle von je 1 oder 2 MHz Breite.

In Europa stehen bisher 500 MHz zur Verfügung (5945 bis 6425 MHz). Die europäische Regulierung könnte aber mit ähnlichen Vorgaben mehr Spektrum für VLP-Geräte freigeben, denn mehr Spektrum bedeutet mehr Manövrierraum, um Erstnutzern auszuweichen.

Der Branchenverband Bluetooth Special Interest Group erwartet vom 6-GHz-Band höhere Datenraten, die für Video-streaming in HD-Qualität genügen, kürzere Latenzen, von denen Spiele-Controller profitieren würden und genauere Positionsbestimmungen. Unterm Strich sieht die Bluetooth-Gruppe das 6-GHz-Band als Grundlage für Leistungsverbesserungen der kommenden 20 Jahre. ([dz@ct.de](mailto:dz@ct.de)) **ct**

**FCC-Order 24-125: [ct.de/yyk3](https://ct.de/yyk3)**



**Die FCC gibt nicht vor, welche Protokolle Very-Low-Power-Geräte verwenden sollen. Ein naheliegender Kandidat ist Bluetooth. Die Bluetooth Special Interest Group arbeitet an der Erweiterung des Nahfunks für das 6-GHz-Band seit mindestens 2023.**

## Mini-Laser ebnet Weg für On-Chip-Photonik

**Ein Laser aus Silizium, Germanium und Zinn könnte künftig optische und elektronische Komponenten in Mikroprozessoren verbinden. Damit rückt die nächste Generation von Mikrochips in greifbare Nähe.**

Wenn es gelingt, optische Komponenten in klassische Elektronik aus Silizium zu integrieren, können Mikrochips ihre Daten optisch übertragen und so leistungsfähiger und effizienter arbeiten. Ein Team um Dan Buca am Forschungszentrum Jülich hat mit internationalen Partnern nun ein dafür entscheidendes Bauteil entwickelt: einen Laser, der nur aus Elementen der Siliziumgruppe besteht, also aus Silizium, Germanium und Zinn.

Während bisherige Lösungen oft auf komplizierte und teure Materialien zurückgriffen, ermöglicht dieser Laser eine einfache und kostengünstige Herstellung kompatibel mit der CMOS-Technik, die in der Halbleiterindustrie weit verbreitet ist. Im Unterschied zu früheren Germanium-Zinn-Lasern, die optisch gepumpt wurden und hohe Energien benötigten, arbeitet

der neue Laser elektrisch. Dazu benötigt er gerade einmal eine Stromstärke von 5 Milliampere und eine Spannung von 2 Volt – vergleichbar mit einer Leuchtdiode.

Der Laser basiert auf einer sogenannten Multi-Quantum-Well-Struktur, die aus ultradünnen Schichten von Silizium-Germanium-Zinn und Germanium-Zinn besteht. Seine Ring-Geometrie minimiert

den Energieverbrauch und die Wärmeentwicklung und ermöglicht so einen stabilen Dauerbetrieb bei knapp  $-180$  Grad Celsius. Die Forschungsgruppe plant weitere Optimierungen, um die Laserschwelle zu senken und den Betrieb bei Raumtemperatur zu ermöglichen. (spa@ct.de)

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

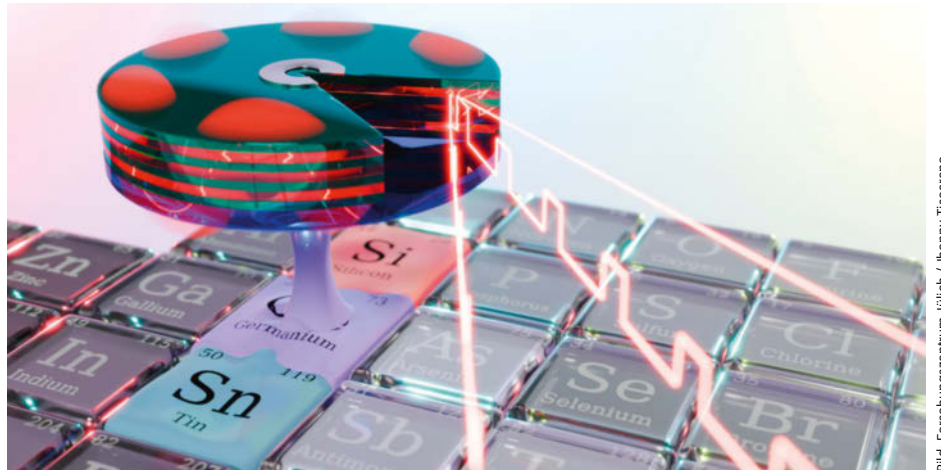


Bild: Forschungszentrum Jülich / Johnny Tiscareno

**Der Mini-Laser aus Elementen der Siliziumgruppe kann sowohl gepulste als auch kontinuierliche Laserstrahlen erzeugen.**

## Google präsentiert Quantenchip Willow

Fünf Jahre nach der Veröffentlichung seines Sycamore-Chips stellt das Team von Google Quantum AI die nächste Generation seiner Quantenprozessoren vor: Wil-



Bild: Google Quantum AI

**Laut Google-Hardware-Chef Julian Kelly ist Willow der leistungsfähigste Quantenprozessor, den das Unternehmen bisher entwickelt hat.**

low (englisch für Weide) ist mit **105 supra-leitenden Qubits** ausgestattet und soll bereits zwei wissenschaftliche Errenschaften demonstrieren. Zum einen soll es mit diesem Quantenchip erstmals möglich sein, effektiv Qubit-Fehler zu korrigieren (siehe c't 21/2024, S. 50). Konkret demonstrieren die Forscher, dass sich die Fehlerrate eines Quantencomputers verringern lässt, wenn mehr ausreichend stabile Qubits zusammenarbeiten.

Zum anderen soll der Chip eine Aufgabe in fünf Minuten gelöst haben, für die der Supercomputer Frontier zehn Quadrillionen ( $10^{25}$ ) Jahre brauchen würde. Ein ähnliches Ergebnis demonstrierte das Team bereits im August mit dem Sycamore-Chip mit 67 Qubits (siehe c't 24/2024, S. 36). Ein praktischer Nutzen für das genutzte Benchmarking-Verfahren, das Random Circuit Sampling, ist allerdings nicht bekannt. (spa@ct.de)

## Präzises Maß für Widerstand

Ein Team der Universität Würzburg und der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) hat eine neue Methode zur präzisen Bestimmung des elektrischen Widerstands entwickelt. Diese kommt ohne Magnetfeld aus und vereinfacht die Messung daher im Vergleich zu bisherigen Techniken. Grundlage hierfür ist ein Quanteneffekt, der sogenannte anomale Quanten-Hall-Effekt, bei dem der elektrische Widerstand in einem Material in festen Stufen ansteigt. Aus diesen Stufen bestimmen die Forscher mit hoher Genauigkeit eine Normale, also einen festen Referenzpunkt für den Widerstand. Noch ist die Methode auf extrem niedrige Temperaturen und geringe Ströme beschränkt, die Forscher wollen sie für kommerzielle Anwendungen weiterentwickeln. Die präzise Messung des elektrischen Widerstands ist in Industrie und Elektronik unerlässlich, zum Beispiel bei der Herstellung von Hightech-Sensoren, Mikrochips und Flugsteuerungen. (spa@ct.de)



## Politik ignoriert Fachleute

**In Regierungen weltweit findet wissenschaftlicher Rat laut einer Nature-Umfrage zu wenig Gehör, obwohl die Forschung die existenzbedrohenden Probleme untersucht und Lösungen kennt.**

Regierungen und ihre wissenschaftlichen Beiräte finden selten einen guten Draht zueinander, wie eine Umfrage des Wissenschaftsmagazins Nature unter 400 Insidern aus aller Welt ergab. 80 Prozent halten das Beratungssystem ihres Landes für lückenhaft, 70 Prozent bemängeln, dass ihre Regierung wissenschaftliche Beratungen nicht routinemäßig nutzt. Die zurückliegende Covid-19-Pandemie und der fortschreitende Klimawandel sowie die wachsenden Probleme mit Fehl- und Desinformationen zeigen, wie wichtig wissenschaftlicher Rat wäre; stattdessen greife eher eine wissenschaftsfeindliche Stimmung um sich.

Die weltweite Covid-19-Pandemie erwies sich für viele Umfrageteilnehmer als

Nagelprobe für die nationalen Beratungssysteme. Zwar bewerteten fast 60 Prozent, dass wissenschaftliche Expertise erfolgreich in die Pandemiepolitik ihres Landes eingeflossen sei. Ein Viertel gab jedoch an, dass Defizite in deren Nutzung und Umsetzung wesentlich zu vermeidbaren Todesfällen beigetragen hätten.

80 Prozent der Umfrageteilnehmer warnen, dass es vielen politischen Entscheidungsträgern an wissenschaftlichem Verständnis mangelt. Laut Roger Pielke von der University of Colorado standen die USA in der Pandemie besonders schlecht da. Den krassen Mangel an wissenschaftlichem Rat demonstrierte der damalige und künftige Präsident Donald Trump, als er auf einer Pressekonferenz erklärte, ein bestimmtes Malaria-Mittel könne Covid-19 behandeln. Diese Behauptung hatte keinerlei Rückhalt in der Forschung. Selbst bei einem soliden Beratungssystem ist es entscheidend, dass die politische Führung bereit ist, Rat auch anzunehmen, betont



Bild: BMDV

**Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr unterhält seit 1949 einen wissenschaftlichen Beirat. Aber hört der Minister auf dessen Rat?**

Zakri Abdul Hamid, ehemaliger Berater des malaysischen Premierministers.

Marcia McNutt, Präsidentin der Nationalen Akademie der Wissenschaften in den USA, beschreibt eine neue Strategie: Die Akademie geht dazu über, in ihren Berichten politische Optionen anzubieten und darzulegen, was die Forschung zu jeder dieser Optionen sagt. Denn die politische Entscheidung bleibt nun einmal bei den Politikern. (agr@ct.de)

**heise security**

# Wie sag ich's meinem Chef?

Erfolgreiche Gesprächsstrategien für Sicherheitsverantwortliche

05.02.2025 | Webinar

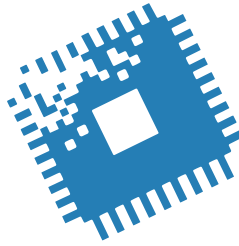


**Jetzt Ticket sichern:**

[heise-academy.de/webinare/wie-sag-ichs-meinem-chef](https://heise-academy.de/webinare/wie-sag-ichs-meinem-chef)



# Bit-Rauschen



## Chiphersteller TSMC enteilt der Konkurrenz

**Der 93 Jahre alte TSMC-Gründer Chang weint dem geschassten Intel-Chef Gelsinger keine Träne nach. Die Diskussion um europäische Chipsubventionen flammt wieder auf. Bayern kauft einen löwenstarken Superrechner.**

Von Christof Windeck

Wer den Schaden hat, braucht für den Spott nicht zu sorgen – das spürte kürzlich auch Intels Ex-Chef Pat Gelsinger. Der greise Gründer des taiwanischen Chip-Auftragsfertigers TSMC, Morris Chang, nutzte die Aufmerksamkeit um Gelsingers Abgang zum Nachtreten. Er meint, TSMC habe bei der fortschrittlichsten Fertigungstechnik keine Konkurrenten mehr. Samsung Semiconductor falle immer weiter zurück und Intel habe nie einen glaubwürdigen Plan gehabt, um sich zum Auftragsfertiger zu wandeln. Chang ging auch Gelsinger persönlich an, er empfand ihn als unhöflich und etwas großspurig.

Aussagen von Gelsinger nach seinem Amtsantritt 2021 hatten TSMC gekränkt. Damals warnte er vor zu hoher Abhängigkeit von Chipfabriken in Taiwan, wegen der Bedrohung durch China. Damit wollte Gelsinger wohl die politische Stimmung in den USA günstig beeinflussen, damit Subventionen für heimische Chip-

Fabs sprudeln. In Taiwan kam der Spruch nicht gut an, zumal Intel ohne TSMC-Technik derzeit nackt dastünde. TSMC liefert Intel nicht bloß die wichtigsten Chiplets der aktuellen CPU-Familie Core Ultra 200, sondern etwa auch Arc-Grafikchips (siehe Seite 78) sowie KI-Beschleuniger der Baureihe Gaudi. Laut Gerüchten stieß Gelsinger die TSMC-Mannschaft dermaßen vor den Kopf, dass Intel höhere Preise pro Wafer zahlen muss als andere Großkunden.

Die Aussage, TSMC habe keine Konkurrenz mehr, ist allerdings zweischneidig. Denn das dürfte die USA, Korea, Europa und Japan anstacheln, noch mehr Subventionen in jeweils lokale Chipfertigung zu pumpen. Auch hierzulande flammte die Diskussion über Chip-Subventionen wieder auf. Eigentlich sollte der European Chips Act den EU-Anteil an der weltweiten Halbleiterfertigung bis 2030 auf 20 Prozent steigern. Das ist jedoch nicht zu schaffen, zeigt eine Studie des Verbands der Elektro- und Digitalindustrie (ZVEI). Im Gegenteil sank der EU-Anteil am Welt-Chipmarkt in den vergangenen Jahren weiter, jetzt beträgt er nur noch rund 8 Prozent. Der ehemalige EU-Kommissar Thierry Breton wollte unbedingt die modernste Chipfertigung nach Europa holen, weshalb die Wahl schließlich auf Intel fiel. Auch mangels Alternativen, weil TSMC vermutlich nicht will und Samsung es auch nicht besser kann als Intel. Doch Intels europäische Pläne stehen in den Sternen. Der ZVEI schlägt nun vor, die Förderung „auf bestehende Stärken [zu] fokussie-


ren“. ZVEI-Präsident Gunther Kegel meint, „Europa braucht ein eigenes technologisches Faustpfand, an dem international nicht vorbeizukommen ist.“ Er nennt etwa die Bereiche Leistungshalbleiter, Mikrocontroller und Sensorik, also die Stärken europäischer Chipfirmen wie Infineon, STMicroelectronics, NXP, Bosch und X-Fab.

Außerdem mahnt der ZVEI, die Förderung der Chips allein reiche zur Stärkung der technologischen Souveränität nicht aus. Als Negativbeispiel nennt der ZVEI Leiterplatten (PCBs): Da liege die EU schon unter 5 Prozent, über 85 Prozent kämen aus China und Taiwan.

### Delle im AMD-Ego

AMD-Chefin Lisa Su ist nun zehn Jahre am Ruder und hat eine stolze Erfolgsbilanz vorzuweisen. Das Time Magazine kürte sie zur CEO des Jahres 2024. Eine vermutlich unbedachte Bemerkung eines Managers von Amazon Web Services (AWS), dem weltgrößten Cloud-Dienstleister, kratzte aber am AMD-Erfolg. Es ging dabei um die Frage, weshalb AWS bisher keine Cloud-Instanzen mit dem KI-Beschleuniger AMD Instinct MI300 anbiete, und die Antwort lautete sinngemäß: Weil es dafür zu wenig Nachfrage gebe. Die Kunden wollten entweder Nvidia-Beschleuniger oder, falls die zu teuer seien, dann eben die von AWS selbst entwickelten, also Inferentia oder Trainium. AMD ließ daraufhin über seine Pressestelle wissen, man arbeite seit Jahren erfolgreich mit AWS zusammen. Das stimmt sicherlich in Bezug auf die starken Epycs.

Am Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) im bayrischen Garching ist der Supercomputer SuperMUC-NG Phase 2 kaum warmgelaufen, da verkündet man schon die Bestellung des Blue Lion für 2027. Der blaue Löwe steht für bayrische Stärke und in diesem Fall auch für die Abkehr von Intel-Chips und Lenovo-Hardware. Stattdessen kommen nun die HPE-Sparte Cray und Nvidia zum Zug. Das hört sich nach der nächsten Generation „Vera Rubin“ der Nvidia-Kombiprozessoren an, die auch die vierte Generation von High Bandwidth Memory (HBM4) nutzen soll. Bei der Ankündigung stellte das LRZ weniger die Platzierung auf der Top500-Liste in den Vordergrund, also den Benchmark Linpack, sondern den High Performance Conjugate Gradients (HPCG), der andere wissenschaftliche Rechenaufgaben repräsentiert.

(ciw@ct.de) 

**Der Supercomputer Blue Lion mit Nvidia-Chips legt 2027 am bayrischen Leibniz-Rechenzentrum los. Er kostet 250 Millionen Euro inklusive Betriebskosten bis 2032.**



Bild: HPE/LRZ

## Raspberry Pi 500: Innenleben mit Überraschungen

**Die Hauptplatine des Raspberry Pi 500 im Tastaturgehäuse hat Platz für eine M.2-SSD und Power-over-Ethernet-Stromversorgung.**

Ein Blick ins Tastaturgehäuse des Raspberry Pi 500 zeigt, dass in Zukunft weitere Varianten des Rechners kommen könnten. Denn auf der 14 Zentimeter breiten

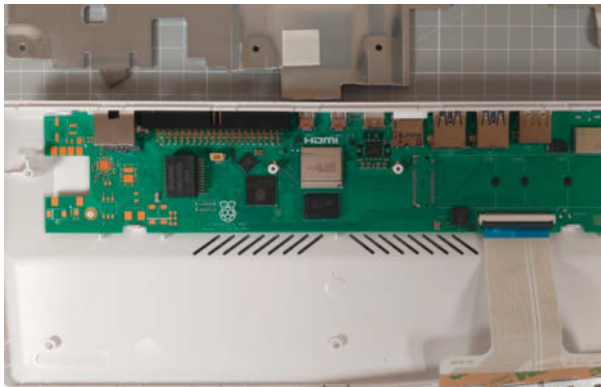
Hauptplatine sind bereits zwei Erweiterungen vorgesehen, die bisher nicht bestückt sind. Auf der einen Seite ist Platz für eine M.2-SSD in der Bauform 2230, 2242, 2260 oder 2280. Die zum Einbau nötige Fassung fehlt zwar, die Lötpins dafür sind jedoch vorhanden. Beim bisherigen Gehäuse ist der SSD-Steckplatz zudem nicht von außen zugänglich und

auch schlecht erreichbar. Denn Ober- und Unterseite des Gehäuses sind nicht mit Schrauben verbunden, sondern mit von außen unsichtbaren Plastik-Rastnasen, die umständlich zu entriegeln sind.

Im Bereich der RJ45-Netzwerkbuchse sind Lötflächen für die Bauteile eines Spannungswandlers zu sehen, der für die Stromversorgung per Ethernet nötig ist (Power over Ethernet, PoE). Das könnte für Schulungsräume praktisch sein, weil man an den Arbeitstischen dann keine Netzteile und Steckdosen für die Raspis braucht.

Die Raspi-Entwickler äußerten sich bisher nicht dazu, ob, wann und zu welchen Preisen diese optionalen Konfigurationen erhältlich sein sollen. Bis zum Redaktionsschluss dieser c't-Ausgabe war nicht einmal die bereits angekündigte Versionen des Raspberry Pi 500 mit deutscher Tastaturbelegung erhältlich.

(ciw@ct.de)



**Im Raspberry Pi 500 ist Platz für eine M.2-SSD (rechts) und einen PoE-Spannungswandler, dazu nötige Bauteile fehlen jedoch bisher.**

## RAM-Trick beschleunigt Raspi 4 & 5

Die Raspberry-Pi-Typen 4, 400, CM4, 5, 500 und CM5 mit jeweils 4 oder 8 Gigabyte Arbeitsspeicher können ihr RAM schneller ansteuern als bisher. Das bringt in Benchmarks bis zu 20 Prozent höhere Punktzahlen. Eine Beschleunigung in dieser Größenordnung ist praktisch freilich kaum spürbar.

Die Raspi-Entwickler nennen den Trick „Fake NUMA“. NUMA steht für Non-Uniform Memory Access und bezeichnet eine Reihe unterschiedlicher Methoden,

mit der Prozessoren ihren Arbeitsspeicher ansteuern. Im Falle von Raspi 4 und 5 mit mindestens 4 GByte RAM geht es darum, Speicherzugriffe der vier CPU-Kerne geschickter auf unterschiedliche Adressbereiche zu verteilen. Das ist möglich, weil die „größeren“ LPDDR4-Speicherchips intern aus mehreren Bänken (Banks) bestehen, die sich teilweise unabhängig ansteuern lassen. Das nutzt der Fake-NUMA-Trick aus und lädt den Linux-Kernel beim

Start mit einer Option, die die logischen RAM-Adressen günstiger verteilt. Um Fake NUMA zu aktivieren, müssen Raspi-Besitzer die Bootkonfiguration mit dem Befehl `sudo rpi-eeprom-config -e` aufrufen und um die Zeile `SDRAM_BANKLOW=x` erweitern; dabei trägt man beim Raspi 5 statt `x` den Wert „1“ ein und beim Raspi 4 „3“, siehe [ct.de/yvkn](https://ct.de/yvkn).

(ciw@ct.de)

**Forumbeitrag zu Fake NUMA: [ct.de/yvkn](https://ct.de/yvkn)**

# Hype oder Hilfe?

## Mit Künstlicher Intelligenz produktiv arbeiten

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



**Heft + PDF  
mit 28% Rabatt**

# BIOS-Update bringt aktuelle Intel-Prozessoren auf Trab

**Ein Microcode-Update für die im Oktober vorgestellten Desktop-PC-Prozessoren Core Ultra 200S „Arrow Lake“ beschleunigt ausgewählte Anwendungen um über 30 Prozent. Das macht einen bisherigen Workaround überflüssig.**

Die taiwanischen Mainboard-Hersteller Asus, Asrock und Gigabyte verteilen für LGA1851-Boards mit Z890-Chipsatz wichtige BIOS-Updates. Diese enthalten einen aktualisierten Microcode für Intels Desktop-Prozessorgeneration Core Ultra 200S alias „Arrow Lake“, der eine Performance-schwäche der CPUs korrigiert. Ähnlich wie bei AMDs Ryzen 9000 war auch der Start der Desktop-CPU-Generation Core Ultra 200S von Pannen begleitet. So zeigten die drei Prozessoren Core Ultra 9 285K, Core Ultra 7 275K und Core Ultra 5 265K im Test in c't 26/2024, S. 90 vor allem bei Anwendungen, die nur einen Kern auslasten, unterdurchschnittliche Ergebnisse. Als Workaround musste man unter Windows 11 den Energiesparmodus von „Ausbalanciert“

auf „Beste Leistung“ stellen, was aber auch einige Energiesparfunktionen deaktiviert.

Die BIOS-Updates machen diesen Workaround nun überflüssig. Zu erkennen sind die Updates auf den Support-Seiten der Board-Hersteller, wenn die Microcode-Version 0x113 erwähnt wird. Damit steigt die Performance in der Singlethreading-Wertung des Rendering-Benchmarks Cinebench 2024 beim Core Ultra 9 285K um satte 34 Prozent. Aber auch Office-Anwendungen profitieren: Die Benchmark-Suite PCMark 10 mit solchen Anwendungen legt etwa um 36 Prozent zu. Bei wissenschaftlichen Simulationen der Rodinia-Life-Sience-Suite sind es immerhin 20 Prozent Plus.

Damit kann sich der Core Ultra 9 285K in diesen Disziplinen vor AMDs aktuelles Topmodell Ryzen 9 9950X schieben: Im Cinebench 2024 1T beträgt der Vorsprung sechs Prozent (Ryzen 9 9950X: 136 Punkte) und im PCMark 10 elf Prozent (9950X: 7484 Punkte). Im Rodinia Life Sience liefern sich die beiden CPUs ein enges Kopf-an-Kopf-Rennen mit 7,04



**Ein Microcode-Update verpasst Intels jüngster Desktop-CPU-Generation einen Leistungssprung bei Anwendungen, die nur einen Kern nutzen.**

(285K) zu 7,02 Punkten (9950X). Bei 3D-Spielen und Anwendungen, welche die 24 Kerne des Core Ultra 9 285K ausschöpfen, gibt es hingegen keine signifikanten Änderungen durch das Microcode-Update.

Wir empfehlen Nutzern von Core-Ultra-200S-Systemen wegen der Performance-Verbesserungen, ein aktuelles UEFI-BIOS mit Microcode 0x113 einzuspielen. Microcode-Updates kommen unter Linux und Windows zwar auch übers Betriebssystem, dieser Mechanismus hinkt aber zum Teil Monate hinterher. Unter Linux enthält das zugehörige Paket beispielsweise noch gar keinen Microcode für Arrow-Lake-Prozessoren. (chh@ct.de)

## Benchmarkvergleich Core Ultra 9 285K

BIOS-Version (Microcode)	Cinebench 2024 1T [Punkte]	Cinebench 2024 MT [Punkte]	Blender 4.2.2 LTS, Classroom [s]	PCMark 10 [Punkte]	Handbrake 1.8.2, Fast 1080p30 [fps]	Cyberpunk 2077, Full-HD, Ultra [fps]	Rodinia Life Sience [Punkte]
	besser ▶	besser ▶	◀ besser	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶
1101 (0x113)	145	2390	141	8325	189	191	7,04
8001 (0x110)	108	2436	141	6113	188	189	5,83

getestet mit 32 GByte DDR5-6400, Cyberpunk 2077 mit GeForce RTX 4090, Asus ROG Maximus Z890 Hero

## Sonderheft c't PC-Selbstbau

Wer seinen PC selbst zusammenstellt, kann die Hardware optimal auf seine Anforderungen abstimmen – sei es für Gaming, Büroaufgaben oder KI-Anwendungen. Das Sonderheft c't PC-Selbstbau hilft Ihnen durch Kaufberatungsartikel und zahlreiche Tests, die richtigen Teile dafür auszuwählen. Als Basis können Sie unsere fünf Bauvorschläge verwenden, um damit beispielsweise einen sparsamen Office-Mini, einen bezahlbaren Spiele-PC oder eine leistungsstarke High-End-Maschine zusammenzustellen. Letztere taugt auch für Foto-, Video- und generative KI-Anwendungen. Im Schwerpunkt Monitore

und Grafikkarten erfahren Sie in der großen Kaufberatung und Vergleichstests, welcher Displaytyp und welche GPU für Sie am besten passen.

**Auf über 160 Seiten finden Sie umfangreiche Tests** von AMD Ryzen 8000G und Ryzen 9000, Intel Core Ultra 200S sowie PCI-Express-SSDs, ATX-Netzteilen, CPU-Kühlern und AM5-Mainboards mit USB4 und Wi-Fi 7. Das Sonderheft c't PC-Selbstbau gibt es auf Papier im heise Shop und im Handel für 14,90 Euro. In digitaler Form erwerben Sie es für 12,99 Euro über den heise shop, direkt in unseren Android- und iOS-Apps oder bei Amazon.

**c't PC-SELBSTBAU**  
Hardware-Tests, Kaufberatungen und Bauvorschläge

**CPUs und Mainboards für Bastler**  
AMD Ryzen 8000G, 9000 und Intel Core Ultra 200S im Test  
Aufpassen: So machen Sie Ihren Rechner fit für Windows 11

**Kaufberatung für Displays und Grafikkarten**  
Getestet: 15 Billig- und 5 USB-C-Monitore  
Leistungsstarke Gaming-Grafikkarten

**SSDs, Netzteile & CPU-Kühler**  
Marktübersicht: 20 schnelle SSDs mit PCI Express  
Die besten Netzteile und Kühler für Ihren Rechner

**Bauvorschläge für Gaming, Office und KI**  
5 von c't individuell zusammengestellte und getestete PCs ab 330 Euro  
Kaufberatung: So finden Sie die passenden Komponenten



# Alarmstufe rot

## Mac-Malware aus dem Chatbot

**Ein Bericht über Malware-Entwicklung auf dem Mac zeichnet ein düsteres Bild. Vor allem KI-Chatbots und Malware-as-a-Service verschärfen die Bedrohungslage.**

Von Dušan Živadinović

**K**ünstliche Intelligenz und das wachsende Dienstleistungsgeschäft Cyberkrimineller haben die Sicherheitslage auf dem Mac in den vergangenen Monaten verschärft. Zu diesem Ergebnis kommt das Moonlock Lab, ein auf die Identifizierung neuer Malware und Schwachstellen spezialisiertes Team der ukrainischen Firma MacPaw. MacPaw hat unter anderem mit Antivirensoftware einige Bekanntheit erlangt.

Die Verfasser des Berichts kommen zum Schluss, dass sich die zu Beginn der modernen KI-Ära geäußerten Befürchtungen mancher Fachleute bewahrheitet haben: KI-basierte Chatbots wie ChatGPT haben demnach erheblich zur Verschärfung der Sicherheitslage beigetragen,

indem sie Menschen ohne jegliche Programmierkenntnisse in die Lage versetzen, Malware zu entwickeln.

Als Beleg zeigen die Sicherheitsspezialisten unter anderem Bildschirmfotos aus dem Darknet. So habe beispielsweise ein russischsprachiger Akteur namens „barboris“ offen dokumentiert, wie er einen ChatBot nutzte, um eine macOS-Malware zusammenzusetzen. Er erklärte, keine Programmiererfahrung zu haben. Dabei genügen nur wenige Prompts, um Skripte zu erstellen und fortgeschrittene Techniken anzuwenden, die zuvor tiefgehende Kenntnisse voraussetzten.

### KI konstruiert Installationspaket

Unter anderem dokumentiert barboris, wie er den ChatBot dazu bringt, Schritt für Schritt durchzuspielen, wie man eine macOS-Malware mit dem gratis erhältlichen PyInstaller zu einem Installationspaket verpackt und dieses in eine DMG-Datei steckt. Auf einem Opfersystem installiert, extrahiert die Malware dann Keychain-Daten, stiehlt Krypto-Wallets und sendet sie dem Angreifer frei Haus.

Vor der KI-Chatbot-Ära seien für solche Taten Programmierkenntnisse unumgänglich gewesen und hätten daher eine

Hürde dargestellt, die Kriminelle erstmal überwinden mussten. Jetzt beobachtet man eine Dezentralisierung der Cyberkriminalität, die bedenklich sei.

Außerdem würden zunehmend mehr Kriminelle, die Programmierkenntnisse haben, Malware als Dienstleistung anbieten. Malware-as-a-Service (MaaS) sei schon für rund 1500 US-Dollar pro Monat zu haben. Zuvor musste man dafür Zehntausende von Euro berappen.

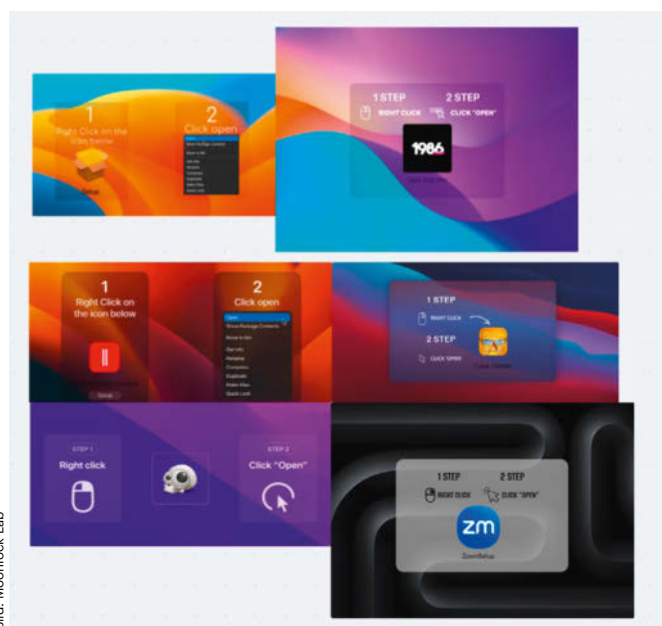
Der Preisverfall sei mehreren Effekten geschuldet. Die Befehrerung durch KI drücke die Preise sowohl direkt – durch einfachere und damit schnellere Entwicklung – als auch indirekt, indem sie böswilligen Entwicklern in die Hände spielt. Diese könnten KI-gestützt mehr produzieren und müssten Malware daher nicht mehr selbst einsetzen, sondern könnten durch Dienstleistung leichter Gewinn erzielen. Dabei machen sie sich selbst die Finger nicht schmutzig und mindern das Risiko der Verfolgung.

Mit einem Anteil von 73 Prozent dominiert laut dem Bericht Adware, also Software, die unerwünschte Werbung anzeigt. Die schnellste Entwicklung habe man bei digitalen Datendiebstählen verzeichnet. Antivirensoftware habe auf Macs den Befall mit Ransomware in nur 0,01 Prozent der Fälle identifiziert.

### Anleitung führt User hinteres Licht

Die größte Schwachstelle sei nach wie vor der Mensch. Dabei sind Irreführung und Erschleichung von Vertrauen (Social Engineering) die weit verbreiteten Methoden, mit denen Angreifer Opfer übertölpeln. Zu gut vorbereiteten Angriffen gehören mittlerweile leicht verständliche Installationsanleitungen, die gutgläubige Anwender dazu bringen, macOS-Schutzfunktionen wie den Gatekeeper abzuschalten. Zuvor musste Malware aufwendig signiert werden, um auf modernen Macs ausgeführt werden zu können.

Ahnhilfe ist leicht gesagt, aber nicht immer leicht umgesetzt, denn sie setzt Bildung und Vorsicht voraus: Beispielsweise gilt es, vertrauenswürdige von zweifelhaften Quellen unterscheiden zu lernen und Downloads von unbekanntem Quellen zu unterlassen. Systemdialoge sollte man generell aufmerksam lesen, vor allem jene, die nach Passwörtern fragen, denn es könnten vorgetäuschte Dialoge sein. Und natürlich sollten Nutzer ihre Systeme möglichst aktuell halten. (dz@ct.de) **ct**



**Tarnen und Täuschen: Anstatt Malware aufwendig zu signieren, damit sie auf Macs läuft, liefern Angreifer leicht verständliche Anleitungen, um Anwender zu übertölpeln, damit diese die macOS-Sicherheitsmechanismen selbst abschalten.**

# 3D ohne Brille

## Unware Holodeck: VR für Unternehmen

**Die Industrie plant Anlagen und Produkte mit 3D-Modellen; Küchen- und Autohäuser wünschen sich publikumswirksame VR-Räume. Das Unware Holodeck verspricht eine Lösung ohne Datenbrille und Controller. Wir haben es ausprobiert.**

Von André Kramer

Das Unware Holodeck des Ingolstädter Start-ups Unware funktioniert ganz im Sinne des Vorbilds auf der Enterprise NCC-1701-D ohne Headset oder Polfilterbrille. Denn VR-Brillen wie die PSVR 2, Meta Quest 3 und Apple Vision Pro wiegen jeweils mehr als ein halbes Kilogramm und Nutzer ermüden schnell unter ihrer Last.

Unware will sie davon befreien. Nutzer betreten dafür die „VR Cave“, eine runde Kabine, etwa so groß wie eine Litfaßsäule. Seit Kurzem steht ein Prototyp zur Verfügung, der künftig in Verkaufsräumen, auf Messen und in Entwicklungsabteilungen stehen soll.

### VR-Kabine ohne Headset

Die Kabine enthält eine zwei Meter hohe und um 220 Grad gekrümmte Projektionsfläche aus FlexGlass-Kunststoff von Screen Innovations. Vier Laser-Kurzstanzprojektoren mit jeweils 4K-Auflösung werfen ein überlappendes Bild auf den Schirm. Unware setzt auf Projektion statt auf Micro-LED-Panels, damit man nahe vor dem Schirm kein Pixelmuster sieht. Zudem lässt sich die biegsame Leinwand leichter zu einer Messe oder einem Verkaufsraum transportieren.

Vier Kameras über der Projektionsfläche erfassen die Position des Nutzers mithilfe der Reflexion von ebenfalls dort angebrachten Infrarot-LEDs. Eine eigens entwickelte Trackingsoftware ermittelt daraus 22 Schlüsselpunkte und kombiniert

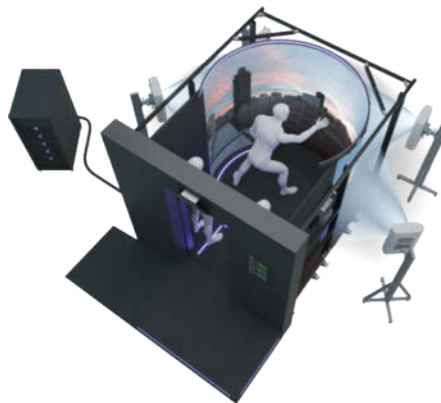
diese zu einem Strichmännchenmodell des Nutzers. Sie braucht dafür laut Mitgründer und CEO Frank Egle lediglich acht Millisekunden, mehr würde zu Übelkeit führen, gibt er zu bedenken.

### Gesten ohne Controller

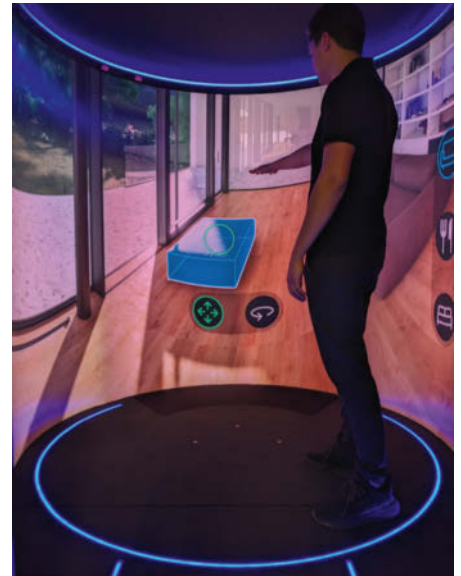
Die virtuelle Welt entsteht in der Unreal-Engine 5. Keine Hardware tragen zu müssen wirkt durchaus befreiend. Das Tracking funktioniert sauber, aber nicht spürbar latenzfrei. Die Software passt die Perspektive abhängig von der Körperbewegung stetig an, sodass man sogar unter eine Tischplatte schauen kann. Ein stereoskopischer Effekt entsteht jedoch nicht.

Über Handgesten können Nutzer mit 3D-Objekten interagieren. Ganz ohne Tutorial, wie man Gegenstände aufnimmt, bewegt und wieder loslässt, geht es jedoch nicht. Der ausgestreckte Arm übernimmt die Rolle der linken Maustaste. Die Gestensteuerung ist gewöhnungsbedürftig, soll aber noch erweitert werden. Übelkeit entstand lediglich bei einer rasanten Flugdemo, nicht beim Umgang mit 3D-Gegenständen in Fabrik, Lager oder Wohnraum.

Um eine Küche virtuell einzurichten oder den digitalen Zwilling einer Turbine in einem Staudammkraftwerk aus dem Büro zu warten, dürfte es reichen. Das System flüssig und frustfrei zu bedienen setzt



**Vier 4K-Projektoren erzeugen Leinwand das Bild. Darüber angebrachte Kameras verfolgen Hand und Augen des Nutzers.**



**Im Unware Holodeck verschiebt man Gegenstände mit Handgesten. Je nach Blickrichtung passt Unwares Trackingsoftware die dargestellte Perspektive an.**

jedoch ein wenig Erfahrung mit der eigenwilligen Steuerung voraus.

Ein 5.1.4-Audiosystem unterstützt die Immersion. Die Lautsprecherkonfiguration mit Subwoofer und fünf Boxen für Front-, Center- und Rückposition sowie vier Deckenlautsprechern entspricht gängigen Standards wie Dolby Atmos und DTS:X. Unware hat es zusammen mit den Partnerfirmen Farao Studios und Adam Audio selbst entwickelt. Ein Zertifikat für Dolby Atmos soll folgen.

Ganz neu ist die Idee nicht: Das niederländische Start-up Tekle Holographics zeigte 2022 auf der Hannover Messe ein holografisches „Portal ins Metaverse“, allerdings mit Shutterbrille. 3D gelingt mittlerweile übrigens auch ohne Nasenfahrrad: Monitorhersteller wie Acer, Lenovo und Samsung haben beispielsweise 3D-Displays in 4K mit 27 Zoll Diagonale im Programm.

### Kosten


Unware bietet sein Holodeck ab sofort Unternehmen zum Kauf und Leasing an. Der Basispreis liegt bei 350.000 Euro. Im Leasing durch die Firma CHG-Meridian kostet das Holodeck zwischen 10.000 und 15.000 Euro im Monat, abhängig von Standort, Umfang, Servicevertrag und Laufzeit. Als Zielgruppe hat Unware Kunden aus der Industrie im Auge, Autobauer, Immobilienentwickler und Einzelhändler wie große Möbelhausketten. (akr@ct.de) 

Bild: Unware GmbH



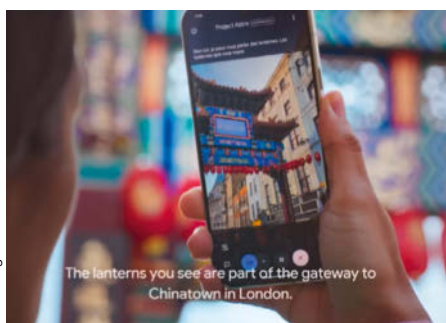
## Gemini 2.0 mit drei Forschungsprototypen

Google DeepMind hat Gemini 2.0 Flash Experimental vorgestellt. Es ist zunächst für Entwickler und ausgewählte Tester über die API in Google AI Studio und Vertex AI verfügbar. Das neue KI-Modell arbeitet **laut Google doppelt so schnell wie Gemini 1.5 Pro**. Außerdem hat es bei den multimodalen Fähigkeiten zugelegt. Für Entwickler will Google Gemini 2.0 in verschiedene Plattformen wie Android Studio, Chrome DevTools und Firebase integrieren.

Gemini 2.0 wird drei neue Forschungsprototypen mitbringen. Project Astra ist ein universeller KI-Assistent, der mehrsprachige Dialoge führen kann (siehe S. 136). Project Mariner soll Chrome eigenständig als Browser nutzen und Webinhalte autonom verwenden. Aus Sicherheitsgründen agiert dieser Agent nur im aktiven Tab und benötigt für sensible Aktionen eine Bestätigung. An Entwickler richtet sich Jules, der dritte Agent. Er soll in GitHub-Workflows integriert sein, kann asynchron arbeiten und beispielsweise Fehlerbehebungspläne erstellen.

„Deep Research“ heißt eine neue Funktion für Gemini Advanced. Abonnenten können damit komplexe Recherchen automatisieren. Die KI fasst Ergebnisse samt Quellen in einem Bericht zusammen, der sich nach Google Docs exportieren lässt.

(dwi@ct.de)



**Project Astra, einer der drei neuen Agenten in Gemini 2.0, soll Google Search, Maps und Lens nutzen, um zum Beispiel auf Reisen Alltagsfragen zu beantworten.**

Bild: Google

## Neue Version der Video-KI Sora

OpenAI hat eine verbesserte Version des KI-Video-Generators Sora herausgebracht. Der Anbieter spricht von einer **auf Kosten und Geschwindigkeit optimierten Turbo-Version**.

In vielen Ländern außerhalb der EU können Inhaber eines ChatGPT-Plus- und -Pro-Accounts die neue Sora-Version als eigenständiges Produkt im Rahmen ihres Abos nutzen. In Deutschland ist das Modell noch nicht verfügbar.

Sora erzeugt anhand von Beschreibungen oder von Standbildern selbstständig Videos von 10 bis 20 Sekunden Länge. Dabei stehen Auflösungen von 480p bis 1080p zur Wahl. Während ChatGPT-Plus-Nutzer maximal 50 Videos von jeweils höchstens 5 Sekunden Länge generieren dürfen, können Pro-User unbegrenzt viele Clips auch in höheren Auflösungen anfertigen lassen.

Erste Erfahrungsberichte zum Beispiel auf YouTube zeigen beeindruckende abstrakte Darstellungen und Cartoon-Animationen, aber auch deutliche Schwächen beim physikalischen Verständnis.

(dwi@ct.de)

# IHRE DATEN, IHRE KONTROLLE!

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



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

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



**JETZT BESTELLEN!**

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



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

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

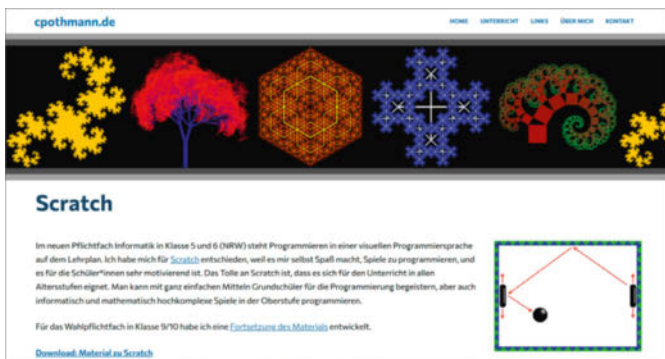




## Freies Material für den Informatikunterricht

[cpothmann.de](http://cpothmann.de)

Seit 2009 unterrichtet Christian Pothmann als Lehrer für Informatik und Mathematik an einem Kölner Gymnasium. Genauso lange entwickelt er bereits Material für den Informatikunterricht. Im April 2021 veröffentlichte er es auf seiner Website **cpothmann.de** unter der Lizenz CC BY-NC-SA 4.0. Mittlerweile umfasst die Sammlung zwölf Unterrichtsreihen mit insgesamt 126 Unterrichtsabschnitten, darin enthalten 430 Seiten Arbeitsblätter und 650 PDFs für die Präsentation im Unterricht. Das Material für die Klassenstufen 5 und 6 ist nach Themen wie Kodierung und Scratch als Programmiersprache sortiert, für Schüler der Oberstufe gibt es beispielsweise die Kategorien Arrays, „Lineare Datenstrukturen“ und Vererbung. Lehrkräfte, die sich per Mail bei Pothmann melden, erhalten die Lösungen zu den Aufgaben zugesickt.



Das Material orientiert sich an den Lehrplänen für Nordrhein-Westfalen. Etwa die Hälfte der Kollegen, die ihn kontaktierten, arbeite wie er in NRW, erklärt Pothmann auf unsere Nachfrage, er erhalte aber auch Anfragen aus Österreich und der Schweiz. Auf Wunsch verschickt er die Originaldateien im LibreOffice-Format, sodass Empfänger den Inhalt ändern und ergänzen können. Die Website ist eine wahre Fundgrube für alle, die Informatik unterrichten. Das umfangreiche Angebot wird durch Links zu Seiten mit weiterem Material abgerundet.

(dwi@ct.de)

## Rechner für jede Lebenslage

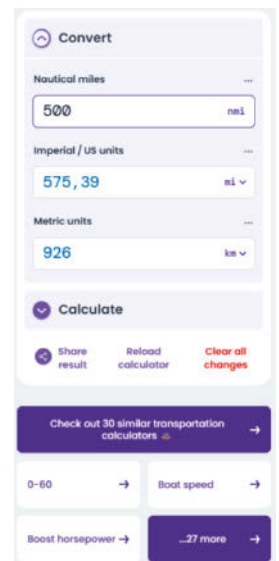
[omnicalculator.com](http://omnicalculator.com)

Insgesamt 3746 Onlinerechner finden sich auf der englischsprachigen Website **Omni Calculator**, die meisten davon in der Kategorie Mathematik (667), gefolgt von Finanzen (610), Physik (517) und Umrechnungen (307). Auch ausgefallene Interessen werden bedient – sei es, dass man statt Butter lieber Öl im Kuchenteig verwenden oder einen Beamer im optimalen Abstand zur Projektionsfläche aufstellen möchte. Der Schnee-

manrechner hilft, die perfekten Proportionen zu finden und mit dem Pokémon-Go-Rechner ermitteln Fans des Location-based Games den Kalorienverbrauch beim Spielen.

Die Suche nach dem perfekten Werkzeug umranken allerlei Werbeeinblendungen. Dennoch ist die Site einen Besuch wert, denn alle Rechner bringen interessante und originelle Anmerkungen mit. Die nicht ganz ernst gemeinten Exemplare der Sammlung bieten daher zumindest gute Unterhaltung. Den Rechner zu der Frage, ob die Erde eine Kugel oder eine Scheibe ist, begleiten beispielsweise umfangreiche Hintergrundinformationen dazu, warum so viele Menschen sich diese Frage überhaupt stellen.

(dwi@ct.de)



## Bürgernahes Informationsangebot

[bundesverfassungsgericht.de](http://bundesverfassungsgericht.de)

Als eins der fünf obersten Verfassungsorgane wacht das Bundesverfassungsgericht (BverfG) über die Einhaltung des Grundgesetzes der Bundesrepublik Deutschland. Wie die Behörde arbeitet, erklärt der neu gestaltete **Webauftritt des Bundesverfassungsgerichts** gut verständlich und in drei Sprachen. Ein Ziel des Relaunches war es, Informationen leicht zugänglich zu präsentieren und anschaulich zu vermitteln. Die Seite sei nicht ganz barrierefrei, aber barrierearm gestaltet, heißt es in einer Erklärung. Über ein Onlineformular oder per Mail können Besucher Barrieren an die Internetredaktion melden.



In der Mediathek finden sich interessante Beiträge zu Aufbau, Aufgaben und Geschichte des BverfG. Videos zeigen das Gebäude von innen, andere zeichnen den Weg zu bedeutenden Entscheidungen nach. So gibt ein

knapp 15 Minuten langer Film Einblick, wie das Urteil zur Suizidhilfe entstand, das das BverfG am 26. Februar 2020 verkündete. Besucher der Site erfahren, welche Nebeneinkünfte die BverfG-Richter erzielten und wie man eine Verfassungsbeschwerde einlegt.

(dwi@ct.de)

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

betterCode()

# GenAI 2025

Die Konferenz zu KI-gestützter Softwareentwicklung

21. Januar 2025 • Online

## Mehr als Boilerplate-Code mit Copilot

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

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

Jetzt  
Tickets  
sichern!

Workshop am 28. Januar

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

Veranstalter



Minds  
Mastering  
Machines

# LLMs im Unternehmen

Sprachmodelle verwenden und in eigene Anwendungen integrieren

12. März 2025 • Online

ChatGPT hat gezeigt, wozu Large Language Models in der Lage sind.

LLMs können weit mehr, als einfach Fragen zu beantworten.

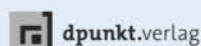
Für Unternehmen entstehen dadurch völlig neue Möglichkeiten.

Lernen Sie auf dem Thementag, wie Sie LLMs effizient einsetzen und welche offenen Modelle Ihnen zur Verfügung stehen. Erfahren Sie außerdem, wie Sie Problemen wie dem Halluzinieren entgegenwirken und welche juristischen Grundlagen zu beachten sind.

Jetzt  
Frühbuche-  
ticket  
sichern!

[m3-konferenz.de/llm.php](https://m3-konferenz.de/llm.php)

Veranstalter





# Ausgedehnt

## Mobilfunkanbieter Lebara verzögert Vertragsende

**Für die Kündigung von Telekommunikationsverträgen gibt es gesetzliche Fristen. Anbieter Lebara hält sich nicht in jedem Fall daran.**

Von Tim Gerber

Seit August hatte Maurice S. einen Mobilfunkvertrag beim Anbieter Lebara im Tarif „Hello! 5 + Flex“, der laut obligatorischer Zusammenfassung monatlich kündbar sein sollte. Am 10. November kündigte Maurice S. den Vertrag per E-Mail, weil er einen für ihn günstigeren Anbieter gefunden hatte, zu dem er alsbald wechseln wollte. Am kommenden Tag bestätigte Lebara ihm die Kündigung: „Deine Anfrage wurde erfolgreich bear-

beitet“, hieß es in der E-Mail: „Dein Vertrag wird vollständig am 31.12.2024 gekündigt“.

Passte alles, bis auf das Datum. Denn die Kündigungsfrist von einem Monat endet nach gesetzlicher Definition am 10. Dezember. (Maßgebliche Vorschriften sind § 187 Abs. 1 und § 188 Abs. 2 BGB). Maurice S. wandte sich deshalb noch am selben Tag per Chat an den Kundenservice von Lebara. Eine Mitarbeiterin teilte ihm



mit, sie habe das geprüft: „Die Kündigung erfolgte im November, sodass der Vertrag bis zum Ende des nächsten Monats gültig sein sollte“, schrieb sie ihm darauf in den Chat.

Maurice S. wies sie darauf hin, dass der Vertrag laut den AGB „jederzeit mit einer Frist von einem Monat gekündigt werden“ könne. Doch das ließ die Kundebetreuerin im Chat unbeeindruckt. Sie bestand auch im weiteren Verlauf darauf, dass der Vertrag durch die Kündigung erst zum Monatsende auslaufe.

Seine zweite Frage, nämlich nach der Rufnummernübertragung auf seinen neuen Vertrag bei einem anderen Anbieter zum 11. Dezember wollte die Mitarbeiterin weiterleiten. Er sollte dann per SMS eine Nachricht dazu erhalten. Doch die versprochene Rückmeldung blieb aus. Deshalb wandte sich Maurice S. am 29. November erneut per Chat an den Lebara-Kundenservice und fragte nach der Portierung seiner Rufnummer. Doch auch damit biss der Kunde auf Granit: „Da dein Vertrag noch bis zum 31.12.2024 läuft, ist eine Freischaltung leider nicht möglich“, war die Antwort. Und zur Begründung hieß es weiter: „Dies liegt nicht daran, dass wir es nicht durchführen können, sondern weil der Portierungsprozess nur dann funktioniert, wenn eine Nummer frei und nicht mehr mit einem bestehenden Vertrag verknüpft ist. Auch wenn wir die Freischaltung theoretisch durchführen könnten, würde der neue Anbieter die Nummer nicht mitnehmen können, da sie noch an deinen aktuellen Vertrag gebunden ist. Technisch und praktisch gesehen ist eine Portierung daher erst nach dem 31.12.2024 möglich.“

### Widerspruch zwecklos

Auch hier half dem Kunden sein Hinweis auf die gesetzlichen Regelungen zum Anbieterwechsel und der Rufnummernmitnahme (§ 59 TKG) nichts, denen zufolge er ein Recht darauf hat, die Portierung schon vor Vertragsende zu verlangen. Ganz abgesehen davon, dass Lebara ja noch immer rechtswidrig von einer Laufzeit bis 31. anstatt bis zum 10. Dezember ausging.

Nachdem sich Lebara also hartnäckig nicht an die vertraglichen und gesetzlichen Rahmenbedingungen halten wollte und durch keine Argumente eines Besseren zu belehren war, wandte sich

Maurice S. am 30. November an c't. Auch wir fanden das Verhalten des Anbieters merkwürdig und baten deshalb über seine Pressestelle am 4. Dezember um Auskunft, warum er von einem Vertragsende zum Ende des Kalendermonats ausgeht. Wenn das gemeint gewesen wäre, dann dürfte in den AGB nicht stehen, dass der Vertrag „jederzeit“ gekündigt werden könne. Vielmehr wäre die korrekte Formulierung dafür, dass jeweils zum Ende eines Monats gekündigt werden kann. Allerdings wäre eine solche Klausel in den AGB eines Telekommunikationsvertrages nach § 56 Abs. 3 TKG schlicht unzulässig.

### Pure Harmonie

In seiner Antwort vom 5. Dezember stellte das Presseteam von Lebara dann auch voran, dass seine Verträge im Einklang mit den gesetzlichen Bestimmungen wie auch in seinen AGB angegeben, jederzeit mit einer Frist von einem Monat gekündigt werden können.

Dass Maurice S. nicht der korrekte Kündigungstermin bestätigt wurde, bedauere man. Seine Kündigung sei am 10. November eingegangen, sodass sie Kündigung zum 10. Dezember greife. Man habe nun bereits die notwendigen Schritte eingeleitet und der Kundenservice

werde noch am selben Tage den Kunden kontaktieren und den korrekten Kündigungstermin 10. Dezember bestätigen.

Tatsächlich meldete sich am selben Tag auch der Kundenservice von Lebara mit einer E-Mail, in welcher nun der korrekte Termin des Vertragsendes am 10. Dezember bestätigt wurde. Zur Rufnummernportierung sandte man ihm ein Formular, welches der Kunde umgehend ausgefüllt zurücksandte. Außerdem beauftragte er seinen neuen Vertragspartner mit der Übernahme der Nummer zum 11. Dezember.

### Holpriges Ende

Geklappt hat es damit allerdings nicht so ganz. Am 11. Dezember schrieb uns der Kunde, dass sein Vertrag bei Lebara offenbar noch aktiv und er über die Rufnummer weiterhin erreichbar sei. Keines der beiden Unternehmen hätte ihm derzeit einen Termin für die Umstellung nennen können.

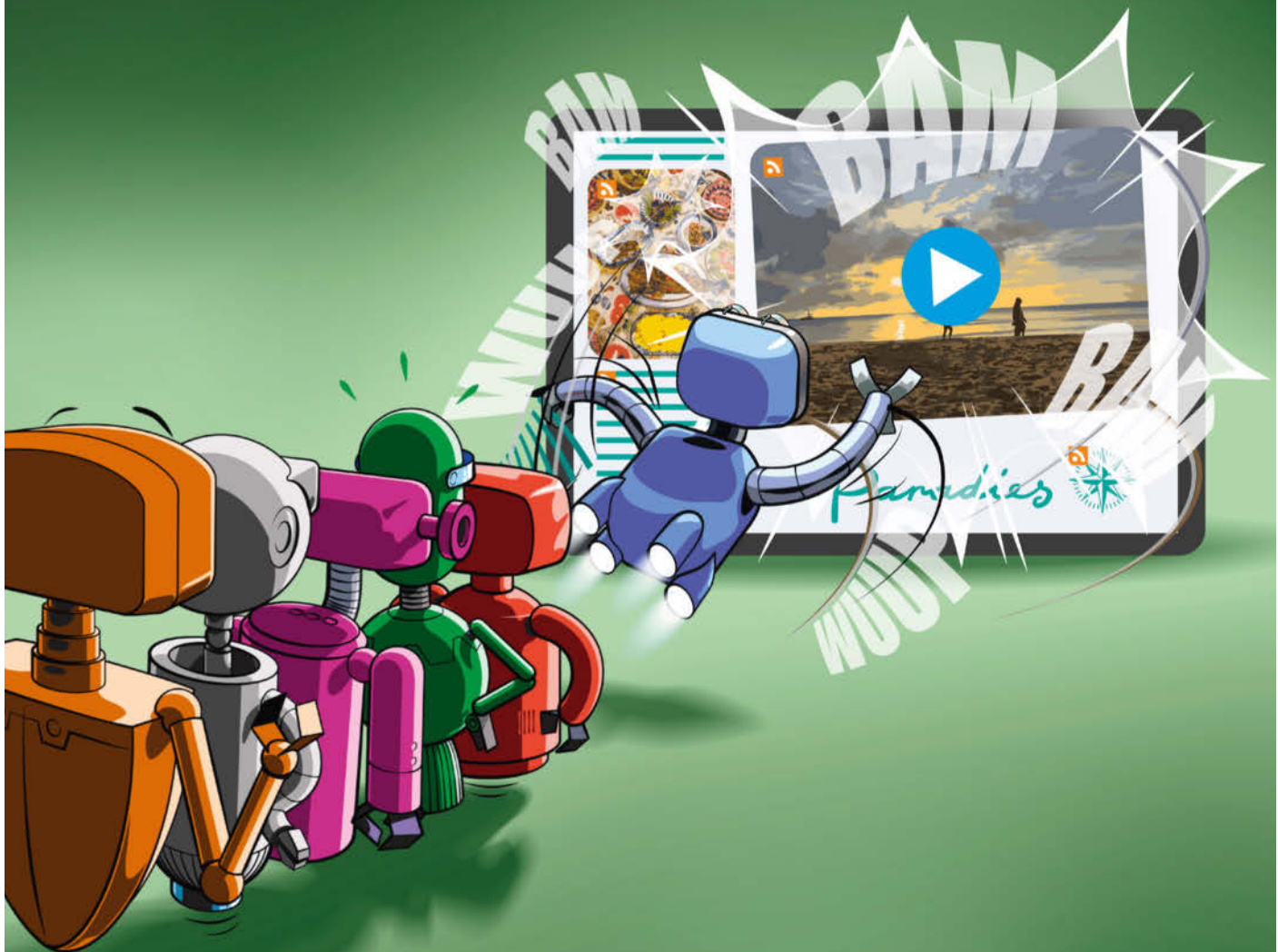
Erst am 15. Dezember gab es endlich einen Termin für die Portierung, den 23. Dezember. Ob es dann an diesem Termin tatsächlich mit der Umstellung klappt, wird sich zeigen. Dass sich die Sache überhaupt derart verzögert hat, ist allerdings eindeutig dem unqualifizierten Vorgehen des Kundenservice von Lebara zuzuschreiben. Eine Erklärung dafür, wie es überhaupt dazu kommen konnte, blieb das Unternehmen schuldig. (tig@ct.de) **ct**

**VOR  
SICHT  
KUNDE!**

**Auf seiner Webseite wirbt Lebara mit „eingefrorenen Preisen“. In der Praxis friert das Unternehmen allerdings schon mal Kündigungsfristen zum Nachteil des Kunden ein.**

# Informations- manager

Acht RSS-Reader im Vergleich



<b>Acht RSS-Reader im Vergleich.....</b>	<b>Seite 48</b>
<b>RSS-Feeds generieren und weiterverarbeiten .....</b>	<b>Seite 56</b>

## Ein RSS-Reader stellt aus den Nachrichten Ihrer Lieblingsquellen ein persönliches News-Portal zusammen und aktualisiert es laufend. Manche dieser Wissensroboter weisen von sich aus auf interessante Quellen hin, fassen Texte per KI zusammen, lesen sie vor oder speichern sie für später.

Von Jo Bager

**A**us News-Sites, Blogs, Newslettern, Social-Media-Plattformen wie Reddit, Mastodon oder Bluesky und unzähligen weiteren Quellen strömen ununterbrochen Informationen auf den Menschen ein; dank Internet ist er stets umfassend informiert. Oder auch nicht. Denn die schiere Menge und Vielfalt kann einen ganz schön überfordern: Wie behält man diese vielen Quellen im Blick, sodass man nichts verpasst, aber auch nicht überflutet wird?

Lassen Sie doch einfach RSS-Reader die Nachrichtenflut vorsortieren. RSS-Reader, auch FeedReader genannt, sind Apps oder Webdienste, mit denen Sie Inhalte von verschiedenen Websites abonnieren und lesen. Wir haben acht Exemplare ausgewählt und verglichen: Feedbin, Feeder.co, Feedly, FreshRSS, Inoreader, Newsblur, Readwise Reader und Reeder.

RSS-Reader greifen für ihre Arbeit auf sogenannte RSS-Feeds zurück, einen rund 30 Jahre alten Standard. Dabei handelt es sich um laufend aktualisierte Dateien, in denen Websites ihre Inhalte wie Artikel, Blogbeiträge oder Nachrichten zusammenfassen und bereitstellen.

Was das Kürzel RSS bedeutet? Es gibt mehrere Langformen, unter anderem „Really Simple Syndication“ und „Rich Site Summary“. Manchmal taucht im Zusammenhang mit dem Abonnieren von Website-Inhalten der Begriff „Atom“ auf. Er beschreibt ein ähnliches Format wie RSS, das alle getesteten RSS-Reader ebenfalls verarbeiten können. Wenn im Folgenden von RSS oder Feeds die Rede ist, gilt das Gesagte somit auch für Atom.

### RSS ist überall

So antiquiert RSS sein mag: Es gibt auch heute kaum eine News-Site, die auf einen RSS-Feeds für ihre Inhalte verzichtet. Manche größeren Websites stellen praktischerweise nicht nur einen Feed mit allen Inhalten bereit, sondern etliche, etwa themenspezifische. Es gibt RSS-Feeds für Subreddits bei reddit sowie für die Posts einzelner Nutzer in den sozialen Medien Mastodon und Bluesky. Auch bei Podcasts bilden RSS-Feeds das technische Gerüst.

RSS-Reader kommen außer mit RSS auch mit anderen Formaten klar. So gibt es Reader, die Google-News-Alerts und Facebook-Seiten auslesen. Selbst E-Mail-Newsletter arbeiten viele der RSS-Reader klaglos in ihre Quellensammlung ein. Sie vergeben dafür individuelle E-Mail-Adressen und sammeln alle Mails ein, die an diese Adressen gehen.

Feeder.co, Feedly, FreshRSS und Inoreader verpassen sogar Websites eine Art Feed, die selbst gar keinen anbieten. Die Dienste machen dazu diejenigen Bereiche ausfindig, die sich regelmäßig ändern, und behalten diese im Blick. Der Artikel auf Seite 56 gibt Ihnen Tipps, wie Sie für Dienste und Websites aller Art RSS-Feeds finden oder erzeugen können.

Manche der Reader unterstützen den Nutzer aktiv bei der Suche nach spannendem, neuem Lesestoff, indem sie unbekannte Quellen vorschlagen. Feeder.co zum Beispiel unterhält dazu ein thematisches Verzeichnis. Feedly und Inoreader orientieren sich bei ihren Empfehlungen an den Sites und Inhalten, die der Nutzer liest.

### Web, lokal oder selbst gehostet?

Feedbin, Feedly, Inoreader, Newsblur und der Readwise Reader sind als gehostete Webanwendungen verfügbar, die auf allen

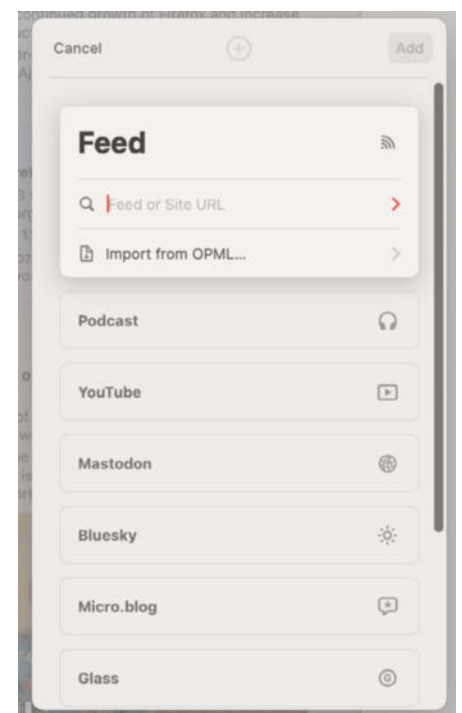
modernen Browsern einwandfrei funktionieren. Hier legen Sie Ihre Feeds in die Hände eines Dienstleisters, der sich um den Betrieb kümmert.

FreshRSS ist eine Open-Source-Webanwendung und auch die Betreiber von Feedbin und Newsblur stellen den Quelltext ihrer Anwendungen bereit.

Ob selbstgehostet oder nicht, Ihre Inhalte sind bei einem Webdienst immer synchron, egal, von wo aus Sie darauf zugreifen. Rufen Sie den Reader abends zu Hause auf, hat er sich gemerkt, welche Nachrichten Sie am Morgen schon gelesen haben. Manche Webdienste stellen eigene Clients bereit. Wichtiger: Einige Webdienste unterhalten Programmierschnittstellen, über die beliebige Desktopanwendungen auf sie zugreifen können (siehe Tabelle).

Dieser Artikel stellt fast ausschließlich Webdienste vor, weil diese feiner geschliffene Funktionen bieten als Desktop-Apps. Einzige Ausnahme: Das für macOS und iOS verfügbare Reeder unterstützt besonders viele sozialen Medien.

FreshRSS ist gratis verfügbar. Reeder kostet schlanke 10 Euro pro Jahr und Feedbin jährlich 50 US-Dollar. Readwise gibt es in den zwei kostenpflichtigen Tarifen Lite und Readwise, von der wir den zwei-



**Viele der Dienste und Apps verarbeiten, ähnlich wie der hier gezeigte Reeder (kein Schreibfehler), weit mehr Informationstypen als nur RSS-Feeds.**





## Feedbin

Der Webdienst verarbeitet nur RSS-Feeds und Newsletter. Er stellt die Inhalte dreispaltig dar: Links stehen die Feeds beziehungsweise Feed-Gruppen. In der mittleren Spalte zeigt Feedbin die Überschriften der zugehörigen Artikel an, entweder kompakt mit einer Zeile pro Nachricht und gegebenenfalls abgeschnittenen Überschriften oder etwas ausführlicher mit den vollständigen Headlines.

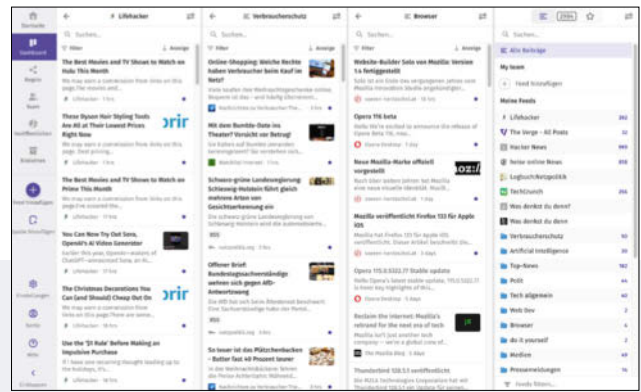
Rechts präsentiert der Reader den Inhalt einer Nachricht. Die dreispaltige Ansicht lässt sich zwischen „All“, „Unread“ und „Starred“ (also für das spätere Lesen markiert) umschalten. Sollte der Feed Nachrichten nicht komplett anzeigen, kann man versuchen, diese nachzuladen, entweder einzeln per Hand oder automatisch für alle Elemente des Feeds.

Feedbin reagiert automatisch auf Artikel, die bestimmte Stichwörter enthalten oder die in bestimmten Feeds oder Feedgruppen enthalten sind. Diese markiert er als gelesen, kennzeichnet sie für das Später-Lesen oder sendet eine Direktnachricht an den Benutzer.

Für das externe Weiterverarbeiten von Fundstücken unterstützt Feedbin von Haus aus ein gutes Dutzend Anbieter, weitere lassen sich per Webhook anbinden. Der Betreiber unterhält auch eine eigene Mastodon-Instanz, die aber nicht auf besondere Weise mit dem Dienst verknüpft ist. Man kann Mastodon-Feeds genauso gut oder schlecht von anderen Servern beziehen – via RSS – und über einen woanders gehosteten Mastodon-Account verbreiten. Bei Podcasts bettet die Webversion des Dienstes einen kleinen Player ein. Für iOS bietet der Entwickler einen ausgewachsenen Podcatcher namens Airshow an, der sich mit dem Feedbin-Zugang nutzen lässt.

Feedbin ist Open Source. Der Entwickler weist aber darauf hin, dass es schwer zu installieren und zu warten ist und empfiehlt andere Dienste wie FreshRSS. Wer die gehostete Version von Feedbin nutzen möchte, zahlt 50 US-Dollar pro Jahr. Der Betreiber unterhält ein API. Darauf greift ein gutes Dutzend Desktopanwendungen zu, die sich mit Feedbin synchronisieren.

- 👆 schlanker, einfach zu bedienender Client
- 👆 viele Sharing-Optionen inklusive Webhooks
- 👇 wenige Typen von Quellen



## Feeder.co

Mit seiner kostenlosen Version behält Feeder.co 200 Feeds im Blick, und zwar werbefrei. Der hier getestete Plus-Tarif dürfte für viele Anwendungszwecke passen. Er verwaltet für rund 80 Euro im Jahr bis zu 2500 Feeds, die er mit Regeln und Filtern verarbeitet und aus denen er E-Mail-Zusammenfassungen generiert.

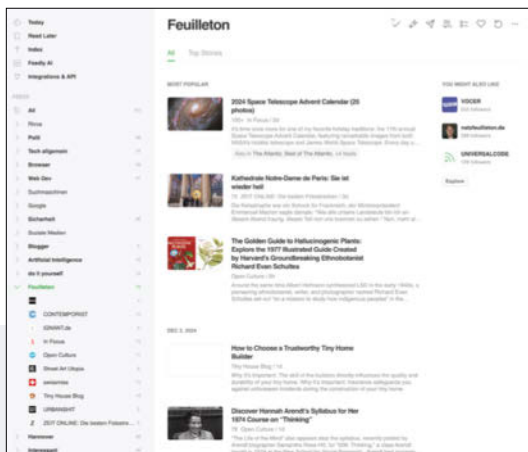
Feeder.co präsentiert zur Inspiration ein thematisch sortiertes und im Volltext durchsuchbares Verzeichnis mit Hunderten interessanter RSS-Quellen. Der Dienst behält aber auch Google Alerts sowie Stichwortsuchen auf Google News im Auge. Bei Mastodon ruft er die Posts einzelner Accounts und die mit einem bestimmten Hashtag gekennzeichneten Beiträge ab.

Im Reddit-Universum sammelt Feeder.co die Posts einzelner Nutzer, Subreddits oder der Diskussion zu einem bestimmten Post. Darüber hinaus verknüpft der Dienst einige sehr spezielle Quellen, etwa zur pharmazeutischen Forschung, die Datenbanken der US-amerikanischen Börsenaufsicht SEC und der EU-Gesetze EUR-LEX sowie die US-amerikanische Jobbörse Gengo.

Der Dienst ordnet Inhalte in zwei- oder dreispaltigen Layouts mit sechs Farbschemata an, die für alle Feeds gelten. Sollte ein Feed statt der vollständigen Beiträge nur kurze Zusammenfassungen enthalten, kann Feeder.co die kompletten Beiträge laden. Dazu muss der Nutzer eine Browsererweiterung installieren.

Praktisch: In sogenannten Dashboards lassen sich die Schlagzeilen mehrerer Feeds oder Feed-Gruppen nebeneinander anordnen wie beim populären Twitter-Client Tweetdeck.

- 👆 200 Feeds in der kostenlosen Version
- 👆 viele Quellentypen, Empfehlungen
- 👆 Mehrspalten-Dashboards



## Feedly

Feedly kommt mit RSS-Feeds, Subreddits, Newslettern und Google-News-Alerts klar. Für Websites ohne eigenen Feed stellt es ein Werkzeug bereit, mit dem man einen Feed zusammenklicken kann. An der Seite einzelner Feeds oder Feedgruppen empfiehlt Feedly weitere Quellen, die einem gefallen könnten.

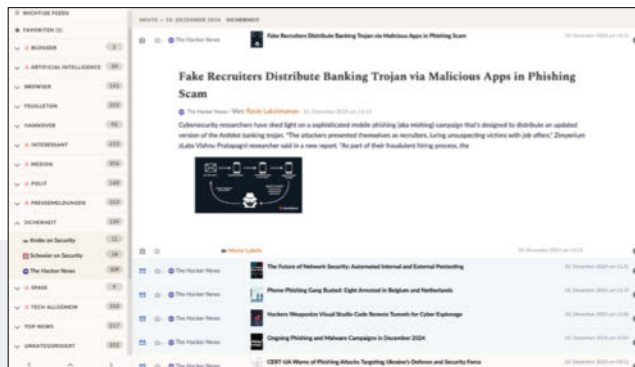
Die Liste mit den Feeds und Feed-Gruppen zeigt Feedly standardmäßig links an. Sie lässt sich einklappen, sodass mehr Platz für die Inhalte bleibt. Die zugehörigen Posts listet der Dienst entweder kurz und knapp anhand der Überschriften, als Kacheln, im Magazinstil mit einem Bild und einem Anreißertext oder inklusive aller Inhalte, die die Feeds bereitstellen. Das Layout lässt sich individuell pro Feed oder Feed-Gruppe vorgeben. Enthält ein Feed nicht die kompletten Artikel, muss man zum Lesen die jeweilige Website aufrufen – lästig.

Feedly enthält einige KI-Funktionen wie zum Beispiel die praktische Option „AI Feeds“, die eingegebene Suchbegriffe mit thematisch passenden Wörter anreichert. Suchen lassen sich dauerhaft speichern. Die Suchfunktion von Feedly eignet sich als Recherchewerkzeug jenseits der eigenen Feeds, denn auf Wunsch durchkämmt sie sämtliche Inhalte aller Feedly-Nutzer. Täglich seien das mehr als 100 Millionen Artikel, so der Betreiber.

Nicht alle KI-Funktionen haben uns überzeugt. In einigen Artikeln hebt die KI wichtige Passagen hervor, manchmal ergänzt sie die Überschrift um eine knappe Zusammenfassung (AI Insights) oder verweist auf weitere Artikel zum Thema. Aber die Hervorhebungen gab es in unseren Tests nur für englische Texte und dort auch nicht immer. Bei den Zusammenfassungen leistete sich die KI schon mal Fehler. Außerdem nervt, dass die getestete Pro+-Version immer wieder versucht, dem Nutzer Funktionen wesentlich teurerer Versionen schmackhaft zu machen.

Interessante Artikel lassen sich in sogenannten Boards speichern, die man auch veröffentlichen kann. Außerdem verknüpft sich Feedly auf Wunsch mit 15 Später-Lesen- und Social-Media-Diensten. Weitere Dienste docken per Webhook an. Der Betreiber unterhält außer der Weboberfläche Apps für Android und iOS. Außerdem können rund 50 externe Clients mit dem Feedly-API umgehen.

- 👉 gute Recherchefunktionen
- 👉 viele Dienste für die Weiterverarbeitung
- 👎 KI-Funktionen unzuverlässig



## FreshRSS

Ein Open-Source-Reader zum Selberbetreiben: FreshRSS steht auf Github als Image für Docker bereit. Auch zu Fuß lässt sich das System schnell installieren. Es benötigt einen Webserver (Apache 2.4+, nginx, lighttpd), PHP 8.1+ mit einem guten Dutzend gängiger Erweiterungen sowie eine Datenbank (PostgreSQL 10+, SQLite, MariaDB 10.0.5+ oder MySQL 8.0+). Wer den Aufwand scheut, der findet auf der Homepage des Projekts eine Reihe von Hostern, bei denen man den Reader kostenlos oder für kleines Geld nutzen kann.

Der Betreiber einer eigenen Installation kann nicht nur seine eigenen Nachrichtenquellen im Blick behalten, sondern den FeedReader auch Familienmitgliedern und Freunden zur Verfügung stellen, die eigene Zugänge bekommen. Falls die Weboberfläche nicht behagt: Per API können knapp 20 RSS-Reader quer über alle Betriebssysteme ihre Inhalte mit denen der FreshRSS-Instanz abgleichen.

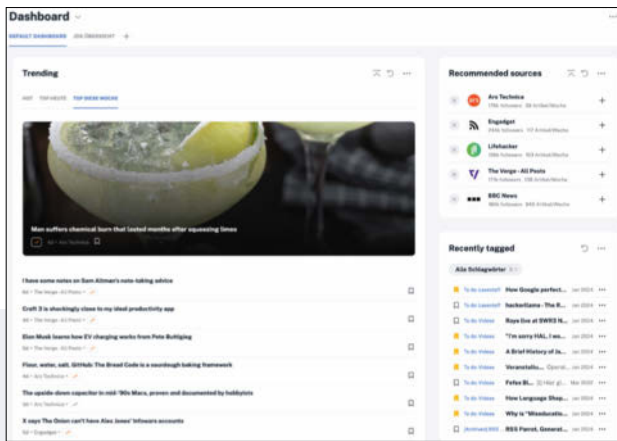
Die Weboberfläche von FreshRSS zeigt entweder eine Liste der Überschriften an, in denen der Nutzer durch den Klick auf eine Überschrift einen Artikel ausklappt, oder die vollständigen Inhalte eines Feeds. Enthält ein Feed nicht alle Elemente eines Artikels, muss man diesen extern aufrufen; FreshRSS kann sie nicht nachladen. Das Aussehen von FreshRSS lässt sich mit 11 Themes an den eigenen Geschmack anpassen. Suchen lassen sich permanent speichern und ihr Output per HTML oder RSS veröffentlichen.

FreshRSS übergibt Inhalte an mehr als 20 Dienste zur Weiterverarbeitung. Viele davon sind Selbst-Hosting-Lösungen, etwa der Später-Lesen-Dienst wallabag. Die „Verknüpfungen“ zu den anderen Diensten sind Platzhalter für Webhooks.

Wenn eine Website keine Feeds bereitstellt, kann FreshRSS grundsätzlich auch den HTML-Code auf Änderungen scannen, um daraus selbst eine Art Feed zu erzeugen. Allerdings muss man dafür anhand von XPath-Angaben genau beschreiben, welche Teile der Webseite FreshRSS beobachten soll.

Ein echtes Alleinstellungsmerkmal von FreshRSS sind seine Erweiterungen. Es gibt mehr als 50 davon, von einfachen Aufhängungen der Bedienoberfläche bis hin zu „Article-Summary“, das mit einem OpenAI-kompatiblen Sprachmodell Artikel zusammenfasst.

- 👉 einfach selbst zu hostende Open-Source-Anwendung
- 👉 Erweiterungen
- 👉 viele Weitergabemöglichkeiten



## Inoreader

Außer RSS-Feeds verarbeitet Inoreader Google-News-Volltextsuchen, Facebook-Seiten, Subreddits, Telegram-Kanäle und Newsletter. YouTube-Accounts synchronisiert der Webdienst auf Wunsch komplett. So hat der Anwender neue Videos sämtlicher abonniertes Kanäle im Blick. Sollte eine Website keinen RSS-Feed bereithalten, achtet Inoreader von sich aus auf Änderungen.

Zusammenklickbare Dashboards füllt Inoreader zum Beispiel mit neuen Beiträgen aus den abonnierten Quellen, angesagten Artikeln aus dem gesamten Nutzerkreis des Webdienstes oder mit Empfehlungen, die er aus der persönlichen Nutzung ableitet. Daneben unterhält Inoreader die klassische hierarchische Ansicht; hier gibt man für jede Quelle und jeden Ordner individuell eines von fünf Layouts vor. Inoreader übersetzt Artikel auf Wunsch und liest sie sogar vor. Für Posts mit Audioinhalten enthält der Dienst einen eigenen Player. Dort erscheinen neben Podcasts auch zum Vorlesen markierte Beiträge.

Man kann Artikel kommentieren und für das spätere Lesen bei Inoreader selbst oder bei einem der vielen eingeklinkten Read-Later- und Dateispeicherdienste einlagern. Besser noch: Mit einem kleinen Editor lassen sich eigene Verknüpfungen zu weiteren Webdiensten anlegen.

Inoreader kann die in einem Ordner zusammengefassten Inhalte mehrerer Quellen wieder publizieren, als RSS-Feed etwa, per JSON oder als HTML-Snippet. Inhalte von Ordnern, Artikel, die bestimmte Stichwörter enthalten, zum späteren Lesen markierte Artikel und andere Sammlungen fügt das Tool auf Wunsch zu regelmäßig erscheinenden E-Mail-Newslettern zusammen.

Kostenlos lässt sich Inoreader mit bis zu 150 Feeds nutzen. Etliche Quellentypen, etwa Facebook und Telegram, und die Weiterverarbeitungsfunktionen sind in der Gratisversion allerdings nicht enthalten. Außer der getesteten Pro-Version gibt es noch Team-Releases mit geteilten Dashboards, Tags und Ordnern. Der Betreiber unterhält eigene Android- und iOS-Apps sowie ein API, über das sich ein gutes halbes Dutzend Desktop-Apps mit Inoreader synchronisieren.

- ↑ viele Quellentypen
- ↑ mächtige Weiterverarbeitungsfunktionen
- ↑ viele Sharing-Optionen



## NewsBlur

NewsBlur bietet besonders viele Möglichkeiten, die Darstellung auf die eigenen Bedürfnisse abzustimmen, und zwar für jeden Feed individuell. Standardmäßig zeigt der Dienst den RSS-Feed einer bestimmten Website an. Alternativ präsentiert er die Site im Originallayout oder eine sogenannte Story-Ansicht, also jeden einzelnen Blogbeitrag nacheinander. Die Textansicht extrahiert den ursprünglichen Text der Artikel.

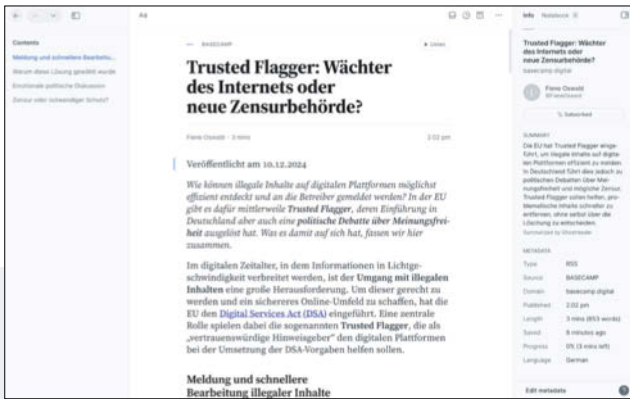
Einzelne Feeds, Feed-Gruppen oder sämtliche Inhalte durchsucht der Reader nach Stichwörtern. Solche Suchen lassen sich dauerhaft speichern. Statt auf übliche Wortfilter setzt der Reader auf einen lernenden Filter. Der Benutzer zeigt ihm an, dass er bestimmte Aspekte einzelner Artikel – etwa den Autoren oder den Titel – mag oder nicht mag. NewsBlur präsentiert dann zukünftig mehr oder weniger entsprechende Inhalte. Fürs Weiterverarbeiten von Artikeln speist NewsBlur ein gutes Dutzend externer Dienste.

Der Dienst ist ein eigenes kleines soziales Netz. Jeder Nutzer erhält ein persönliches „Blurblog“, in dem er Artikel teilen kann. Am Ende der Feed-Liste wiederum taucht ein Feed mit den geteilten Artikeln anderer Nutzer auf. Man kann, wie in sozialen Netzwerken üblich, den Posts anderer Teilnehmer folgen – dazu gehören zum Beispiel die Netzaktivisten Cory Doctorow und tante.

Wir haben die Premium-Variante von NewsBlur getestet. Sie kostet 36 US-Dollar pro Jahr, umfasst 1000 Feeds und dürfte für die meisten Anwender die richtige Wahl sein. Es gibt aber auch noch eine sogenannte Premium Archive Version. Sie versucht, auch veraltete Beiträge der abonnierten Blogs zu laden, sodass man ein komplettes Archiv erhält. Der Entwickler von NewsBlur, Samuel Clay, stellt seine Schöpfung als Open Source zur Verfügung.

- ↑ viele Darstellungsoptionen
- ↑ sehr kleinteilige Oberfläche
- ↓ nur RSS-Quellen





## Readwise Reader

Readwise Reader ist ein neuer Bereich von Readwise, einer Sammelplattform für Webfundstücke. Nutzer können dort Bücher, Artikel und Webseiten und Highlights daraus importieren. Readwise importiert ePUB- und PDF-Dateien direkt, Artikel und Bücher aus Kindle, Instapaper, Pocket und iBooks, Twitter-Threads sowie viele weitere Inhalte. Der Dienst sendet tägliche Mails mit ausgewählten Highlights. Außer den eigenen Highlights präsentiert Readwise auch Leseempfehlungen aus seiner Community.

Der Reader ist die Lese-App für die hochgeladenen Inhalte und für RSS-Feeds. Er gehört zum Readwise-Komplettpaket für 120 Euro pro Jahr; die Lite-Fassung des Dienstes enthält den Reader nicht. Readwise bezeichnet ihn zwar als Betaversion, Probleme oder Einschränkungen konnten wir nicht feststellen.

Der unscheinbare Punkt „Feed“ in der linken Reader-Navigationsleiste klappt die Liste der Feed-Gruppen und Feeds aus. In der Mitte präsentiert Readwise Reader die Inhalte eines Feeds oder einer Feed-Gruppe mit je einem kleinen Bild, der Überschrift sowie einer Zeile aus dem Inhalt. Ein Klick darauf öffnet die Meldung.

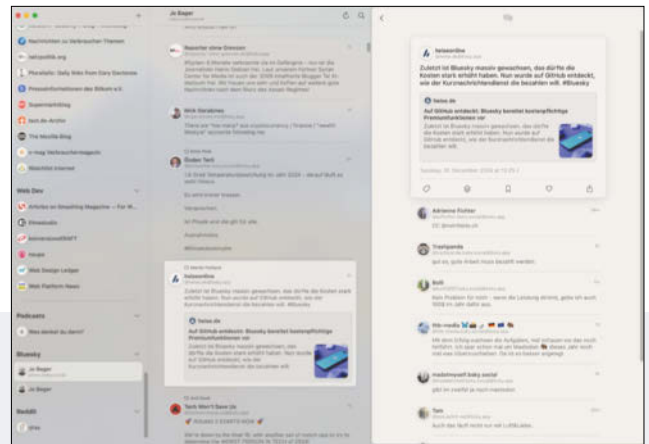
Auf Wunsch liest Reader Inhalte vor. Dabei kommt er auch mit deutschen Texten klar. Bei längeren Artikeln erscheint links ein automatisch generiertes Inhaltsverzeichnis, mit dem man schnell zu bestimmten Stellen springt.

Hinter dem mächtigsten Werkzeug des Readers steckt eine KI für die Textarbeit. Fährt der Benutzer mit der Maus in der rechten Spalte über den Anreißertext eines Artikels, bietet Readwise ihm „Summarize with GPT-4o mini“ an. In unseren Versuchen erzeugte dieser sogenannte Ghostreader manchmal englische Zusammenfassungen für deutsche Texte.

Per Kontextmenü stehen weitere Funktionen des Ghostreaders bereit, etwa „Generate thought-provoking questions“ oder „Extract key take-aways and to dos“, die Ghostreader als Notiz an das Dokument heftet. Die Prompts für diese Funktionen lassen sich anpassen. Wer mag, kann auch seinen Entwickler-Key hinterlegen und andere Sprachmodelle einbinden, auf eigene Kosten.

Readwise synchronisiert seine Inhalte mit einem guten Dutzend Dienste, darunter einigen ausgewiesenen Knowledge-Management-Tools wie Obsidian, NotebookLM oder Tana.

- 👆 mächtige Organisationsfunktionen
- 👆 Textarbeit mit Ghostreader
- 👆 Synchronisation mit Wissensmanagement-Software



## Reeder

Reeder gibt es für iOS und macOS. Es besteht Verwechslungsgefahr mit Reeder Classic, einer noch verfügbaren, aber in vielen Punkten anders gestalteten Anwendung des Entwicklers Silvio Rizzi. Im Unterschied zum Reeder Classic gleicht sich die neue Version zum Beispiel nicht mit Onlinediensten wie Feedbin ab.

Der neue Reeder stellt die Feed-Liste, die Liste der in einem Feed enthaltenen Beiträge sowie einzelne Posts ein- bis dreispaltig in einem von fünf Layouts dar. Die App führt nicht Buch, welche Posts der Nutzer bereits gelesen hat. Stattdessen merkt sie sich, an welcher Stelle der Timeline er stehen geblieben war – gewöhnungsbedürftig. Läuft Reeder auf mehreren Systemen, gleicht er die Position über die iCloud ab. Als Erweiterung lässt sich Bionic Reading installieren. Es soll dem Nutzer durch Fettungen an den Wortanfängen helfen, Texte schneller zu lesen.

Neben RSS-Feeds verarbeitet Reeder etliche weitere Quellen, darunter Podcasts und YouTube-Kanäle. Man kann einzelnen Nutzern bei den Fotocommunities Glass und Flickr folgen, Comics der Dienste gocomics.com und comicskingdom.com und Subreddits bei Reddit abonnieren.

Wer seine Zugangsdaten für Mastodon, Bluesky und Micro.blog hinterlegt, dem zeigt Reeder die neuesten Beiträge in seiner Timeline sowie die Beiträge einzelner Nutzer oder Hash-tags an. Als vollwertiger Client für die sozialen Netzwerke eignet sich Reeder schon deshalb nicht, weil man keine eigenen Posts veröffentlichen kann. Als Leseprogramm für Beiträge sticht die App jedoch heraus, weil sie einzelne Posts sehr anschaulich im Kontext der Diskussion anzeigt.

Automatisierungsfunktionen fehlen Reeder. Man kann Artikel unter Later, Bookmarks, Favorites oder unter individuellen Tags speichern. Artikel, die der Nutzer im Laufe des Tages gesammelt hat, kann Reeder in Form als JSON-Datei auf der Homepage readerapp.net veröffentlichen.

Als Desktopanwendung stehen Reeder ganz andere Verknüpfungsmöglichkeiten offen als den Browserdiensten. Einzelne Artikel lassen sich zum Beispiel in der macOS-Notizen-App oder in der Später-Lesen-Liste von Safari speichern. Reeder nutzt den Videoplayer des Systems für YouTube-Videos, womit Werbung außen vor bleibt.

- 👆 große, interessante Auswahl an verknüpften Diensten
- 👆 gute Darstellung von Social-Media-Threads
- 👇 keine Automatisierungen

ten getestet haben, weil nur er den RSS-Reader enthält.

Die anderen fünf Kandidaten bieten gestaffelte Preise an, jeweils mit einer Gratisversion zum Testen. Wir haben bei diesen Diensten mit Ausnahme von Feedly jeweils die günstigsten kostenpflichtigen Versionen getestet, weil sie für die Masse der Anwender die wichtigsten Funktionen enthalten. Bei Feedly haben wir uns die teurere kostenpflichtige Variante angesehen, weil sie vielversprechende KI-Funktionen enthält.

### Schön aufbereitet

RSS-Reader sparen viel Zeit. Ohne sie würde man viele Stunden damit vergeuden, Informationen an den verschiedensten Stellen zusammenzuklauben. Zudem bereiten sie die gesammelten Beiträge chic und lesefreundlich auf, ganz auf die Wünsche des Lesers zugeschnitten.

Alle Reader gruppieren Feeds auf Wunsch und zeigen die Inhalte von Feed-Gruppen gesammelt an. Der Anwender kann die Schriftgröße anpassen und ein Layout auswählen, in dem der Dienst die Inhalte darbietet: Lieber das verspielte Magazine-Layout inklusive der Bilder oder nur die Liste mit den Überschriften für den schnellen News-Scan? Idealerweise schert der Reader nicht alle Feeds über denselben Kamm, wie Feedbin, Reeder.co und FreshRSS, sondern stellt verschiedene Feeds in individuellen Layouts dar.

Viele schlaue Details bei den Darstellungsoptionen machen den Unterschied, wenn Sie sich täglich durch hunderte Nachrichten arbeiten möchten. Lädt der Reader zum Beispiel den vollen Nachrichteninhalt nach, am besten automatisiert, wenn der Feed nur einen Anrisstext enthält?

Reeder bietet die Option „Bionic Reading“. Sie fettet die Wortanfänge, wodurch man Texte schneller erfassen können soll. Inoreader liest einzelne Artikel vor und der Readwise Reader enthält einen „Ghostreader“: Eine KI fasst die Texte zusammen.

### News-Vorkoster

Ausgefeilte Filter- und Sortiermechanismen bereiten den eintreffenden Nachrichtenstrom vor. Gespeicherte Suchen beispielsweise durchkämmen alle neuen Meldungen nach Suchbegriffen, generieren aus den Fundstücken einen eigenen Feed, taggen sie oder markieren sie als besonders wichtig.

Newsblur nutzt zum Vorsortieren einen lernenden Algorithmus. Dem zeigen Sie, welche Nachrichten er für wichtig oder unwichtig erachtet. Entsprechend pickt der Reader Nachrichten heraus oder unterdrückt sie.

Mit smarten Weiterverarbeitungsfunktionen fungieren RSS Reader letztlich als Wissensfabriken. So kann jeder Reader interessante Artikel zum späteren Lesen vorübergehend speichern. Darüber hinaus geben sie Artikel an andere Später-Lesen-Dienste oder soziale Medien weiter – entscheidend ist hier, an welche. Besonders flexibel sind in dieser Hinsicht Reader, die Inhalte per Webhook weitergeben: Feedbin, Feedly, FreshRSS und Inoreader. Darüber lassen sich beliebige Dienste mit dem RSS-Reader verknüpfen.


Feeder.co und Inoreader leiten Artikelsammlungen per E-Mail-Newsletter weiter. Feedbin, FreshRSS, Inoreader und Reeder veröffentlichen zudem ausgewählte Inhalte in Form von Feeds oder Feedgruppen per RSS, JSON oder als HTML-Snippet. Damit können Sie Lesenswertes an Freunde oder Kollegen weitergeben.

### Fazit

Die News-Aggregatoren, die hier unter der gemeinsamen Bezeichnung „RSS-Reader“ vorgestellt wurden, decken eine riesige Bandbreite von Aufgaben ab.

Sie möchten nicht, dass jemand Ihre Nachrichten mitliest? Dann hosten Sie den Reader selbst. Das geht mit FreshRSS und Newsblur. Viele Funktionen, um Artikel intern zu filtern und zu verarbeiten, stellen FreshRSS, Feedly und Inoreader bereit. Dabei bietet Inoreader die meisten Wege, um Fundstücke etwa unter Kollegen weiterzuverbreiten.

Sie suchen nicht mehr als einen über-all per Browser verfügbaren Manager für RSS-Feeds? Dann ist Feedbin vielleicht der richtige Partner. Sie nutzen macOS und iOS? Dann hat Reeder eine Chance verdient, der im Testfeld beim Umgang mit sozialen Medien den besten Eindruck hinterlassen hat.

Bei Readwise handelt es sich um eine ausgefeilte Wissensmanagementanwendung, die weit mehr kann, als nur RSS-Feeds zu verarbeiten. Der Betreiber zeigt mit seinem Ghostreader am eindrucklichsten, wie sich KI beim Bewältigen großer Nachrichtenmengen nützlich machen kann. (jo@ct.de) 

Dienste und weitere Infos: [ct.de/yh5d](https://ct.de/yh5d)

## RSS Reader

Name	Feedbin
Anbieter, URL	Feedbin, Inc, feedbin.com
Typ	Webdienst
Open Source	✓ (github.com/feedbin/feedbin)
eigener Client für Android / iOS / Windows / macOS / Linux	- / ✓ / - / - / -
externe Clients	13 Apps für Android, iOS und macOS
Quellen finden und abonnieren	
OPML-Import / -Export	✓ / ✓
Empfehlung neuer Quellen / abhängig von aktueller Kategorie / aktuellem Feed	- / - / -
Seiten ohne eigenen Feed abonnieren / interaktiver Generator	- / -
E-Mail-Newsletter	✓
Facebook-Seiten	-
Subreddits	-
Mastodon: Home-Feed	-
Bluesky: Home-Feed	-
sonstige Quellen	-
Darstellung, lesen, intern verwalten	
Anzeige: Schlagzeilen / Kacheln / Magazin / jeweils individuell pro Kanal	✓ / - / - / -
lädt Volltext von Artikeln / automatisierbar	✓ / ✓
Filter: Schlagwort / Phrasen / logische Verknüpfungen / reguläre Ausdrücke / KI-Filter	✓ / ✓ / ✓ / ✓ / - / -
interne Automatisierungsaktionen	als gelesen markieren, mit Stern versehen, Push-Benachrichtigung
Volltextsuche / Phrasen / logische Verknüpfungen / gespeicherte Suchen	✓ / ✓ / ✓ / ✓
eigene Später-Lesen-Funktion / Notizen / Tags / Hervorhebungen	✓ / - / ✓ / -
Vorlesefunktion	-
Übersetzungsfunktion	-
sonstige Funktionen	-
Inhalte weitergeben	
Artikel später lesen oder speichern in	Evernote, Instapaper, Kindle, Pocket
Artikel bookmarken in	Pinboard, Raindrop.io
Artikel teilen via	Buffer, Facebook, Mail, Mastodon, Micro.blog, Tumblr, X
Artikel weitergeben per Webhook	✓
autom. Versand von E-Mail-Newslettern	-
Feedsammlungen weitergeben per RSS / JSON / HTML Clip	✓ (nur zum später Lesen markierte) / - / -
API-Zugriff auf den Dienst	-
Bewertung	
Vielseitigkeit der Quellentypen	⊖
Funktionsumfang Darstellung	○
Funktionsumfang Inhalte weitergeben	○
Bedienfreundlichkeit	⊕⊕
Preismodelle	
kostenlose Version (Einschränkungen)	selbstgehostet: ✓, Webdienst: - (30-Tage-Testversion)
getestete Version: Preis für 1 Jahr, jährliche Abrechnung	50 US-Dollar
Preis sonstige Versionen	-
1 neue Artikel per Newsletter	

Feeder.co	Feedly	FreshRSS	Inoreader	Newsblur	Readwise Reader	Reeder
Really Simple i Stockholm AB, feeder.co	feedly, Inc., feedly.com	FreshRSS Team, freshrss.org	Innologica Ltd, inoreader.com	Samuel Clay, newsblur.com	Readwise, Inc., readwise.io	Silvio Rizzi, reeder.app
Webdienst	Webdienst	Webdienst zum Selbsthosten	Webdienst	Webdienst, auch zum Selbsthosten	Webdienst	Desktop-Anwendung
–	–	✓ (github.com/FreshRSS)	–	✓ (github.com/samuelclay/NewsBlur)	–	–
✓/✓/✓/–/–/–	✓/✓/✓/–/–/–	–/–/–/–/–/–	✓/✓/✓/–/–/–	✓/✓/✓/–/✓/–	✓/✓/✓/✓/✓/–	–/✓/✓/–/✓/–
–	ca. 50	knapp 20 Clients für verschiedene Plattformen	sieben Clients	mehr als 10 Clients für verschiedene Plattformen	–	–
✓/✓	✓/✓	✓/✓	✓/✓	✓/✓	✓/✓	✓/–
✓/–/–	✓/✓/✓	–/–/–	✓/✓/✓	–/–/–	✓/–/–	–/–/–
✓/✓	✓/✓	✓/–	✓/✓	–/–	–/–	–/–
✓	✓	–	✓	✓	✓	–
–	–	–	✓	–	–	–
✓	✓	–	✓	–	–	✓
–	–	–	–	–	–	✓
–	–	–	–	–	–	✓
YouTube-URL, -Kanal oder -Benutzer, Google Alerts	–	–	alle abonnierten YouTube-Kanäle	–	Instapaper, Omnivore, Pocket, X-Threads	Comic Strip, Flickr, Glass, Micro.blog, Podcast, YouTube
✓/–/✓/–	✓/✓/✓/✓/✓	✓/–/✓/–	✓/✓/✓/✓/✓	✓/✓/✓/✓/✓	✓/–/–/–	✓/–/–/–
✓/✓	–/–	–/–	✓/–	✓/✓	✓/–	✓/–
✓/✓/✓/✓/–/–	✓/✓/✓/✓/–/✓	✓/✓/✓/✓/–/–	✓/✓/✓/✓/✓/✓	–/–/–/–/✓	✓/✓/✓/–/–	✓/✓/✓/–/–
favorisieren, als gelesen markieren, Schlagwörter hervorheben, zu Sammlung hinzufügen	KI: doppelte Artikel löschen, thematisch zusammengehörige gruppieren, Themen und „Entities“ markieren	als gelesen markieren, als Favoriten markieren	als gelesen markieren, mit Schlagwort versehen, senden an ..., Benachrichtigung	–	–	–
✓/✓/✓/–/–	✓/✓/✓/✓/✓	✓/✓/✓/✓/✓	✓/✓/✓/✓/✓	✓/✓/–/–	✓/–/–/–	✓/✓/✓/–
✓/✓/✓/✓/✓	✓/✓/✓/✓/✓	✓/–/✓/–	✓/✓/✓/✓/✓	✓/✓/✓/✓/✓	✓/✓/✓/✓/✓	✓/–/✓/–
–	–	–	✓	–	✓	✓
–	–	–	✓	–	–	–
Dashboards	–	Erweiterungen	Dashboard	eigenes Blurblog	Ghostreader: Zusammenfassungen, Textarbeit	Bionic Reading
Evernote, Pocket	Evernote, Instapaper, OneNote, Pocket	archive.is, archive.org, archive.ph, Omnivore, Pinboard, Pocket, Wallabag	Dropbox, Evernote, Google Drive, Instapaper, OneNote, Pocket, Readwise	Evernote, Instapaper, Pocket	Evernote, Heptabase, Kindle, Logseq, Mailbrew, NotebookLM, Notion, Obsidian, Reflect, Remnote, Tana	Notes, Reminders
–	–	Linkding, Pinboard, Raindrop.io, Shaarli	–	diigo, Pinboard, Raindrop.io	–	Safari – Reading List
Buffer, Facebook, LinkedIn, Mail, X	Bluesky, Buffer, Facebook, LinkedIn, Mail, Mastodon, Threads, WordPress, X	12 Plattformen, darunter Buffer, Diaspora, Mail, Facebook, GNU Social	Facebook, VKontakte, YouTube	Blogger, Buffer, Facebook, Tumblr, X	–	Airdrop, Mail, Mastodon-Clients, Messages, Micro.blog, Reddit-Clients
– (Professional: ✓)	✓	✓	✓	–	–	–
✓	–	–	✓	–	✓	–
–/–/– (Professional: ✓/✓/–)	–/–/–	✓/✓/✓	✓/✓/✓	–/–/– (Premium Archive: ✓/–/–)	–/–/–	✓/–/–
– (Enterprise: ✓)	✓	✓	✓	✓	–	–
⊕	○	⊖	⊕	⊖	⊕	⊕⊕
⊕	⊕⊕	○	⊕⊕	⊕	⊕	○
○	⊕	⊕	⊕⊕	○	○	○
⊕⊕	⊕	○	⊕	○	⊕	⊕
✓ (200 Feeds)	✓ (100 Feeds, 3 Ordner, werbefinanziert)	✓ (selbstgehostet)	✓ (Basic – u.a. maximal 150 Feeds, keine Filter, keine Facebook-Seiten abonnierbar)	✓ (64 Feeds, keine Suche)	– (30-Tage-Testversion)	✓ (10 Feeds, keine Home-Timelines aus den sozialen Medien)
Plus: 95,88 US-\$	Pro+: 105,72 €	selbstgehostete Version: kostenlos	Pro: 80 €	Premium: 36 US-\$	Readwise: 119,88 US-\$	10 US-\$
Professional: 179,88 US-\$	Pro: 83,88 €, Branchenversionen: 19.200 € (10 Nutzer)	gehostet: zum Teil ebenfalls kostenlos	Team-Versionen: Preise gestaffelt nach Teamgröße	Premium Archive: 99 US-\$, u. a. Archiv der abonnierten Sites	Readwise Lite: 67,08 US-\$	–
✓ vorhanden	– nicht vorhanden	⊕⊕ sehr gut	⊕ gut	○ zufriedenstellend	⊖ schlecht	⊖⊖ sehr schlecht



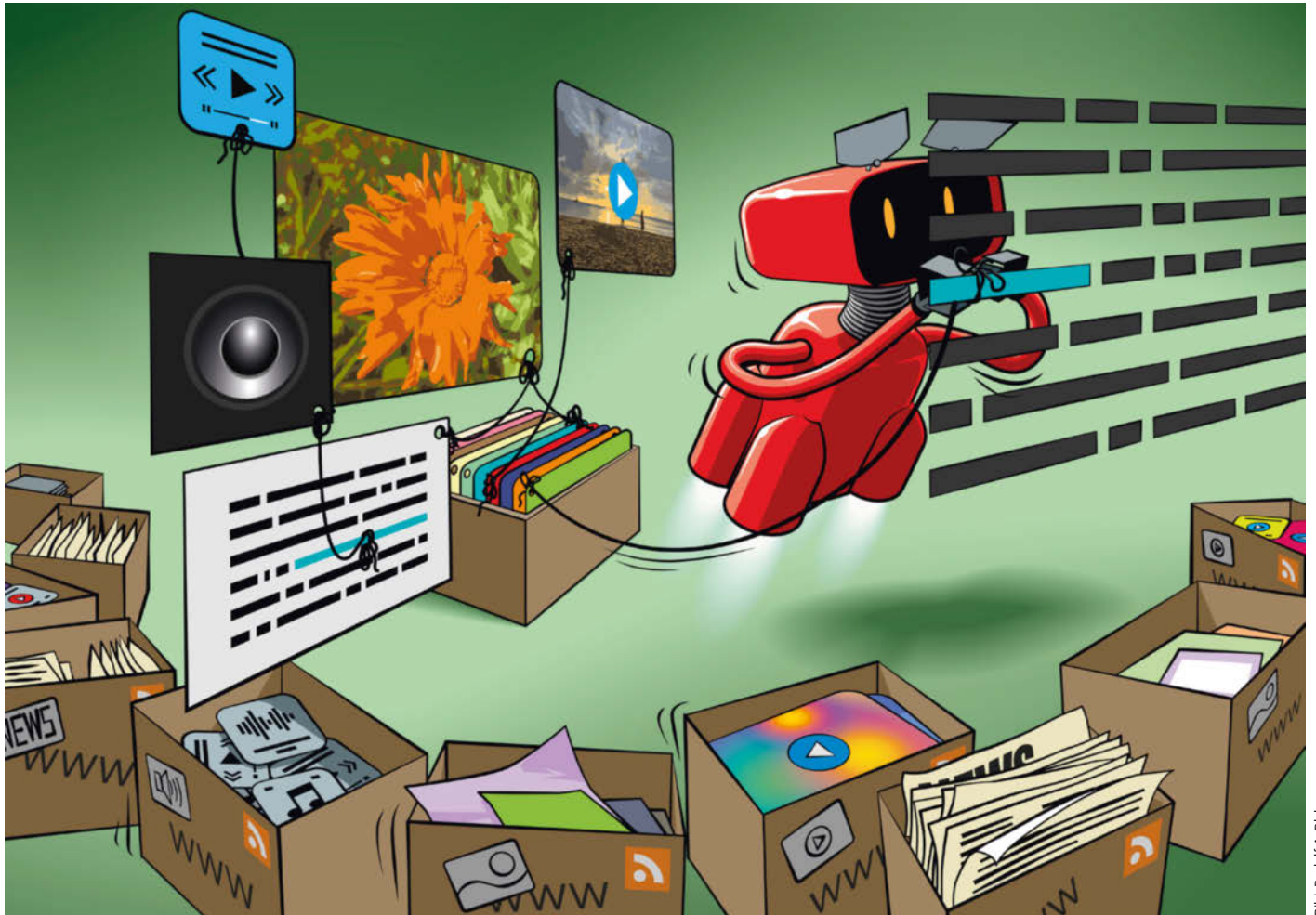


Bild: Rudolf A. Blaha

# Feeds nach Maß

## RSS-Feeds generieren und weiterverarbeiten

**RSS-Feeds bilden eine Grundlage für ein freieres, offeneres Netz. Ihre Lieblingsseite bietet keinen an? Kein Problem, dann erstellen Sie einfach einen. RSS kann aber noch viel mehr. Mit Automatisierungsdiensten wie IFTTT oder Zapier teilen Sie Ihr Wissen schnell und einfach in verschiedenen Kanälen.**

Von Jo Bager

**R**SS-Reader stellen aus den Inhalten von News-, Social-Media- und vielen anderen Sites Ihre persönliche, laufend aktualisierte Onlinezeitung zusammen (siehe S. 48). Viele Websites und Social-Media-Angebote halten dafür RSS-Feeds mit ihren Inhalten frei Haus bereit.

Sobald Sie Ihren RSS-Reader mit der Adresse eines Feeds gefüttert haben, präsentiert er Ihnen die Neuigkeiten von der zugehörigen Site. In den meisten Fällen müssen Sie nicht einmal die genaue Adresse des Feeds kennen: Geben Sie einem FeedReader die Stammdressen der Site,

findet er oftmals von sich aus den Feed oder die Feeds, falls die Website mehrere anbietet.

Das klappt aber nicht in jedem Fall und nicht mit jedem RSS-Reader. Dann gilt es, nach der Feed-Adresse zu fahnden: Während Blogs den Link zu ihrem Feed oft prominent im Kopfbereich präsentieren, müssen Sie sich auf größeren News-Sites mitunter detektivisch betätigen.

Der einschlägige Verweis auf der Homepage von heise online zum Beispiel ist in einem kleinen Kasten versteckt, der in der Mitte der riesigen Seite eingehängt ist. Klicken Sie darauf, leitet heise online

Sie zu einer Übersichtsseite: Jedes Ressort der Site und jedes Blog bei heise Developer hat einen eigenen Feed.

Diese Liste enthält aber nicht das gesamte Angebot. Tatsächlich unterhält heise online für jede der etlichen Hundert Themenseiten einen eigenen Feed – sehr praktisch, wenn Sie sich nicht für das gesamte Newsangebot interessieren, sondern über bestimmte Gebiete informieren wollen. Die einschlägigen Feed-URLs finden Sie aber nur auf den Themenseiten selbst.

Viele andere News-Sites und öffentliche Stellen unterhalten themenbezogene Feeds, zum Beispiel spiegel.de, tageschau.de und der Bundestag. Es lohnt sich also, sich nach den entsprechenden Übersichten umzuschauen. Links zu den Übersichten dieser drei Sites finden Sie unter ct.de/ytav.

Neuere soziale Netze wie Mastodon-Instanzen oder Bluesky bieten von Haus aus RSS-Feeds für die Posts jedes einzelnen Nutzers an. Den RSS-Feed eines Kontos auf einer Mastodon-Instanz finden Sie, indem Sie die Mastodon-Seite des Benutzers aufrufen und „.rss“ an die URL dieser Seite anhängen. Bluesky bettet den RSS-Feed eines Nutzers in dessen Profil ein. So kann ein RSS-Reader ihn einfach finden, wenn man ihn mit der Adresse des Profils füttert.

## Fehlende und rudimentäre Feeds

Leider gibt es aber auch Sites, die keine Feeds bereitstellen. So nutzen beispielsweise Podcasts generell RSS-Feeds als technische Basis, aber Apple und Spotify stellen ihre Podcasts nur in proprietären Formaten bereit. Die Podcasts dieser beiden Plattformen kann man daher nicht mit dem Podcasther seiner Wahl hören.

Einige der im Artikel auf Seite 48 getesteten RSS-Reader – Feeder.co, Feedly, FreshRSS und Inoreader – stellen Werkzeuge bereit, die für Sites ohne eigenen RSS-Feed Abhilfe versprechen: Sie versuchen, automatisch oder im Zusammenspiel mit dem Nutzer, veränderliche Teile einer Webseite auszumachen. FreshRSS überlässt es dem Nutzer, diese Teile im Quelltext zu identifizieren.

Die Reader beobachten die veränderlichen Website-Bestandteile kontinuierlich und präsentieren dem Benutzer Neuerungen als Feed. Vollständig verlassen kann man sich auf solche Generatoren aber leider nicht. Wir haben über einen

längeren Zeitraum die Feed-Generatoren von Feedly und Inoreader ausprobiert: Manchmal funktionierten sie gut, manchmal überhaupt nicht.

Und auch wenn eine Website RSS-Feeds bereitstellt, bedeutet das noch lange nicht, dass alles reibungslos funktioniert. Mancher Feed enthält nur unvollständige Informationen. Statt der vollen Artikel packt so manche News-Site nur einen Anrisstext in seine Feeds, heise online oder Spiegel online gehören dazu. Den Nutzer-Feeds bei Bluesky fehlen die in den Posts enthaltenen Bilder, zudem zeigen sie die Replies nicht im Kontext an.

## Die Feeds-Befreier

Gleich mehrere private Initiativen springen in die Bresche, um RSS-Feeds auf Websites nachzurüsten, die selbst nur unvollständige oder gar keine bereitstellen. Dazu zählen RSSHub, RSS-Bridge und Open RSS.

Diese Initiativen wollen mit ihren Angeboten zu einem freieren, offeneren Internet beitragen, indem sie die Inhalte aus den sogenannten Walled Gardens der Anbieter befreien. Nutzer sollen Inhalte abonnieren können, ohne dafür ein Benutzerkonto einrichten zu müssen, wie es bei den bereits angesprochenen Podcasts von Apple und Spotify, aber auch bei YouTube erforderlich ist.

RSSHub & Co. benutzen die Programmierschnittstellen der Websites, um deren

## ct kompakt

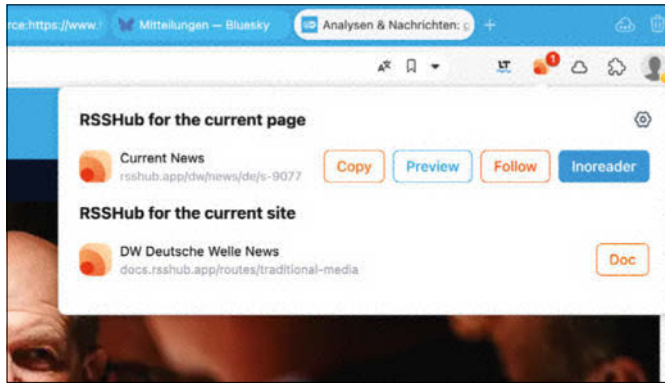
- Viele Websites stellen RSS-Feeds bereit; es kann sich lohnen, genauer hinzuschauen, um themenspezifische Feeds zu finden.
- Eine Reihe von privaten Initiativen und kommerziellen Diensten versorgen solche Websites mit Feeds, die selbst keine bereitstellen.
- Mit Automatisierungsdiensten wie Zapier oder IFTTT lassen sich rund um RSS-Feeds Wissen-Workflows bauen, die RSS-Feeds als Quelle oder Ausgabekanal verwenden.

Inhalte auszulesen. Stehen solche Schnittstellen nicht zur Verfügung, scrapen sie die gewünschten Inhalte: Sie rufen die Websites also wie ein Benutzer auf und extrahieren mit Skripten die Inhalte aus dem Quelltext. Aus den abgerufenen Inhalten generieren sie RSS-Feeds, die Nutzer von den RSSHub-Servern abrufen können.

Das Angebot solcher Inhaltsvermittler bringt Nutzern eine Reihe von Vorteilen. So zeigen die extrahierten RSS-Inhalte nur den Kern der Inhalte, also keine Werbung und vor allem kein JavaScript, mit dem der Websitebetreiber den Besu-

The screenshot shows the heise+ website interface. At the top, there is a navigation bar with categories: IT, Wissen, Mobiles, Security, Developer, Entertainment, Netzpolitik, and Wirt. A search bar and a 'Menü' dropdown are also visible. Below the navigation, the breadcrumb trail reads 'heise online > thema > Künstliche Intelligenz'. To the right of the breadcrumb, there is an 'RSS-Feed abonnieren' button. The main content area features a large image of a person's face and neck, with the title 'Künstliche Intelligenz' overlaid. Below the title, there is a '+ Thema folgen' button with a 'NEU' badge. The text below the image reads: 'Schon lange entscheidet Künstliche Intelligenz, welche Suchergebnisse angezeigt werden, filtert Spam aus dem Mail-Posteingang und schlägt Inhalte auf verschiedenen Plattformen vor. Nun hilft sie in Chats, als Copilot und erstellt oder bearbeitet Fotos – per Prompt in natürlicher Sprache.'

**Größere News-Sites stellen oft Feeds zu speziellen Themen bereit, wie der zum Thema „Künstliche Intelligenz“ bei heise online.**



**Der RSSHub Radar zeigt verfügbare Feeds an und reicht sie auf Wunsch auch gleich an RSS-Reader weiter.**

cher zu Werbezwecken nachverfolgen kann. Die Inhalte erscheinen außerdem chronologisch und nicht in der Reihenfolge, in der sie die Herkunftsplattform anzeigt. Man sieht also eine zeitlich sortierte Timeline, nicht die Beiträge zuerst, die die Websites als die „besten“ oder „beliebtesten“ Beiträge an den Anfang eines Streams schieben. Die Inhalte zu filtern und zu sortieren, liegt so in der Hand des Nutzers.

### RSS-Drehscheibe

Das wohl größte RSS-Projekt ist RSSHub. Knapp 900 Freiwillige beteiligen sich daran. RSSHub besteht aus einer als Open Source verfügbaren Serversoftware. Sie nimmt die Rolle des Vermittlers ein. Wer RSSHub autark nutzen oder anderen darauf Zugriff ermöglichen will, kann einen solchen RSS-Vermittler selbst aufsetzen.

Pakete dafür stehen auf der GitHub-Seite des Projekts für etliche Cloudplattformen bereit. Insgesamt sollen mehr als 5000 RSSHub-Server im Einsatz sein. Es ist aber nicht notwendig, einen eigenen Vermittler zu verwenden, im Gegenteil: Per default dürften die meisten Nutzer die Demoinstanz `rsshub.app` verwenden, denn diese ist in den Browsererweiterungen und Apps voreingestellt.

RSSHub unterhält eine Browsererweiterung für Chrome und verwandte Browser (Edge, Brave, Vivaldi, etc.), Firefox und Safari sowie Apps für Android und iOS. Eine Erweiterung namens RSSHub Radar zeigt beim Surfen die von der jeweiligen Seite selbst und die von der RSSHub-Community bereitgestellten RSS-Feeds an.

Klickt man auf das Icon der Erweiterung, erscheint eine Liste mit den Titeln der Feeds. Man kann für jeden Feed eine Vorschau aufrufen, den Link in die Zwischenablage kopieren lassen oder ihn direkt zum RSS-Reader der Wahl senden. Das Radar unterstützt dabei mehr als ein

Dutzend RSS-Reader, darunter Feedbin, Feedly, FreshRSS und Inoreader.

Nicht immer funktioniert alles reibungslos mit RSSHub, auch wenn das Radar RSSHub-Feeds richtig entdeckt hat. Dann kann ein Blick in die Fehlermeldungen des Servers helfen: Kopieren Sie dazu den Link des Feeds in die Zwischenablage und rufen ihn direkt auf. Oft lässt sich aus einer Fehlermeldung des Servers auf das Problem schließen.

Eine mögliche Fehlerursache: Der Betreiber hat für das Abrufen seiner Seite von bestimmten IP-Adressen Quota festgelegt, eine Maßnahme gegen das aus Betreibersicht häufig unerwünschte Crawling. Sollte die Fehlermeldung darauf hinweisen, kann es einen Versuch wert sein, den RSSHub-Server zu wechseln. Die Homepage der Initiative listet ein gutes Dutzend für jedermann frei zugänglicher RSSHub-Server.

Ein anderer Grund kann sein, dass sich der Aufbau einer Website kürzlich geändert hat. Ein wesentlicher Teil der Arbeit in der Community ist es, die sogenannten Routen für Hunderte von Websites zu unterhalten. Das sind die Vorschriften, mit denen die Vermittler die Inhalte aus den Webseiten pulen, um daraus RSS-Feeds zusammenzupuzzeln.

Manchmal tun sich RSS-Reader auch einfach schwer, einen Feed von RSSHub zu verdauen. Es ist auf jeden Fall keine schlechte Idee, einige weitere RSS-Vermittler in den Bookmarks zu haben. RSS-Bridge verpasst über 400 Sites RSS-Feeds, darunter Mastodon, Reddit und Switch. Open RSS kümmert sich lediglich um 24 Websites. Dabei bessert es auch die Feeds von Diensten auf, die selbst welche bereitstellen, etwa Bluesky, Mastodon oder YouTube.

Zu guter Letzt seien hier noch zwei weitere Dienste erwähnt, die ganz spezielle Aufgaben übernehmen. Kill the Newsletter! erzeugt zu einem E-Mail-Newsletter

einen Feed. Der Dienst stellt dem Nutzer dazu eine E-Mail-Adresse und einen Atom-Feed zur Verfügung. Atom-Feeds sind RSS-Feeds sehr ähnlich. RSS-Reader können sie genauso verarbeiten wie RSS-Feeds. Mit der E-Mail-Adresse meldet sich der Nutzer bei dem Newsletter an. E-Mails, die an die E-Mail-Adresse eingehen, wandelt der Dienst anschließend in Einträge des Feeds um.

Und die Website `morss.it` hat nur eine Aufgabe, die sie in unseren Versuchen zuverlässig erledigte: Sie erzeugt zu einem Feed mit verkürzten Inhalten das Pendant mit den vollen Inhalten.

### Profi-RSS-er

Neben privaten Initiativen gibt es eine Reihe von kommerziellen RSS-Vermittlern. Dazu zählen FetchRSS, FiveFilters und RSS.app. Die sind im Vergleich zu RSS-Readern teuer. Die Kosten für diese Dienste liegen bei 60 US-Dollar (Fetch RSS) beziehungsweise rund 100 US-Dollar pro Jahr (FiveFilters und RSS.app). FetchRSS und RSS.app bieten kostenlose Konten, die aber bis zur Nutzlosigkeit beschränkt sind, FiveFilters ein kostenloses 7-Tage-Testkonto.

Wir haben trotzdem einmal ausprobiert, was RSS.app kann, und ohne Probleme RSS-Feeds für Instagram-, TikTok- und Facebook-Kanäle erzeugt, also Plattformen, mit denen sich andere RSS-Dienste schwertun. RSS.app bietet auch einen sogenannten (halb-)automatischen RSS Builder, der Websites einen Feed beschriften soll, die über keinen verfügen. Das Hantieren damit ist aber ein ähnliches Gefrickel wie mit den entsprechenden Werkzeugen zum Beispiel bei Feedly oder Inoreader.

RSS.app kann eingesammelte Inhalte über etliche Kanäle weiterverbreiten, etwa über Bots für Telegram, Discord und Slack sowie über E-Mail-Zusammenfassungen. Außerdem stellt es HTML-Widgets in verschiedenen Layouts zur Verfügung. Als vollwertige Alternative zu einem RSS-Reader eignet sich der Dienst aber wegen seiner Kosten nicht: Der getestete Basic-Account für rund hundert US-Dollar umfasst nur 15 Feeds. Für den doppelten Betrag darf man 100 Feeds verwalten, für mehr Feeds muss man rund 1000 US-Dollar pro Jahr bezahlen.

### Wenn, dann RSS

Es gibt noch eine weitere Gruppe von Diensten, die sich für die Verknüpfung von



Webdiensten und RSS eignet: Low-Code-Plattformen, genauer gesagt Wenn-dann-Automatisierungsdienste wie If This Then That (IFTTT) oder Zapier. Damit können auch Menschen ohne Programmierkenntnisse schnell und einfach Dienste verknüpfen, um wiederkehrende Aufgaben zu automatisieren: „Wenn ein neuer WordPress-Bertrag verfasst wurde, dann poste dazu einen Link auf Facebook“, „Wenn in diesem RSS-Feed ein neuer Beitrag erscheint, dann informiere den Empfänger XY per Mail“.

IFTTT verfügt über mehr als 700 Konnektoren zu anderen Systemen, Zapier gibt mehr als 7000 verknüpfte Apps an. Der Dienst unterhält zum Beispiel Verknüpfungen zu Diensten aus den Bereichen Office (zum Beispiel Excel), Kommunikation (Slack), Entwicklung (GitHub), Produktivität (Asana), Internet of Things (Philips Hue) und vielen weiteren Kategorien.

Damit Wenn-dann-Automatisierer auf externe Dienst zugreifen können, muss man ihnen die Zugangsdaten geben. Sie tauschen sich dann mit den externen Diensten über deren Programmierschnittstellen aus. Der Benutzer bekommt davon nichts mit. Er klickt die Prozesse wie Legobausteine über leicht bedienbare grafische Bedienoberflächen zusammen. Bei Zapier geht es sogar noch einfacher. Dort beschreibt man textlich, was man machen will, und der Dienst baut einen Prototypen für den gewünschten Prozess.

## Mail-Feed

Ein kleines Beispiel soll die Arbeitsweise verdeutlichen: Wann immer man Zapier

eine Mail sendet, soll er sie als Post an einen RSS-Feed anhängen. Wir haben für dieses Beispiel Zapier verwendet, weil es RSS nicht nur als Eingangskanal nutzen, sondern auch eigene RSS-Feeds ausgeben kann, anders als IFTTT. So kann der Dienst auf Eingangssignale aus irgendeinem der 7000 Kanäle reagieren, indem er sie als Posts in einem RSS-Feed ausgibt.

Zapier lässt sich in einer abgespeckten Version kostenlos nutzen. Wer das Back-End des Dienstes startet, wird mit einem Prompt-Eingabefeld empfangen, in das er seine Automatisierungsidee eingeben soll. Wir haben uns gewünscht: „Wann immer man Zapier eine Mail sendet, soll er sie als Post an einen RSS-Feed anhängen.“

Das englischsprachige Zapier hat sich auch von der deutschen Anfrage nicht irritieren lassen, und daraus eine Automatisierung gebaut, im Zapier-Sprech einen Zap. Ein Klick auf „Try it“ öffnet den Zap in einem interaktiven Editor. Dort gibt man noch eine individuelle Mailadresse sowie einige Parameter für den Ausgabe-Feed an.

Als Titel eines Posts ist zum Beispiel sinnvoll, in der entsprechenden Auswahlfeldbox „Subject:“ auszuwählen und für den „Content“ des Postings „Body Plain:“. Zapier benutzt anschließend die betreffenden Mailfelder für Titel und Inhalt der Posts im RSS-Feed. Anschließend testet man die Komponenten der Automatisierung und schaltet sie live. Sendet man nun eine Mail an die ausgewählte Adresse, veröffentlicht Zapier einen neuen Feed-Eintrag mit deren Inhalt.

Dieses simple „Wenn-dann“ ohne die Nutzung externer Dienste entspricht

einem einfachen „Hello, world!“. Den Nutzungsszenarien des Automatisierungsdienstes sind nur durch die Fantasie Grenzen gesetzt. So kann man zum Beispiel längere Texte per Mail an Zapier senden, sie von einem KI-Dienst zusammenfassen lassen und erst dann veröffentlichen. Spätestens für einen solchen Zap, der mehr als zwei Schritte umfasst, muss man aber zu einer der kostenpflichtigen Varianten des Dienstes wechseln. In der günstigsten kostenpflichtigen Variante kostet Zapier gut 230 Euro im Jahr, bei jährlicher Abrechnung.

Wer auf den Geschmack gekommen ist, hat sicherlich noch viele weitere Automatisierungsideen auch in die Gegenrichtung, also mit RSS als Eingangskanal. So könnte man Zapier mit ein paar Mausklicks anweisen, ein Archiv der wichtigsten RSS-Meldungen bei Airtable zu führen. Oder man kann seine smarte Lampe rot aufleuchten lassen, wenn der Lieblingsblogger einen neuen Beitrag veröffentlicht hat.

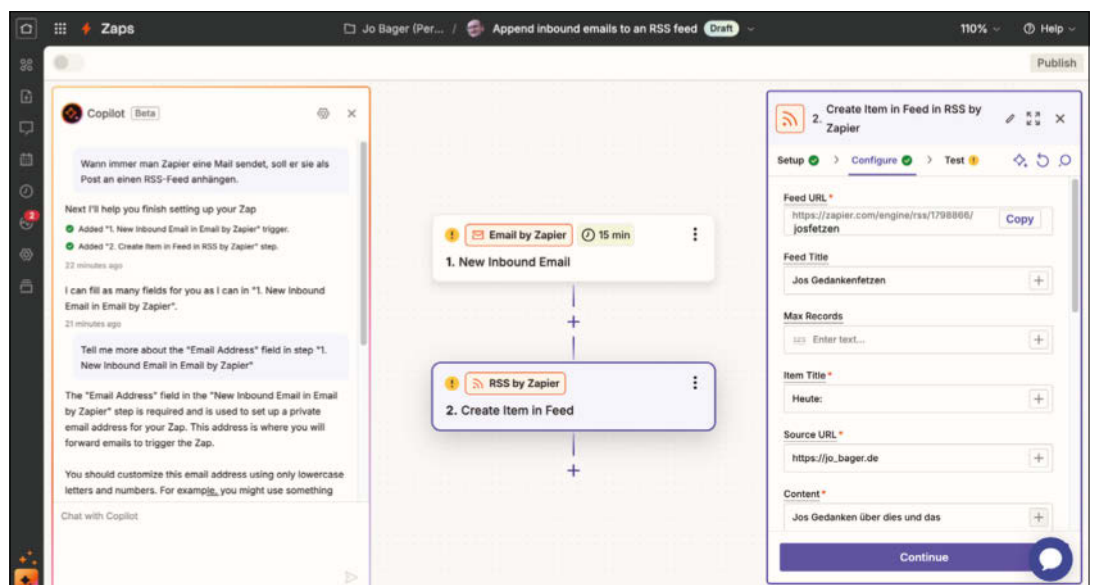
## Fazit

Dieser Artikel zeigt, wie universell RSS sich als Transportmedium für Wissen einsetzen lässt. Lassen Sie sich nicht entmutigen, wenn Sie bei einer Site keine RSS-Feeds finden. Mit großer Wahrscheinlichkeit gibt es bereits Abhilfe und jetzt wissen Sie, bei welchen Plattformen Sie danach suchen können. Vielleicht gehen Sie ja noch weiter und bauen Ihre eigenen Wissens-Workflows mit Zapier & Co.

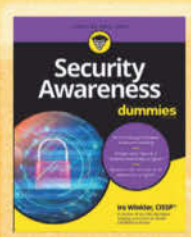
(jo@ct.de) **ct**

**Erwähnte Dienste:** [ct.de/jtav](https://ct.de/jtav)

**Wie in einem Baukasten-system klickt man bei Zapier medienübergreifende Workflows zusammen.**

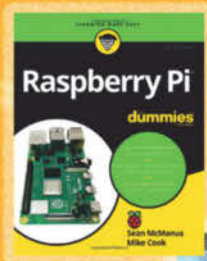


# E-Books im heise shop



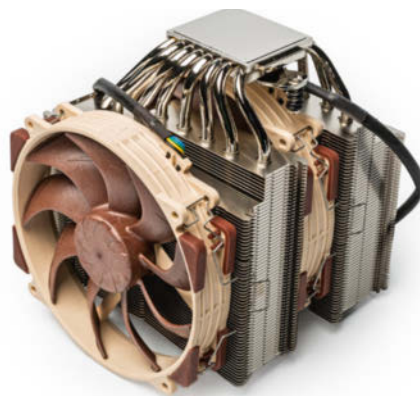
Jetzt viele Titel als ePub, mobi und PDF erhältlich.

Sofort im Zugriff, dauerhaft in Ihrem Account gespeichert.



[shop.heise.de/e-books](https://shop.heise.de/e-books)

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.



## Doppelrotor

**Die zweite Generation des High-End-CPU-Kühlers Noctua NH-D15 verspricht mit geänderter Lüftergeometrie noch mehr Kühlleistung.**

Noctua verpasst dem leistungsfähigen Doppelrotorkühler NH-D15 G2 mit zwei Lüftern ein großes Update. Generation Zwei tritt mit den neu entwickelten 14-cm-Lüftern NF-A14x25r G2 mit extrem schmalen Laufspalt zwischen Rotor und Rahmen an. Die zwei Lamellenpakete des Kühlers sitzen im Vergleich zum Vorgänger nicht mehr auf sechs, sondern auf acht Heatpipes, die die Prozessorabwärme von der Grundplatte zu den Lamellen transportieren. Die Verbesserungen sollen die Kühlleistung so weit steigern, dass die Kerntemperatur einer High-End-CPU etwa zwei bis drei Grad Celsius tiefer als beim NH-D15 liegt.

Damit das Anderthalb-Kilogramm-Monstrum im eingebauten Zustand nicht mit umliegenden Komponenten wie der Grafikkarte in Konflikt gerät, ist die Kontaktplatte des NH-D15 G2 asymmetrisch versetzt. Zudem gibt es unterhalb der Lamellen ausreichend Platz für Speichermodule. Die beiden Lüfter haben einen leichten Drehzahlversatz von rund 50 U/min bei der Maximaldrehzahl von 1500 U/min. Das soll lästige Schwebungen vermeiden. Unterhalb von 10 Prozent PWM-Signal stoppen die Lüfter. Wir empfehlen deshalb, die Lüfterkurven im BIOS-Setup so einzustellen, dass 20 Prozent nicht unterschritten werden. Bis 50 Prozent, was rund 700 U/min entspricht, liegt die Lautheit bei höchstens 0,1 sone. Das ist aus 50 Zentimetern Entfernung selbst in leiser Umgebung nicht mehr wahrnehmbar.

Der schwere Doppelrotorkühler taugt laut Hersteller für die aktuellen Topmodelle von AMD und Intel wie Ryzen 9 9950X und Core Ultra 9 285K. Den haben wir wegen seines dauerhaften Power-Limits von 250 Watt ausgewählt, um den NH-D15 G2 ins Schwitzen zu bringen. Die Montage auf LGA1851-Boards dauert etwa 15 Minuten. Am frickeligsten war das Anbringen der Gewindebolzen an der mitgelieferten Backplate mittels winziger Plastikscheiben. Hat man diesen Schritt geschafft, muss man nur noch die Abstandshülsen aufstecken und die Befestigungsbügel anschrauben. Anschließend kommen die mitgelieferte Wärmeleitpaste und der Kühler auf die CPU und zum Schluss die Lüfter an die beiden Kühltürme.

Auf unserem offenen Testaufbau hatte der NH-D15 G2 keine Schwierigkeiten den Core Ultra 9 285K zu kühlen. Unter Dauervollast mit Prime95 (Small FFTs) erreichte die Kerntemperatur 88 Grad Celsius und war damit weit von der Drosseltemperatur von 105 Grad Celsius entfernt. Die Drehzahl betrug dabei 1100 U/min. Damit war das Lüfterrauschen deutlich zu hören (1,9 sone). Bei voller Drehzahl klettert die Lautheit auf 2,9 sone. Ohne den vorderen Lüfter steigt die Temperatur um rund drei Grad Celsius, sodass der verbleibende Lüfter mit 1200 U/min schneller und lauter läuft.

Beim Noctua NH-D15 G2 handelt es sich um einen der leistungsstärksten Luftkühler für aktuelle Desktop-PC-Prozessoren. Die Verarbeitungsqualität ist hervorragend, zudem liefert der Hersteller Zugaben wie einen passenden Torx-Schraubendreher, Y-Lüfterkabel, Reinigungstücher und eine Wärmeleitpastenblende für AM5-Prozessoren mit. Mit einem Straßenpreis von 150 Euro kostet der Kühler allerdings mehr als manch günstiges Wasserkühlungsset. (chh@ct.de)

## Noctua NH-D15 G2

Doppelrotorkühler für High-End-CPU's	
Hersteller, URL	Noctua, noctua.at
CPU-Fassungen	AMD: AM5/AM4, Intel: LGA1851, LGA1700, LGA1200, LGA115x
Maße (B x H x T) / Gewicht	15 cm x 16,4 cm x 15,2 cm / 1,5 kg
Lüfter (Größe, Typ) / Drehzahlbereich	2 x Noctua NF-A14x25r G2 (14 cm, PWM) / 250 - 1500 U/min
Lautheit bei PWM 25 / 50 / 75 / 100 (Note)	< 0,1 (⊕) / 0,1 (⊕) / 1,1 (○) / 2,9 sone (⊕)
Preis / Garantie	150 € / 6 Jahre





## Kabel ab!

**Mit Mod Kits von 8BitDo baut man Retro-Gamepads um und nutzt sie kabellos. Das ist nicht schwer und schnell erledigt.**

Alte Videospiele wie „Mario Kart“ für das Super Nintendo Entertainment System (SNES) machen mit den Originalcontrollern am meisten Spaß. Doch die Kabelverbindung der Pads zur Konsole nervt: Entweder sind die Strippen zu kurz oder sie verheddern sich.

Da gibt es Abhilfe: Der Gamepad-Hersteller 8BitDo bietet für die Controller der Videospielekonsolen GameCube, N64, NES, Mega Drive, PlayStation 1, Saturn und SNES Mod Kits für rund 30 Euro an, die die Pads mit einem Bluetooth-Modul inklusive Akku ausstatten. So verbinden sich die umgebauten Controller kabellos mit PCs. In vielen Fällen gibt es von 8BitDo sogar Wireless-Dongles, um die umgebauten Controller auch an die Originalkonsolen anschließen zu können. Für den Umbau, bei dem man die komplette Platine tauscht, benötigt man lediglich den beiliegenden Schraubendreher. Ein Lötcolben ist in der Regel nicht nötig.

Wir haben den Umbau exemplarisch mit einem GameCube-Controller ausprobiert. Das Mod Kit enthält außer der Platine auch Sticks, die mithilfe der Hall-Effect-Technik besonders lange durchhalten sollen. Anders als bei normalen Sticks werden Stick-Bewegungen nicht mittels Potentiometer erkannt, sondern über Magnete, was Abnutzungerscheinungen verhindert.

Um eins gleich vorwegzunehmen: Der Umbau geht einfach von der Hand und selbst Menschen mit zwei linken Händen

sollten das hinbekommen. Nach dem Aufschrauben entfernt man vorsichtig die alte Platine und setzt die neue, passgenaue Platine ein. Auf dieser ist neben einem Bluetooth-Modul noch ein Akku platziert. Die Knöpfe und Trigger des Originalcontrollers bleiben erhalten. Anschließend muss man noch den rechten Stick (C-Stick) über eine Steckverbindung auf der Platine anschließen.

Nun folgt eine Besonderheit, die es nur beim GameCube-Mod-Kit gibt: Um den Original-Rumble-Motor des Pads zu nutzen, kappt man die zwei Drähte für die Stromversorgung und verdrillt die beiden Kabel im Anschluss mit den Drähten eines mitgelieferten Steckers. Um den Kontakt sicherzustellen, zieht man die beiliegenden Schrumpfschläuche über die Enden und erwärmt diese etwa mit einem Feuerzeug.

Das hat in unserem Fall aber nicht geklappt, sodass der Motor immer wieder ausgefallen ist. Am Ende haben wir die Drähte zusammengelötet, dann funktionierte das Rumble-Feature verlässlich. Im Test hielt der Akku des Controllers rund sechs Stunden durch. Eine Latenz bei Eingaben konnten wir nicht feststellen.

Einen Wermutstropfen gibt es aber: Die vom GameCube-Controller gewohnte analoge Funktionsweise der Trigger ist nur mit dem optionalen Wireless-Dongle (rund 30 Euro) für die Originalkonsole gegeben. Wird der umgebaute Controller über Bluetooth mit einem PC gekoppelt und Spiele via Softwareemulation gespielt, arbeiten die Trigger ausschließlich digital und es gibt beim Durchdrücken keine Abstufungen. So kann man etwa bei „Super Mario Sunshine“ nicht gleichzeitig laufen und Wasser aus dem Rucksack der Spielfigur versprühen.

In der Summe halten die Mod Kits ihr Versprechen: Mit ihnen befreit man in kürzester Zeit und mit wenig Aufwand Originalcontroller vom Kabelzwang und das zu einem überschaubaren Preis.

(des@ct.de)

## 8BitDo Mod Kit for Original NGC Controller

Wireless-Gamecontroller	
Hersteller, URL	8BitDo, 8bitdo.com
Kompatibilität	Android, GameCube und kompatible Wii (mit optionalem Dongle), Nintendo Switch, macOS, Windows
Verbindung	Bluetooth
Akku	300 mAh, Laufzeit circa 6 Stunden
Preis	rund 30 €

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)



[www.ix.de/testen](http://www.ix.de/testen)



[leserservice@heise.de](mailto:leserservice@heise.de)



49 (0)541 800 09 120





# Muss man wollen

## Huawei MatePad 12X mit mattem Display im Test

**Tablets mit mattem Display sind rar, damit ist das MatePad 12X von Huawei ein Exot. Zusammen mit Stift und Tastatur entfaltet das Gerät sein Potenzial – wenn man sich auf die Software einlässt.**

Von Steffen Herget

**D**as 650 Euro teure MatePad 12X von Huawei ist eine Ausnahmerecheinung. Nicht wegen der Optik oder seiner außergewöhnlichen Leistung, sondern aufgrund des Bildschirms. Dessen Oberfläche ist matt statt glänzend, und das gibt

es bei Tablets anderswo kaum. Grund genug, genauer hinzuschauen.

Huawei baut das Tablet aus der bewährten Kombination aus Metall und Glas. Die Verarbeitung ist gelungen, das Tablet wirkt hochwertig und solide. Unser Testgerät ist in schickem Mintgrün gestaltet, eine willkommene Abwechslung zu den Standardfarben Silber und Schwarz, die bei Tablets vorherrschen. Das Gewicht von 555 Gramm ist noch im Rahmen; man kann das 12X ohne Tastatur oder Hülle auch längere Zeit angenehm in den Händen halten.

Eine Displaydiagonale von 12 Zoll ordnet das MatePad bei den etwas größeren Modellen ein, aber nicht bei den Riesen wie dem Apple iPad Pro 12,9 Zoll und dem Galaxy Tab 10 Ultra (14,6 Zoll). Huawei hat sich für ein LCD statt eines OLED-

Panel entschieden, die maximale Bildwiederholrate beträgt 144 Hertz. Die matte Beschichtung der Oberfläche deckt das komplette Glas inklusive des Randes um den Bildschirm ab, anders als bei Apple, das nur den sichtbaren Teil des Bildschirms matt gestaltet, aber den schwarzen Rahmen weiter glänzen lässt.

### Da glänzt nichts

Die matte Oberfläche ist in vielen Situationen sehr angenehm, Reflexionen von Fenstern, Lampen oder der Sonne stören nicht beim Arbeiten oder anderen Dingen. Die Farbdarstellung und die Blickwinkelstabilität bleiben davon unberührt, an beiden gibt es wenig zu bemängeln. Klar, an das tiefe Schwarz und die satten Kontraste eines OLED-Panels kommt das LCD nicht ganz heran, trotzdem gefällt die Darstellung mit einer ordentlichen Schärfe und naturgetreuen Farben. Der Bildschirm ist auch im Hellen gut ablesbar.

In Zusammenarbeit mit dem Stift, den Huawei meist ohne Aufpreis zur Bestellung dazugibt, zeigt sich die matte Beschichtung von ihrer positiven Seite. Das Schreibgefühl ist natürlicher als auf einer Hochglanzglasfläche. Kritzeln, Zeichnen und Schreiben fühlt sich zumindest ein bisschen an wie auf Papier. Säubern sollte man das Display laut Hersteller ausschließlich mit dem beiliegenden Putztuch, um Beschädigungen an der matten Oberfläche zu vermeiden.

Der Prozessor im 12X kommt aus dem eigenen Stall. Der Kirin T90A ist ein Octa-Core-SoC, der im 7-Nanometer-Verfahren gefertigt wird. Aktuelle High-End-Chips haben eine Strukturbreite von 3 Nanometer, was eine bessere Energieeffizienz mit sich bringt. Die Performance des T90A, der vier von Kirin selbst designte Kerne und vier stromsparende Cortex-A510 verbindet, ist mittelmäßig. In den Benchmarks liegt er in etwa auf einer Höhe mit dem Mediatek Dimensity 7300 und dem Qualcomm Snapdragon 7 Gen 1, beides etablierte und nicht mehr taufrische Vertreter der Mittelklasse.

Mit dem Akku des MatePad 12X lässt es sich hervorragend leben. Wer sein Tablet übers Wochenende einpackt und nicht die komplette Zeit davor hängt, kann das Netzteil froh zu Hause lassen. Einen Arbeitstag unterwegs schafft das 12X locker, alternativ kann man sich auch knapp 14 Stunden mit YouTube-Videos berieseln lassen. Ein 66-Watt-Netzteil samt USB-C-Kabel gehört zum Lieferumfang.

## Software für Bastler

Huaweis Betriebssystem HarmonyOS fußt noch immer auf dem Android Open Source Project (AOSP). Diese Fesseln will der chinesische Hersteller zwar lösen, auf das 12X wird das aber wohl keine Auswirkungen haben. Wie bei allen aktuellen Huawei-Geräten bleiben auch beim 12X die Google-Dienste draußen. Das US-Embargo aus der ersten Amtszeit von Donald Trump hat weiterhin Bestand, ein Ende ist nicht in Sicht und eine Rückkehr in den Google-Kosmos hat Huawei ohnehin ausgeschlossen. Der Hersteller hat seine eigenen Dienste und das Angebot im eigenen App-Store kontinuierlich ausgebaut, der Rückstand auf den gewohnten Komfort des offiziellen Android ist aber nach wie vor groß. Die mit Werbung für bunte Handyspiele und Bezahl-Apps überladene Huawei AppGallery beinhaltet nur einen Bruchteil der Auswahl, die der Play Store bietet, zudem sind nicht alle Apps auf dem aktuellen Stand. Genaue Zahlen sind schwer zu finden, vor zwei Jahren sprach Huawei von 220.000 Anwendungen in der App Gallery.

Immerhin: Was nicht direkt im Huawei-Store zu finden ist, sucht das System Petal Search automatisch aus anderen Quellen wie APKPure. Die entsprechende APK-Datei muss dann direkt installiert werden. Das sollte man mit entsprechender Vorsicht tun, denn direkt installierte Apps sind längst nicht so sicher wie sonst etwa solche aus dem Play Store, die eine Sicherheitsprüfung durchlaufen müssen. Auch Updates mit neuen Funktionen kommen nicht automatisch, hier muss man immer wieder selbst ran. Auf die umfangreichen KI-Funktionen von Google Gemini muss man in jedem Fall verzichten, hierfür hat Huawei bislang keine Alternative. Die vielen vorinstallierten Shopping- und Social-Media-Apps sowie Spiele und Verknüpfungen wiegen das nicht auf, im Gegenteil, sie verstopfen nur Homescreen und Speicher.

Das Ganze hat durchaus einen gewissen Charme für Bastler und Interessierte. Mit alternativen App-Stores wie Aurora und F-Droid lässt sich vieles auffangen, und Projekte wie GBox und microG bringen auch einige Google-Dienste auf die Huawei-Geräte. Tatsächlich dann nach umständlichen Umwegen etwas zum Laufen zu bringen, das auf offiziellen Android-Geräten mit zwei Klicks erledigt ist, kann durchaus Befriedigung verschaffen. Auch die Tatsache,

ein Gerät zu verwenden, bei dem einem Google nicht ständig über die Schulter schaut, hat was. Das heißt aber nicht automatisch, dass niemand anders anstelle von Google sitzt: Huawei selbst drängt an vielen Stellen dazu, ein Konto beim Hersteller einzurichten und will für viele vorinstallierte Anwendungen weitreichende Berechtigungen eingeräumt bekommen.

Wer das MatePad 12X im Zusammenspiel mit dem Huawei Pencil nutzt, kann sich über eine große Auswahl an Apps freuen, die speziell für das Arbeiten mit dem Stylus gedacht sind. Mit Go Paint lassen sich tolle Kunstwerke malen, dazu kommen Notes für Notizen, diverse Apps zum Editieren von PDF-Dokumenten und einige weitere.

Die Tastaturhülle macht das MatePad deutlich schwerer, sie wiegt 320 Gramm. Sie schützt das 12X rundum und dockt magnetisch an. Die beiden möglichen Aufstellwinkel sind einander sehr ähnlich, ein wenig mehr Flexibilität wäre schön gewesen. Die Tasten haben einen ordentlichen Druckpunkt, nach einer kurzen Eingewöhnung schreibt es sich damit sehr angenehm. Platz für ein Touchpad als Mausersatz gab es nicht, eine solche lässt

sich aber via Kabel oder Bluetooth anschließen.

## Fazit

Die Hardware des MatePad 12X ist verlockend. Das Tablet mag keine High-End-Performance liefern, ist aber kompakt und portabel und eine der wenigen Alternativen zum teuren iPad Pro, wenn man ein mattes Display sucht. Der Bildschirm macht nicht nur beim Arbeiten Spaß, sondern auch im Zusammenspiel mit dem Stift. Der Preis von 650 Euro ist angemessen, zumal die Tastatur und oft auch der Stift inbegriffen sind. Für den Pencil 3 verlangt Huawei regulär knapp 100 Euro.

Klotz am Bein des MatePad 12X ist die Software, die viele Umwege und Kompromisse einfordert, wenn man auf Google-Dienste und so manche Apps nicht verzichten möchte. Manches stört auf dem Tablet weniger als auf dem Smartphone, beispielsweise der Verzicht auf kontaktloses Bezahlen mit dem Gerät. Trotzdem sollte man sich vor dem Kauf bewusst sein, auf was man sich damit einlässt. Wenn es ausschließlich um das matte Display geht: Das kann man auch mit einer Displayfolie bei vielen Tablets für ein paar Euro nachrüsten. (sht@ct.de) **ct**

## Huawei MatePad 12X

Tablet	
Hersteller, URL	Huawei, huawei.com
Betriebssystem / Patchlevel / Updates bis	HarmonyOS 4.2 / September 2024 / k.A.
Funktionsupdates / Sicherheitspatches laut Hersteller bis mindestens	k.A.
Ausstattung	
Prozessor / Kerne × Takt / Grafik	Kirin T90A / 1 × 2,5 GHz, 3 × 2,2 GHz, 4 × 1,5 GHz / Kirin Maleoon 910
Arbeitsspeicher / Flash-Speicher (frei) / Wechselspeicher (Format)	12 GByte / 256 GByte (228 GByte) / –
WLAN / Bluetooth / NFC / Standort	Wi-Fi 6 / 5.2 / – / GPS, Glonass, Beidou, Galileo
NFC / Fingerabdruck / Face-Unlock	– / – / ✓
USB-Anschluss / Kopfhöreranschluss	USB-C 3.2 Gen 1, OTG, DP / –
Akku / wechselbar / drahtlos ladbar	10.100 mAh / – / –
Maße (H × B × T) / Gewicht / Schutzart	18,3 × 27 × 0,6 ... 0,9 cm / 555 g / –
Kameras	
Hauptkamera Auflösung / Blende / OIS	13 MP / f/1,8 / –
Ultraweitwinkel Auflösung / Blende / OIS	8 MP / f/2,2 / –
Frontkamera Auflösung / Blende / OIS	8 MP / f/2,2 / –
Display	
Diagonale / Technik / Auflösung / Punktdichte	12 Zoll / LCD / 2800 × 1840 Pixel / 270 dpi
Helligkeitsregelbereich / Ausleuchtung / max. Bildrate	1,6 ... 720 cd/m <sup>2</sup> / 91 % / 144 Hz
Benchmarks, Lauf- und Ladezeiten	
Ladezeit 50 % / 100 %	0,9 h / 2 h
Laufzeiten <sup>1</sup> lokales Video 4K / Stream / 3D-Spiel	14,4 h / 13,8 h / 9,3 h
Geekbench V5 Single, Multi / V6 Single, Multi	922, 3495 / 1233, 3815
GFXBench Car Chase / Manhattan 3.0 / Manhattan 3.1 (jeweils On-, Offscreen)	19 fps, 41 fps / 55 fps, 146 fps / 37 fps, 98 fps
Preis Testkonfiguration	649 €
<sup>1</sup> gemessen bei 200 cd/m <sup>2</sup>	✓ vorhanden – nicht vorhanden

# Dosen- platzierer

## Elektro- und Netzwerkplanung im Browser



**Jetplan ist als Planungssoftware für Elektrobetriebe gestartet und wendet sich jetzt mit einem neuen Bezahlmodell an private Kunden. Wer Elektrik, Smart Home und Netzwerk in Haus oder Wohnung selbst planen will, kommt mit der Webanwendung schneller an 2D-Pläne und Teilelisten als mit komplexer CAD-Software.**

Von Jan Mahn

Hier eine Schuko-, da eine Netzwerkdose, dort ein Schalter. Selbst in einer kleinen Wohnung kommen bei heutigen Ansprüchen Dutzende Komponenten zusammen. Möchte man als Bauherr die Planung in die eigene Hand nehmen, lohnt ein Blick auf Software für die Elektroplanung, anstatt Steckdosen laienhaft in PowerPoint oder einer Bildverarbeitung zu platzieren. Ein nach den Regeln der Branche gezeichneter Plan erleichtert die Absprache mit dem Elektriker ungemein. Jetplan verspricht kurze Einarbeitungszeit und will Laien sowie Profis gleichermaßen

ansprechen. Ob die Software das Versprechen hält, haben wir ausprobiert und die Verkabelung für ein ganzes Haus geplant.

Jetplan läuft in Chrome und Safari, am Schreibtischrechner und auf mobilen Geräten. Nachdem man sich für die 30-tägige Testphase angemeldet hat, legt man zuerst ein Projekt an, erzeugt darin Wohneinheiten (Etagen) und lädt für jede einen Grundriss als Bilddatei hoch. Damit die Maße im Plan stimmen, bemaßt man anschließend eine Strecke, deren Länge man genau kennt. Dann klickt man die Umrisse der einzelnen Räume zusammen und benennt sie – so bekommt man später eine Materialliste pro Raum. Nach diesen Vorbereitungen, die man am besten an einem Rechner mit Maus erledigt, geht es an die eigentliche Planung.

### Ab auf die Fläche

Aus einer umfangreichen Bibliothek (mit über 200 Elementen), die auch Smart-Home-Komponenten enthält, zieht man sich die Schaltsymbole für Steckdosen, Lampen, Schalter und allerhand weitere Bausteine auf den Grundriss. Das Anordnen funktioniert auch auf Tablet oder Mobiltelefon komfortabel. Ein Clou von Jetplan: In der Leiste oben gibt es einen Umschalter, mit dem man zwischen den Schaltzeichen und sprechenden Piktogrammen für Laien wechselt. So erzeugt man zügig einen Plan für den Elektriker und einen weiteren für die eigene Familie.

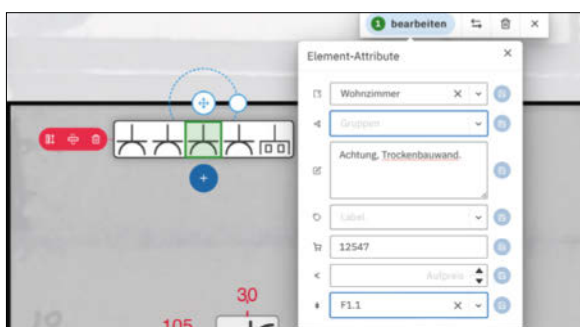
grammen für Laien wechselt. So erzeugt man zügig einen Plan für den Elektriker und einen weiteren für die eigene Familie.

Komponenten wie Schalter, die in die Wand gehören, docken in der Zeichnung automatisch an Wänden an. Festlegen kann man jeweils die Höhe über dem Fußboden; mehrere Objekte auf gleicher Höhe rutschen automatisch in einen gemeinsamen Abdeckrahmen. Das Planen macht Spaß und erfordert kaum Einarbeitung, wir vermissten im Test lediglich gängige Tastenkombinationen wie Strg+Z, Strg+C und Strg+V. Elemente und Gruppen lassen sich aber über eine Schaltfläche duplizieren.

Hat man die Objekte platziert, kann man den Plan als PDF-Datei exportieren, Teilelisten anzeigen und diese als Excel-Datei herunterladen. Weiß man bereits, was einzelne Teile kosten, kann man die Preise in einer Preisvorlage hinterlegen und bekommt eine Kostenaufstellung.

Das ursprüngliche Geschäftsmodell von Jetplan richtete sich an Handwerksbetriebe, die mindestens 53 Euro im Monat zahlen müssen, bei vielen gleichzeitigen Projekten auch mehr. Seit Anfang Dezember gibt es ein Angebot für private Planer, das 12 Monate Zeit gibt, um ein einziges Projekt mit mehreren Etagen zu planen. Dieses Lizenzmodell kostet einmalig 71 Euro. Weil solide Planung später unnötige Kosten spart, lohnt die Investition sehr sicher.

(jam@ct.de) ct



**Für jedes Objekt kann man Details hinterlegen, die in der Teileliste auftauchen. So gehen Informationen bis zum Einbau nicht verloren.**

## Jetplan

Software für Elektro- und Netzwerkplanung	
Hersteller, URL	Jetplan GmbH, jetplan.de
Systemanf.	aktuelle Version von Chrome oder Safari
Exportformate	PDF (Pläne), XLSX (Teilelisten), Export für stromlaufplan.de
Preis	Einzelprojekt: 71 € (12 Monate), kommerziell: ab 53 Euro im Monat





## Notizbrett

Bei der Neuauflage von Amazons E-Book-Schreibtablet Kindle Scribe sucht man substantielle Neuerungen mit der Lupe.

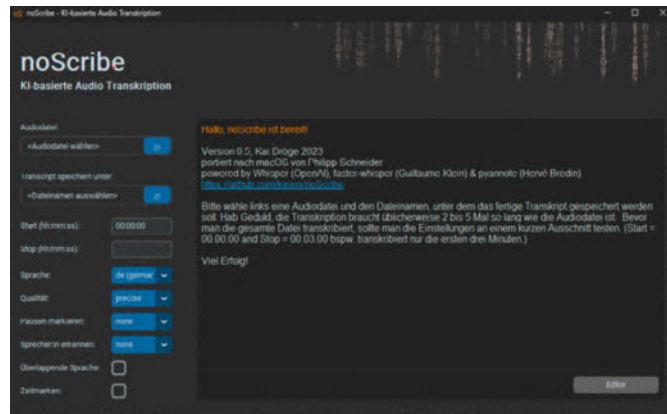
Man muss schon E-Book-Readerologe sein, um den neuen Kindle Scribe (2024) vom Vorgänger zu unterscheiden. Nur eine Novität ist offensichtlich, nämlich das formbündige monochrome 10,2-Zoll-Display, eingebettet in einen weißen Rahmen. Es ist matt und nahezu blendfrei.

Der Eingabestift, der ohne Batterie und ständiges Nachladen funktioniert, bringt mithilfe einer neuen Software namens „Canvas“ Ihre Notizen, Zeichnungen und Hervorhebungen auf Buchseiten. Verändert man die Schriftgröße, dann schwimmen auch die Notizen mit. Handgeschriebenes konvertiert der Scribe auf Wunsch in digitalen Text. Das macht er gut, aber der teurere Konkurrent reMarkable 2 ist noch sauklaunefreundlicher. Auch abseits von Büchern kann man den Scribe wie einen Notizblock nutzen, mit den Vorlagen geht das sehr intuitiv.

In Summe: Der Scribe kann alles, was auch herkömmliche Kindle E-Book-Reader beherrschen, aber die Notizfunktionen per Stift erweitern die Möglichkeiten enorm. (mil@ct.de)

## Amazon Kindle Scribe (2024)

E-Book-Schreibtablet	
Hersteller, URL	Amazon, amazon.de
Display	10,2 Zoll E-Paper (300 ppi), touchfähig
Formate	Kindle Format 8 (AZW3), Kindle (AZW), TXT, PDF, ungeschützte MOBI, PRC nativ, PDF, DOCX, DOC, HTML, EPUB, TXT, RTF, JPEG, GIF, PNG, BMP nach Konvertierung; Audible-Audioformat (AAX)
Preis	419 € (16 GByte), 439 € (32 GByte), 469 € (64 GByte)



## Audiotranskription ohne Cloud

Mit noScribe können auch Laien leistungsfähige KI-Audiotranskription einfach nutzen. Das Programm läuft lokal und erreicht eine hohe Genauigkeit.

OpenAI hat sein Transkriptionstool Whisper mit 680.000 Stunden Audio- und Videomaterial gefüttert. Das Tool steht zwar unter einer Open-Source-Lizenz (MIT License), das Problem ist aber, dass die Audiotranskriptions-Modelle nicht mal so eben zu installieren und zu bedienen sind. Eine Lösung dafür stammt von Kai Dröge. Der Soziologe der Hochschule Luzern arbeitet viel mit langen, persönlichen Interviews und hatte schon immer Bauchschmerzen damit, Clouddienste für Transkriptionen zu nutzen. Dröge hat Informatik studiert und in Zusammenarbeit mit einer kleinen Community aus Whisper eine laientaugliche, lokal laufende Software für alle gängigen Betriebssysteme entwickelt.

Das 3,5 GByte große Softwarepaket können Nutzer auf GitHub herunterladen, die Installation und Nutzung erschließen sich auch für IT-Laien. Dröge hat in das Programm zwei der fünf Whisper-Modelle integriert. Ursprünglich für die sozialwissenschaftliche Forschung gedacht, eignet sich noScribe auch gut für andere Zwecke. Man kann damit etwa eingesprochene Tagebucheinträge, Sitzungsprotokolle oder diktierete E-Mails und Briefe transkribieren. Zusätzlich hat der Entwickler einen Editor eingebaut, der das Transkript und die jeweilige Audiodatei verknüpft, sowie eine optionale Sprechererkennung implementiert.

Die bei Transkription übliche Maßzahl lautet „Word Error Rate“. Man zählt alle Wörter, die man bei der manuellen Durchsicht eines Transkripts korrigiert, gelöscht

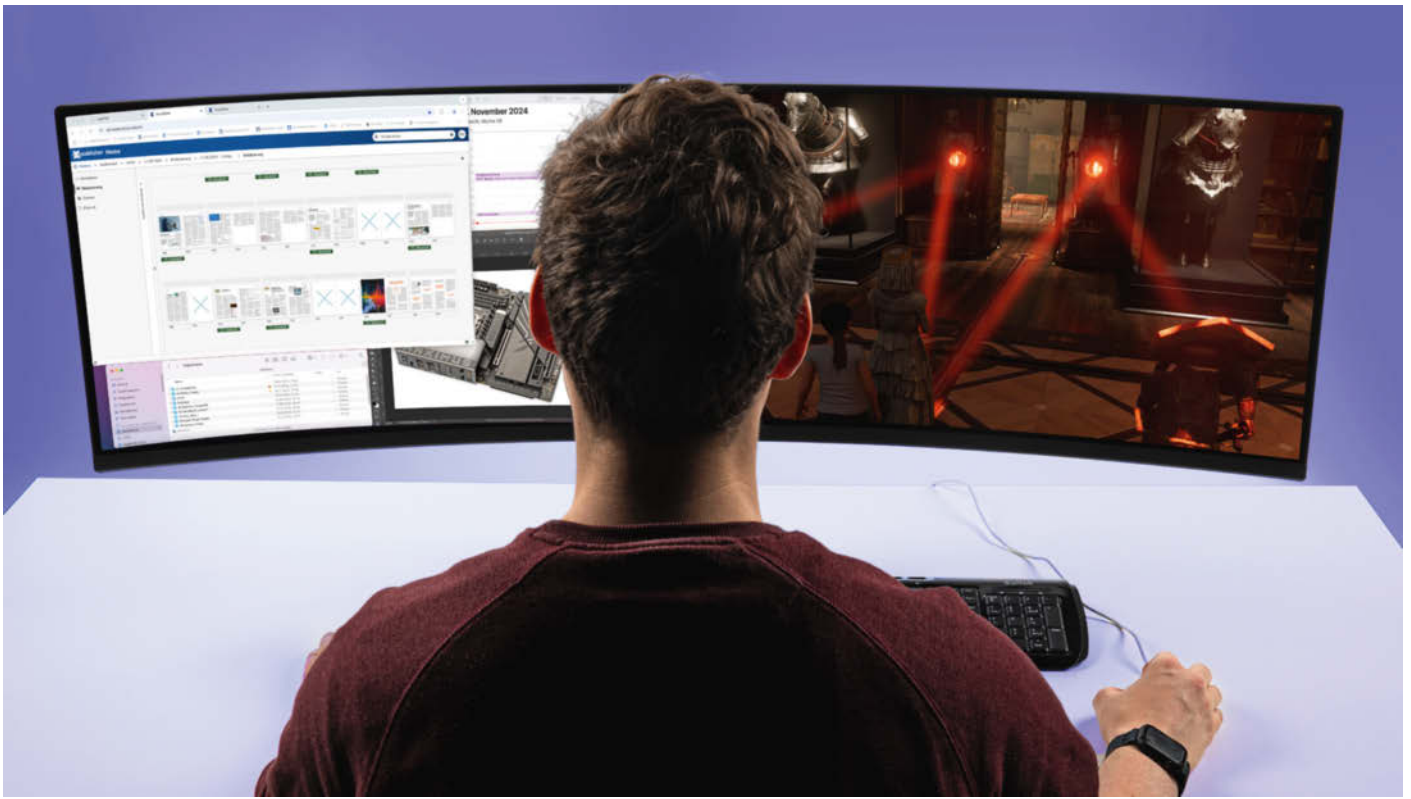
oder ergänzt hat, und setzt das Ergebnis ins Verhältnis zur Gesamtzahl der Wörter. Getestet haben wir noScribe mit einem Gespräch vom November 2024: einem Interview des ehemaligen Bundesfinanzministers Christian Lindner mit der Fernsehjournalistin Sandra Maischberger. Bei den ersten 1.000 Wörtern des Gesprächs erreicht noScribe im Modus „precise“ eine Genauigkeit von 99,2 Prozent. Im „fast“-Modus sind es respektable 97,4 Prozent.

Am 26 Minuten langen Lindner-Interview rechnet das Programm im precise-Modus 78 Minuten, also dreimal so lang wie die Laufzeit des Gesprächs. Im schnellen Modus sind es 20 Minuten, also nur 75 Prozent der Zeit. Weitere 78 Minuten benötigt die Erkennung der Sprecher unabhängig vom Modus. Die Rechenzeit variiert, je nach technischer Ausstattung und Auslastung des verwendeten Geräts.

Das Open-Source-Programm hat der Soziologe nicht nur in der Freizeit entwickelt. „Das ist kein reines Hobbyprojekt“, sagt er. „Ich sehe noScribe als Teil meiner Arbeit als Wissenschaftler, die neben eigener Forschung und Lehre auch daraus besteht, Beiträge für die Wissenschaftscommunity zu leisten. Wenn auch andere Menschen noScribe für eigene Zwecke nutzen, ist das wunderbar.“ Ist zu befürchten, dass das Programm irgendwann nicht mehr sinnvoll nutzbar ist, wenn OpenAI die Weiterentwicklung einstellt? Da mache er sich keine Sorgen, sagt Dröge. „Das aktuelle Niveau der Spracherkennung ist so hoch, dass eine Weiterentwicklung des Modells wohl nicht mehr so große Fortschritte bringt.“ (Stefan Mey/spa@ct.de)

## noScribe

Transkriptionssoftware	
Hersteller, URL	Kai Dröge, github.com/kaixxx/noScribe
Systemanf.	Windows ab 10, macOS ab 11, Linux
Preis	kostenlos



# Breit und breiter

## Sechs überbreite Displays von 34 bis 49 Zoll

**Widescreen-Monitore mit USB-C-Anschluss, Hub und LAN-Buchse sind Heimathafen für Notebooks, sie lassen sich mit Programmfenstern vollpflastern und holen Zeitleisten extragroß und Spielewelten besonders beeindruckend auf den Schirm. Wir haben sechs Modelle von 34 bis 49 Zoll ab 600 Euro getestet.**

Von Benjamin Kraft

Der Charme der breiten Monitorformate liegt darin, dass man auf ihrer großen Anzeigefläche viele Inhalte gleichzeitig im Blick behält. Mehrere Programmfenster nebeneinander verdecken sich nicht, ihre Anordnung gelingt dank der Bildschirmaufteilungsfunktionen moderner Betriebssysteme sehr schnell. Schon ein UWQHD-Bildschirm mit 34 Zoll Bild-

diagonale (gut 86 Zentimeter) zeigt beinahe vier DIN-A4-Seiten in Originalgröße nebeneinander an, bei einem 38-Zöller (96,5 Zentimeter) im 24:10-Format sind es gut vier mit Platz darunter und auf den 49-Zöller (knapp 125 Zentimeter) passen bequem fünf A4-Seiten. Doch auch, wer Videos schneidet, Musikstücke abmischt oder Fotos bearbeitet, freut sich über mehr Platz für Timeline und Werkzeugpaletten.

Wir haben uns sechs Breitformatmonitore mit Displaydiagonalen von 34 bis 49 Zoll und USB-C-Dock für knapp 600 bis gut 1000 Euro angeschaut. Die 34-Zoll-Modelle von Eizo und Philips haben das relativ konventionelle Seitenverhältnis 21:9 und zeigen  $3440 \times 1440$  Pixel (UWQHD). Dell und LG schicken ihre etwas höheren 38-Zöller im 24:10-Format und  $3840 \times 1600$  (UWQXGA) ins Rennen. Die Ultrabreitmonitore von Gigabyte und Lenovo zeigen  $5120 \times 1440$  Bildpunkte (DQHD) im Verhältnis 32:9, das aber auf unterschiedlichen Bilddiagonalen von 49 und 45 Zoll.

Ab einer gewissen Breite ist es sinnvoll, das Display zu biegen, damit der

Sehabstand über die Displaybreite nicht so stark variiert. Dadurch ermüden die Augen weniger, weil sie seltener neu fokussieren müssen. Den Grad der Krümmung geben die Hersteller als Bogenradius (R) an: Je höher die Zahl, umso geringer die Biegung. Wenn man mehrere Exemplare Kante an Kante nebeneinander stellte, hätte der Kreis einen Radius von „R“ Millimetern. Am stärksten sind Philips' 34-Zöller 34B2U6603CH und Lenovos Legion R45w-30 Lenovo gebogen (1500R, also 1,50 Meter Radius), dem Eizo FlexScan EV3450XC sieht man seine sachte Krümmung von 3800R kaum an.

Dell, Eizo und LG setzen auf die sehr blickwinkelstabile IPS-Technik, Lenovo und Philips bauen kontraststarke VA-Panels ein. Gigabyte greift zu einem kontraststarken, superflinken QD-OLED-Panel.

### Klar zum Andocken!

USB-C macht Notebookbesitzern das Leben leichter, weil über ein einziges Kabel neben den USB-Daten auch Display-signale und Strom laufen. Die Monitore

im Testfeld liefern beispielsweise mit einer Ausnahme mindestens 75 Watt. Zudem haben sie einen USB-Hub mit zweitem Upstream zu einem weiteren PC und zwei bis sieben USB-Ports an Bord. Bis auf das Gigabyte-Gerät bringen alle eine LAN-Buchse mit, die bei Eizo und LG mit einfacher Gigabit-Geschwindigkeit (1000 Mbit/s, GbE) arbeitet, bei Dell, Philips und Lenovo mit 2,5 Gbit/s (2G5).

Alle Displays im Test beherrschen an USB-C den Display-Port-Modus HBR3 (High Bit Rate 3). Bei vielen älteren Notebooks muss man sich bei hohen Auflösungen zwischen hoher Bildwiederholrate oder hoher USB-Geschwindigkeit entscheiden. Konkret hieß das bei den ersten 4K-Displays mit USB-C-Eingang: entweder volle Auflösung mit 60 Hertz und USB 2.0-Geschwindigkeit oder USB 3.0-Speed, aber dann nur 30 Hertz. Mit HBR3 geht beides nun mit voller Geschwindigkeit.

Da unsere Kandidaten allesamt vier moderne digitale Videoeingänge haben, können sich zwei Rechner den Monitor nicht nur abwechselnd teilen, sondern auch gleichzeitig. Bei PiP (Picture-in-Picture, Bild-in-Bild) wird das Bild des einen Rechners als kleines Fenster in den Desktop des anderen eingesetzt. Die Spielart PbP (Picture-by-Picture) teilt hingegen die Bildschirmfläche in der Mitte, sodass jedem Rechner die volle Höhe, aber die halbe Breite zur Verfügung steht. Charmant bei den ultrabreiten DQHD-Monitoren: Das ergibt pro Bild 2560 × 1440 Bildpunkte (QHD), also eines der Standardformate. Beim 49-Zöller entspricht die PbP-Größe sogar zwei nebeneinander stehenden 27-Zoll-Displays. Dell, Eizo und Lenovo teilen die Anzeige alternativ auch im Verhältnis 2:1.

Mit der Kombination aus zwei USB-Upstreams, dem Hub und zahlreichen Eingängen taugt der Monitor als KVM-Switch (Keyboard, Video, Mouse). Man steuert mit einer Maus und Tastatur abwechselnd die Rechner, denn sämtliche am Hub angesteckte Peripherie wandert beim Umschalten des Displayeingangs mit. Das gilt also auch für USB-Sticks, Drucker und LAN-Port. Ausnahme: Dell erlaubt es, den Netzwerkanschluss dauerhaft einem Rechner zuzuordnen. Das verhindert, dass unbedachtes Umschalten einen langen Download unterbricht. Das Teilen der Eingabegeräte funktioniert übrigens auch, wenn sich die Rechner den Bildschirm im PbP- oder PiP-Betrieb teilen.

Die eingebauten Lautsprecher aller Testkandidaten geben Systemklänge

brauchbar wieder, Musik weniger. Bei Eizo und Philips gibt es zusätzlich eingebaute Mikrofone und eine versenk- oder verschließbare Webcam, sodass man ohne weiteres Zubehör an Videokonferenzen teilnehmen kann. Alle Testkandidaten haben einen Kopfhörerausgang, einige auch einen Mikrofoneingang oder eine kombinierte Buchse für Headsets. Alles funktioniert unter macOS und Windows ohne manuelle Treiberinstallationen, auch Linuxe mit aktuellem Kernel sollten keine Probleme haben.

### Ergonomie und Bildqualität

Für die Arbeit in einer normal beleuchteten Umgebung gilt eine Bildschirmhelligkeit von 120 cd/m<sup>2</sup> als ergonomisch; das stellt keinen der Kandidaten vor Probleme. Die maximale Helligkeit reicht von 255 cd/m<sup>2</sup> bei Gigabytes OLED-Display bis 444 cd/m<sup>2</sup> bei LGs klassischem IPS-Panel. Im HDR-Betrieb, den immerhin vier der sechs Geräte beherrschen, ist das Gigabyte-Display mit 787 cd/m<sup>2</sup> der strahlende Sieger vor LG mit 600 cd/m<sup>2</sup>. Das liegt unter anderem auch an dem Messverfahren, denn die maximale HDR-Helligkeit wird auf 10 Prozent der Bildfläche mit reinem Weiß auf ansonsten schwarzem Schirm ermittelt. Das kommt dem OLED-Display entgegen, denn je kleiner der leuchtende Teil des Panels ist, umso heller kann dieser Ausschnitt strahlen, ohne das Gesamtenergiebudget zu überschreiten; die restlichen OLED-Pixel bleiben bei Schwarz einfach ausgeschaltet.

Die Hälfte der Probanden soll den weiten Farbraum DCI-P3 zu 98 Prozent abdecken, versprechen die Hersteller. Das lässt auf satte Farben schließen, ist als Aussage aber ansonsten schwammig, denn es bleibt unklar, was die fehlenden zwei Prozent bedeuten: Sind zwei der Grundfarben akkurat dargestellt und das Display schwächelt bei der dritten oder ist eine deutlich zu schwach und der Hersteller verrechnet das großzügig mit einer Farbe, die über das Ziel hinausschießt? Oft trifft Letzteres zu, denn meist erreicht Grün den für DCI-P3 geforderten Wert nicht und Rot übertreibt.

Früher galt ein mittlerer Kontrast von 1000:1 als gut und auch Displays mit niedrigeren Kontrastverhältnissen reichen für die Büroarbeit aus. Doch die Displaytechnik hat sich weiterentwickelt und die Messlatte liegt inzwischen höher. OLED-Displays beispielsweise erzielen zumin-

dest rechnerisch einen unendlichen Kontrast. In der Praxis mindern Reflexionen an der Bildschirmoberfläche den wahrnehmbaren Kontrast. Doch auch klassische Flüssigkristalldisplays erzielen mit VA-Panel 2000:1 und mehr. IPS-Displays bleiben nicht selten unter 1000:1, einige wie der Dell-Monitor kommen dank IPS-Black-Panel aber auf 1600:1.

Ein gemeinsamer Schwachpunkt aller Prüflinge ist die Ausleuchtung, die durchweg bestenfalls mittelmäßig ausfällt. Das sticht immer dann ins Auge, wenn große einfarbige Flächen angezeigt werden. Für die Bildbearbeitung ist eine stark schwankende Helligkeitsverteilung problematisch, weil man bei Korrekturen nicht weiß, ob der Fehler im Bild oder im Monitor liegt.

### Fazit

Für die meisten Nutzer wird sich die Wahl am Format entscheiden. Die 34-Zöller von Eizo und Philips sind die kompaktesten im Feld und bringen Webcams mit. Für Philips sprechen der niedrigere Preis und die hochmoderne technische Ausstattung mit Thunderbolt 4, für Eizo die bessere Webcam, die bessere Bildqualität und die längere Garantie.

Die 38-Zöller sind gar nicht mal so viel breiter, dafür aber höher – gut für Texter, Tabellenarbeiter und Vielfensternutzer. Der günstigere LG 38WR85QC-Wählt seinen Bildschirm stabiler und schafft 144 Hertz. Dells U3824DW wartet mit zahlreichen und schnelleren Anschlüssen sowie einem rund doppelt so hohen Kontrast auf. Allerdings sollten sich Kaufinteressierte gleich nach einem Monitorarm umschauchen, der das Display stabilisiert und mehr Platz auf dem Schreibtisch schafft.

Die beiden Superbreitgeräte richten sich primär an Spieler, doch Lenovos Legion R45w-30 macht mit seiner schnellen



**Die Webcams der 34-Zöller von Philips (oben) und Eizo taugen für die biometrische Anmeldung via Windows Hello.**





## Eizo FlexScan EV3450XC

Eizo setzt sich mit vielen Details von seinen Konkurrenten ab: Die präzise Höhenverstellung besteht aus drei Segmenten anstelle eines Schlittens, der U-förmige Fuß ist vergleichsweise zierlich und bietet Platz für einen darin geparkten Mini-PC. Die Anschlüsse sitzen zwar an der Monitor-Rückseite statt an der Unterkante, zeigen aber nicht nach hinten, sondern zum Ständer und sie lassen sich abdecken.

Die technische Ausstattung ist eher konservativ: Das blickwinkelstabile IPS-Panel zeigt nur den sRGB-Farbraum mit 60 Hertz bei einem mittleren Kontrast von 955:1 und ist mit 3800R beinahe plan. Die drei USB-Ports arbeiten mit 5 Gbit/s. Der Gigabit-LAN-Port steht nur via USB-C-Upstream zur Verfügung, ein zweiter Rechner muss also seinen eigenen Netzwerkanschluss mitbringen. Als Bürospezialist präsentiert sich der FlexScan EV3450XC durch Details wie den Umgebungslichtsensor, das eingebaute Mikrofon und die 5-MPixel-Webcam, die ab Windows 10 auch die biometrische Anmeldung via Windows Hello ermöglicht.

Die Kamera macht ein sehr warmes Bild, das trotz nominell höherer Auflösung unschärfer aussieht als bei einer 4K-Webcam wie der Brio von Logitech. Unter macOS stand als höchste Auflösung Full HD zur Verfügung, unter Windows waren es 1440p. Eine Gesichtsverfolgung fehlt, die Kameraposition ist fix. Immerhin kann man die Linse oben auf dem Monitor mit einem Schieber verdecken; deaktiviert ist sie aber nicht, ihr Mikro lauscht weiter, sofern man es nicht manuell stummschaltet.

Anstelle von Tastern oder einem Joystick bedient man das aufs Wesentliche reduzierte Monitormenü mit ziemlich sensiblen Touchfeldern vorn am Rahmen. Einen KVM-Umschaltknopf oder -Shortcut gibt es nicht, der Wechsel der USB-Peripherie erfolgt zusammen mit dem Signaleingang, dem man im Monitormenü einen der USB-Upstreams zuordnet. Ärgerlich: Für den Wechsel braucht man mindestens vier Klicks. PiP kennt der FlexScan nicht, beherrscht aber zwei PbP-Modi: die klassische Bildflächenhalbierung oder die Teilung im Verhältnis 2:1. Windows und macOS erkannten die neue Auflösung sofort. Clever: Im PbP-Modus überträgt eine Sensortaste die Peripherie aufs andere Gerät.

- ↑ Windows-hello-taugliche Webcam mit Mikro
- ↑ sinnvolle PbP-Modi
- ↓ teuer

Preis: ab 1020 Euro



## Philips 34B2U6603CH

In puncto Ausstattung ist der Philips-Monitor das Gegenteil des Eizo: Sein mit 1500R gebogenes, kontraststarkes VA-Panel zeigt etwas sattere Farben und schafft bis zu 120 Hertz. Der USB-Hub hat sechs Ports für Peripherie, davon drei mit USB-C. Zwei arbeiten neben schnellem USB (10 Gbit/s) mit Thunderbolt 4 (40 Gbit/s), der LAN-Port schafft 2,5 Gbit/s.

Zusätzlich zum Umgebungslichtsensor hat der Philips-Monitor einen Anwesenheitssensor, der die Anzeige dimmen oder ausschalten kann, wenn niemand am Rechner sitzt. Links hinter der Displaykante ist neben drei USB-Ports eine Headset-Buchse eingelassen, ein Haltebügel klappt aus dem Rahmen. Links unterm Rahmen sitzen Tasten für Videocalls: Mikro-Stummschaltung, Anrufannahme und „Busy Light“, ein Leuchtbands an der Oberkante der neig- und versenkbaren Webcam, das rot glimmt, wenn man auf Sendung ist.

Die Windows-Hello-kompatible 5-Megapixel-Kamera verfolgt den Nutzer etwa 50 Zentimeter zu beiden Seiten und zoomt leicht verzögert rein, wenn man sich von ihr entfernt. Zum Rand des Aufnahmebereichs zieht die Optik das Gesicht breiter. Überhaupt ist das Kamerabild nicht schön: Es wirkt unscharf, Gesichter sehen ungesund aus (leichter Grünstich, rote Augen). Immerhin: Versenkt sind Kamera und Mikro komplett deaktiviert.

Bei der Bildqualität hält der 34B2U6603CH nicht mit dem FlexScan mit. Sein Panel ist etwas blickwinkelabhängig und fleckig ausgeleuchtet. Zudem zogen Bildelemente, bei denen Schwarz an dunkle Grautöne grenzt, breite Schlieren nach sich, wenn wir sie über den Schirm zogen. Für Spiele ist das Panel trotz 120-Hz-Ansteuerung zu träge.

Das Bildmenü enthält viele Einstellungen: Die Herausforderung besteht darin, das Ziel über die vier Bedientasten zu erreichen. PiP funktioniert in jeder der vier Schirmecken in drei Größen, die Quellen lassen sich bequem tauschen. PbP gibt es als klassische Bildschirmhalbierung. In beiden Fällen weist man die Peripherie per „User“-Taste am Monitor dem gewünschten Rechner zu. Die KVM-Umschaltung geschieht via Signaleingangswahl, dabei wechselt auch der LAN-Port.

- ↑ Windows-hello-taugliche Webcam mit Mikro
- ↑ schnelle moderne Anschlüsse
- ↓ Schlierenpotenzial, fleckige Ausleuchtung

Preis: ab 580 Euro



### Dell UltraSharp U3824DW

Der Dell-Monitor geizt nicht mit Anschlüssen: Neben den vier digitalen Videoeingängen, davon einmal USB-C, hat er einen weiteren USB-C-Upstream für einen zweiten Rechner. Der eingebaute Hub befehligt sieben USB-Downstream-Buchsen, allesamt mit 10 Gbit/s; zwei sind als USB-C-Ports ausgeführt. Auch die LAN-Buchse arbeitet mit 2,5 Gbit/s flott. Die Krümmung von 2300R passt gut zur Displaygröße. Der Monitor steht sicher auf seinem großen Fuß, doch aufgrund der weichen Aufhängung am Ständer wackelt das Display nach Berührungen mehrere Sekunden stark nach; ein Monitorarm schafft Abhilfe und mehr Platz auf dem Schreibtisch.

Das IPS-Black-Panel arbeitet mit 60 Hertz und zeigt satte Farben, die beinahe den DCI-P3-Farbraum abdecken; Grün ist etwas zu blass, Rot und Blau sind zu kräftig. Seine Stärke ist der hohe mittlere Kontrast von 1600:1. Wie beim Großteil des Testfeldes ist das Panel ungleichmäßig ausgeleuchtet, es leuchtet oben heller als unten. Daran änderte auch die Uniformity Compensation nichts, die eigentlich auf Kosten der maximalen Helligkeit die Gleichmäßigkeit erhöhen soll. Stattdessen stieg mit ihr die Leuchtdichte von rund 260 auf knapp 300 cd/m<sup>2</sup>.

Die Funktion hatte eine weitere Nebenwirkung: Zwei Kollegen berichteten nach einiger Zeit vor dem Schirm, dass ihnen flau wurde und sich Kopfschmerzen andeuteten. Aufgrund dieses ungewöhnlichen Effekts orderten wir ein zweites Testgerät. Dessen Uniformity-Funktion verbesserte die Ausleuchtung messbar, das für Unwohlsein sorgende Flimmern war verschwunden. Nur die leichten Abschattungen rund ums Panel waren auch auf dem neuen Gerät zu sehen.

Einen KVM-Schalter gibt es nicht, USB-Geräte ziehen beim Wechsel des Signaleingangs automatisch mit. PiP funktioniert in jeder der vier Ecken in zwei Größen, im PbP-Betrieb darf man das Display mittig oder im Verhältnis 2:1 teilen. Den USB-Hub schaltet man dann entweder per Shortcut im sehr guten Bildmenü um oder mit einem in der Dell-Software Display Manager angelegtem Tastenkürzel.

- ↑ sieben schnelle USB-Ports
- ↑ viele PbP- und PiP-Modi, einfache Bedienung
- ↓ wackeliger Ständer, Bildunruhe

Preis: ab 1000 Euro



### LG UltraWide 38WR85QC-W

Der weiße 38-Zöller zeigt zwar ebenso wie der Dell-Monitor 3840 × 1600 Pixel im Seitenverhältnis 24:10, nutzt aber ein unterschiedliches Panel. Das im LG-Display zeigt praktisch identisch satte Farben, leuchtet mit bis zu 444 cd/m<sup>2</sup>, erzielt aber nur einen mittelmäßigen Kontrast von 838:1. Für ein IPS-Display ist das Panel zudem unerwartet blickwinkelabhängig, was bei mittlerer Sitzposition aber nicht problematisch ist. Bei der Ausleuchtung landet der 38WR85QC-W auf dem letzten Platz, denn die Helligkeit fällt zu den Seiten stark ab, besonders in den oberen Ecken, und bei flächigem Schwarz werden alle vier Ecken aufgehellt. Die Mechanik ist der des Dell überlegen, vor allem ist die Aufständerung deutlich stabiler, wenngleich auch nicht gänzlich wippfrei.

In Spielen macht der 38-Zöller Spaß, wozu die hohe Bildrate von bis zu 144 Hertz beiträgt. Zudem unterstützt er die VRR-Standards FreeSync Premium Pro (AMD) und G-Sync compatible (Nvidia), bei denen sich der Monitor die Bildwiederholfrequenz dynamisch von der Grafikkarte vorgeben lässt. Allerdings können nicht alle 3D-Engines mit dem 24:10-Format umgehen, sodass man in solchen Fällen mit schwarzen Balken leben oder das Bild auf ein anderes Seitenverhältnis skalieren muss. Der Monitor beherrscht DisplayHDR 600 für Hochkontrastinhalte und tatsächlich schafft er so 600 cd/m<sup>2</sup>. Außerdem bewirbt LG den Monitor mit Local Dimming, also der Fähigkeit, schwarze Bildbereiche komplett auszuschalten. Die zwölf Zonen sind aber zu wenige, um damit viel zu bewirken, da bräuchte es schon einige Hundert.

PbP und PiP funktionieren in einfachster Manier, das aber wie erwartet. Wer die Eingabegeräte über den Joystick zur Bildmenüsteuerung umschalten möchte, muss dafür zunächst einen Shortcut via Monitormenü zuweisen. Auch im KVM-Betrieb muss man die Eingabegeräte manuell umschalten; die USB-Ports sind nicht an einen Signaleingang gekoppelt. Bequemer geht das mit dem Tool LG Switch, mit dem man aus Windows oder macOS heraus die Bildeinstellungen anpasst und Keyboard-Shortcut definiert. DualController erlaubt es, einen zweiten Rechner auf der zweiten Bildschirmhälfte mit nahtlosem Übergang zu steuern: Der Mauszeiger rutscht einfach über die Mittellinie auf den anderen Desktop.

- ↑ schnelles, helles Display mit DisplayHDR 600
- ↑ gute Software für Windows und macOS
- ↓ mauer Kontrast, Riesenfuß

Preis: ab 880 Euro



## Gigabyte Aorus CO49DQ

Der 49-Zöller ist der breiteste Monitor in diesem Testfeld, seine Anzeigefläche entspricht zwei nebeneinanderstehenden 27-Zöllern mit 2560 x 1440 Pixeln – nur eben ohne störende Kanten in der Mitte.

Das QD-OLED-Panel der ersten Generation zeigt sehr satte Farben und, typisch für diese Displaytechnik, ein tiefes Schwarz. Weil OLED-Panels jedes Pixel individuell ansteuern und bei Bedarf ausschalten können, gilt das anders als beim LC-Display auch dann, wenn die Pixel in direkter Nachbarschaft mit voller Helligkeit strahlen.

Mehr noch als Lenovos Legion will der Aorus nur spielen. Das vermittelt schon sein dynamischer, aber auch platzfressender V-Fuß. 144 Hertz schafft das Panel, da muss die Grafikkarte bei voller Auflösung erst einmal mithalten. Zudem schaltet es sauschnell, ein weiteres Merkmal der OLED-Technik. Dass das Panel nur das Logo des VESA-Standards DisplayHDR True Black 400 trägt, ist massiv tiefgestapelt: Im HDR-Modus erzielt der Monitor auf einer zehnpromzentigen Weißfläche mit 790 cd/m<sup>2</sup> fast das Doppelte.

Die Breite macht in Spielen Spaß, in denen man zwar vor allem die Bildmitte im Auge behalten, aber auch die Peripherie aus den Augenwinkeln sehen möchte: Space-Sims, Shooter und Rennspiele. In Strategie- und Wuselspielen wie Civilization, Cities: Skylines oder Anno strengt die große Sichtfläche eher an.

Fürs Büro ist der Aorus CO49DQ schon wegen der Breite weniger geeignet, die man erst einmal ausnutzen können muss. Dass ihm kein USB-C-Kabel beiliegt, er nur zwei USB-Ports hat und keine LAN-Buchse mitbringt, sind weitere Gegenargumente. Das stärkste dürften die Farbsäume an kontraststarken Kanten sein, also beispielsweise an Buchstaben, die für QD-OLED-Panels wie dieses charakteristisch sind.

Die KVM-Umschaltung ist zunächst nur über das gute Bildmenü möglich, lässt sich aber als Shortcut auf den Joystick legen, der mittig unterm Displayrahmen sitzt und zur Menünavigation dient. PiP ist in drei Größen in jeder der vier Ecken möglich, die Peripherie lässt sich zwischen den Quellen tauschen, ebenso die Quellen selbst. Trotz der enormen Breite funktioniert PbP nur Halbe-Halbe.

- ↑ satte Farben, hohe Kontraste
- ↑ superschnelles Panel
- ↓ QD-OLED-Farbsäume, kein LAN

Preis: ab 930 Euro



## Lenovo Legion R45w-30

Der überbreite 45-Zöller steht sehr solide, sein Display ist so gut wie wackelfrei. Sein Styling verrät den Legion als zumindest Gaming-affin, doch auch als Oversized Office Display hat er viel zu bieten. Das VA-Panel zeigt 5120 x 1440 Pixel, erzielt einen Kontrast von 1382:1 und deckt den P3-Farbraum größtenteils ab; sein Grün ist zu blass. Obwohl Lenovo das Logo für den VESA-Standard DisplayHDR 400 auf den Karton druckt, erreichten wir in keiner Messung diesen Wert; mehr als 388 cd/m<sup>2</sup> waren nicht drin. Das Panel schafft 165 Hertz und seine Elektronik versteht sich auf AMDs VRR-Technik FreeSync Premium Pro, um sich dynamisch die Bildrate von der Grafikkarte vorgeben zu lassen. Beim Wechsel zwischen Schwarz und dunklen Grautönen zeigten sich Schlieren an bewegten Kanten, die auch der ansonsten gut arbeitende Overdrive nicht verschwinden lassen konnte. Abgesehen davon macht der Legion R45w-30 beim Spielen viel Spaß, er ist nur nicht unbedingt für aller dunkelste Shooter prädestiniert.

Die weitere Ausstattung ist in Ordnung, wenn auch nicht üppig: Der Hub hat eine 2,5-Gbit-LAN-Buchse und drei USB-A-Ports mit 5 Gbit/s. Die liefern offenbar nicht besonders viel Saft, denn unsere externen SSDs hat Windows zwar entdeckt, aber nicht als aktive Datenträger verfügbar gemacht. Ein USB-C-Kabel liegt nicht bei.

Für die KVM-Umschaltung gibt es einen eigenen Taster hinter dem rechten Displayrahmen, über den man zuvor einander zugeordnete USB- und Displayanschlüsse per Knopfdruck gemeinsam umschaltet, inklusive LAN-Port. Das Monitor-menü versprüht Retro-Charme, was aber nur den Look, nicht die Bedienung betrifft.

Im PbP-Modus teilt sich die Displayfläche im Verhältnis 1:1, PiP ist in allen vier Ecken möglich, aber nur in einer Größe. In beiden Fällen funktioniert der KVM-Umschalttaster. Zusätzlich kennt das Bildmenü die Funktion „True Split“, herrlich maschinell als „Wahre Aufteilung“ eingedeutscht. Sie halbiert die Fläche oder teilt im Verhältnis 2:1, sodass aus Betriebssystem-sicht zwei Displays nebeneinander angeschlossen sind. Das klappte allerdings nur unter Windows zuverlässig, macOS spiegelte den Inhalt der linken auf die rechte Seite.

- ↑ sehr standfest, spieletauglich
- ↑ einfache KVM-Umschaltung, schnelles LAN
- ↓ Schlierenpotenzial, wenige USB-Ports

Preis: ab 820 Euro



LAN-Buchse, der höchsten Bildschärfe in diesem Vergleich, dem hohen Kontrast und den drei USB-Buchsen auch auf dem Büroschreibtisch eine gute Figur. Da kann der Gigabyte Aorus CO49DQ nicht mit-

halten: Gegen die Zweitverwendung im Büro sprechen vor allem die Farbsäume an kontraststarken Kanten wie Buchstaben. Zudem sind zwei USB-Ports für einen KVM-fähigen Monitor nur Minimalaus-

stattung und es ist kein LAN an Bord. In Sachen Kontrast, Farbdarstellung und Reaktionszeit macht seinem QD-OLED-Panel in dieser Runde aber keiner etwas vor, Gamer werden ihn lieben. (bkr@ct.de) **ct**

## Gebogene Monitore von 34 bis 49 Zoll mit USB-C-Dock

Modell	FlexScan EV3450XC (EV3450XC-BK)	34B2U6603CH (34B2U6603CH/00)	UltraSharp U3824DW (210-BHXB)	UltraWide 38WR85QC-W (38WR85QC-W.AEU)	Aorus CO49DQ (CO49DQ-EK)	Legion R45w-30 (67B1GA-C3EU)
Hersteller, URL	Eizo, eizo.de	Philips, philips.de	Dell, dell.de	LG, lg.com	Gigabyte, gigabyte.com/de	Lenovo, lenovo.com/de
Displaydiagonale / Biegung / Auflösung (Pixel-dichte)	34,1" (86,6 cm) / 3800R / 3440 × 1440 (109 dpi)	34" (86,4 cm) / 1500R / 3440 × 1440 (110 dpi)	37,5" (95,3 cm) / 2300R / 3840 × 1600 (111 dpi)	37,5" (95,3 cm) / 2300R / 3840 × 1600 (111 dpi)	49" (124,5 cm) / 1800R / 5120 × 1440 (109 dpi)	44,5" (113 cm) / 1500R / 5120 × 1440 (120 dpi)
Paneltyp / Seitenverhältnis / max. Bildwiederholffrequenz	IPS (mattiert) / 21:9 / 60 Hz	VA (mattiert) / 21:9 / 120 Hz <sup>2</sup>	IPS (mattiert) / 24:10 / 60 Hz	IPS (mattiert) / 24:10 / 144 Hz	QD-OLED (glänzend) / 32:9 / 144 Hz	VA (mattiert) / 32:9 / 165 Hz
Anschlüsse	DP 1.4, HDMI 2.0, USB-C (inkl. DP, USB 5 Gbit/s, USB-PD 94 W), USB-B (5 Gbit/s), 3,5-mm-Klinke (Line-Out)	DP 1.4, 2 × HDMI 2.0, USB-C (Thunderbolt 4/USB4 inkl. DP 1.4, USB-PD 100 W) + USB-C (10 Gbit/s), 3,5-mm-Klinke (Line-In/Out)	DP 1.4, 2 × HDMI 2.1, USB-C (inkl. DP 1.4, USB 10 Gbit/s, USB-PD 90 W), USB-C (10 Gbit/s), 3,5-mm-Klinke (Line-Out)	DP 1.4, 2 × HDMI 2.1, USB-C (inkl. DP 1.4, USB 5 Gbit/s, USB-PD 90 W), USB-B (5 Gbit/s), 3,5-mm-Klinke (Line-In/Out)	DP 1.4, 2 × HDMI 2.1, USB-C (inkl. DP 1.4, USB 5 Gbit/s, USB-PD 18 W), USB-B (5 Gbit/s), 3,5-mm-Klinke (Line-Out)	DP 1.4, 2 × HDMI 2.1, 1 × USB-C (inkl. DP 1.4, USB 5 Gbit/s, USB-PD 75 W), USB-B 3.0 (Upstream, 5Gb/s), 3,5-mm-Klinke (Line-Out)
Ausstattung	USB-Hub (USB-C 5 Gbit/s + PD 15W, 2 × USB-A 5 Gbit/s), Lautsprecher (2 × 4 W), LAN: 1 GbE, biometrische 5-MPixel-Webcam, Mikrofon	KVM-Switch, USB-Hub (1 × USB-C 10 Gbit/s + PD 45 W, 4 × USB-A 10 Gbit/s, 1 × Thunderbolt 4 + USB-PD 15W), Lautsprecher (2 × 5 W), LAN: 2G5, biometrische 5-MPixel-Webcam, Mikrofon	USB-Hub (2 × USB-C 10 Gbit/s + PD 15W, 5 × USB-A 10 Gbit/s), Lautsprecher (2 × 9W), LAN: 2G5	USB-Hub (4 × USB-A 5 Gbit/s), Lautsprecher (2 × 7 W), LAN: 1 GbE	USB-Hub (2 × USB-A 5 Gbit/s + USB-PD 7,5 W), Lautsprecher (2 × 5 W)	USB-Hub (3 × USB-A 5 Gbit/s), Lautsprecher (2 × 3 W), LAN: 2G5
Netzteil / VESA-Halterung (Lochabstand)	intern / ✓ (10 × 10 cm)	intern / ✓ (10 × 10 cm)	intern / ✓ (10 × 10 cm)	intern / ✓ (10 × 10 cm)	intern / ✓ (10 × 10 cm)	intern / ✓ (10 × 10 cm)
Besonderheiten / HDR-Standard / VRR-Standard	Umgebungslichtsensor / - / -	Thunderbolt 4, Anwesenheitssensor, Umgebungslichtsensor / DisplayHDR 400 / Adaptive Sync	IPS-Black-Panel / - / -	- / DisplayHDR 600, HDR10 / Adaptive Sync, AMD FreeSync Premium (48-144 Hz, HDR und LFC), NVIDIA G-Sync Compatible (48-144 via DP)	- / DisplayHDR True Black 400 / Adaptive Sync, AMD FreeSync Premium Pro (48-144 Hz, HDR und LFC)	True-Split-Modus / DisplayHDR 400 / Adaptive Sync, AMD FreeSync Premium Pro (48-165 Hz, HDR und LFC)
PiP / PbP	- / ✓ <sup>2</sup>	✓ / ✓	✓ / ✓ <sup>2</sup>	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Einstellungen: Höhe / Neigung / Drehung / Pivot	✓ / ✓ / ✓ / -	✓ / ✓ / ✓ / -	✓ / ✓ / ✓ / -	✓ / ✓ / ✓ / -	✓ / ✓ / ✓ / -	✓ / ✓ / ✓ / -
Lieferumfang	Kabel: DisplayPort, USB-C, USB-A-B, Netz	Kabel: DP, HDMI, Thunderbolt 4, Netz	Kabel: DP, HDMI, USB-C, USB-A-C, Netz	Kabel: DP, HDMI, USB-C, USB-A-B, Netz	Kabel: DP, HDMI, USB-A-B, Netz	Kabel: DP, USB-A-B, Netz
Software zur Bildschirmsteuerung	Screen InStyle (macOS, Windows)	SmartControl	Dell Display Manager (macOS, Windows)	LG Switch, LG DualControl (macOS, Windows)	Gigabyte Sidekick (Windows)	Lenovo Artery (Windows)
Maße (B × H × T) / Gewicht	81,9 cm × 41,5-60,9 × 25 cm / 12,1 kg	80,7 cm × 39,5-57,5 cm × 28,1 cm / 10,6 kg	89,4 cm × 44,4-56,4 cm × 25,1 / 13,7 kg	89,6 cm × 48,4-59,4 cm × 30,7 cm / 10,5 kg	119,5 cm × 42,9-55,9 cm × 26,2 cm / 11,3 kg	108,9 cm × 39,3-52,8 cm × 34,1 cm / 12,1 kg
<b>Messwerte</b>						
Leistungsaufnahme Off / Standby / Betrieb <sup>3</sup>	0,3 W / 0,3 W / 23 W	0,5 W / 0,5 W / 26 W	0,3 W / 0,4 W / 27 W	0,1 W / 0,3 W / 32 W	0,3 W / 0,45 W / 63 W	0,3 W / 0,3 W / 26 W
Leuchtdichteregulierungsbereich (HDR <sup>4</sup> )	1 ... 287 cd/m <sup>2</sup>	40 ... 411 cd/m <sup>2</sup>	27 ... 260 <sup>5</sup> (334) cd/m <sup>2</sup>	71 ... 444 (600) cd/m <sup>2</sup>	2 ... 255 (787) cd/m <sup>2</sup>	72 ... 388 (364) cd/m <sup>2</sup>
<b>Kontrast</b>						
min. Sichtfeld / erw. Sichtfeld (proz. Abweichung) <sup>6</sup>	955:1 (25,1 %) / 582:1 (63 %)	2237:1 (44,7 %) / 1133:1 (86,6 %)	1642:1 (34,9 %) / 932:1 (78,7 %)	838:1 (29,2 %) / 507:1 (69,1 %)	rechnerisch unendlich	1382:1 (77,2 %) / 675:1 (124,4 %)
Die runden Diagramme geben die Winkelabhängigkeit des Kontrasts wieder. Blaue Farbanteile stehen für niedrige, rötliche für hohe Kontraste. Kreise markieren die Blickwinkel in 20-Grad-Schritten, im Idealfall wäre das gesamte Bild pink.						
winkelabhängiger Kontrast: Kreise im 20°-Abstand						
<b>Bewertungen</b>						
Kontrasthöhe / Blickwinkelabhängigkeit	○ / ⊕	⊕⊕ / ○	⊕⊕ / ⊕⊕	○ / ⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕ / ○
Ausleuchtung / Farbeindruck	○ / ⊕	○ / ⊕	○ / ⊕	⊖ / ⊕	○ / ⊕⊕	⊖ / ⊕
Bedienung / Verarbeitung	⊕ / ⊕⊕	⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕
Preis ab / Garantie	1020 € / 5 Jahre	580 € / 3 Jahre	1000 € / 3 Jahre	880 € / 2 Jahre	930 € / 3 Jahre	820 € / 3 Jahre
<sup>1</sup> nur via DisplayPort <sup>2</sup> Aufteilung im Verhältnis 1:1 oder 2:1 <sup>3</sup> bei 120 cd/m <sup>2</sup> <sup>4</sup> bei 10 % Weißinhalt auf schwarzem Hintergrund <sup>5</sup> mit Uniformity Compensation 25 ... 295 cd/m <sup>2</sup> <sup>6</sup> Mittelwert und Standardabweichung des Kontrasts im minimalen beziehungsweise erweiterten Sichtfeld. Das minimale Sichtfeld umfasst alle Einblickwinkel, unter denen ein Betrachter das Bild sieht, wenn er aus 60 cm Entfernung frontal auf die Schirmmitte schaut; die Bildkreise sieht er dabei unter dem größten Winkel. Im erweiterten Sichtfeld bewegt er den Kopf parallel zur Schirmfläche bis zu den Displaykanten; der Einblickwinkel auf die gegenüberliegenden Bildränder nimmt zu, der mittlere Kontrast sinkt. ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden/funktioniert — nicht vorhanden						



# Kraftquader

## Apple Mac mini mit M4 und M4 Pro im Test

**Knapp 20 Jahre nach seiner Vorstellung ist der Mac mini so stark und kompakt wie noch nie. Die schnellste Version mit M4 Pro bleibt aber nicht immer leise.**

Von Benjamin Kraft  
und Christof Windeck

Oje, der Einschalter sitzt unten! Wenn Sie über dieses eigenartige Konstruktionsdetail nicht hinwegsehen können, dann ist der Mac mini mit M4-CPU nichts für Sie. Abgesehen vom tatsächlich schlecht erreichbaren Taster, den man im Mac-Alltag aber kaum jemals benutzt, liefert Apple mit dem runderneuerten Mini-computer höchst attraktive Technik. Der Einstiegspreis von 699 Euro geht in Ordnung, weiterhin völlig überzogen sind die Aufpreise für mehr Arbeits- und Massenspeicher. Wir prüften sowohl das Basismodell als auch eine mehr als 2200 Euro teure Edelkonfiguration im c't-Labor.

Der bisherige Mac mini war seit Anfang 2023 mit den Prozessoren M2 oder M2 Pro erhältlich, also nicht mit M3. Im Vergleich zu M2 und M2 Pro ist die Leistungssteigerung durch M4 und M4 Pro enorm. Den M4 hatte Apple im Mai 2024 vorgestellt, zunächst steckte er im iPad Pro. Ende Oktober kündigte Apple dann außer dem neuen Mac mini auch den iMac 24" sowie mehrere MacBook Pro mit M4 an [1].

Im Basismodell des Mac mini rechnet der M4 mit je zehn CPU- und GPU-Kernen. Soll ein M4 Pro drinstecken, muss man mindestens 950 Euro mehr ausgeben und bekommt auch mehr RAM- und SSD-Kapazität. Ab 1649 Euro gibt es den M4 Pro mit zwölf CPU- und 16 GPU-Kernen. Der Aufpreis für die stärkste M4-Pro-Version mit 14 CPU-Kernen und 20 GPU-Kernen kostet weitere 230 Euro.

Das Basismodell des Mac mini (2024) hat 16 GByte LPDDR5-RAM, also doppelt so viel wie zuvor bei Apple üblich. Auch MacBook Air und MacBook Pro kommen nun ab Werk mit mindestens 16 GByte Arbeitsspeicher. Vermutlich stattet Apple die Geräte mit Blick auf die kommenden

KI-Funktionen von macOS namens Apple Intelligence besser aus. Den Mac mini mit M4 kann man mit maximal 32 GByte RAM bestellen; die Version mit M4 Pro hat mindestens 24 GByte und optional 48 oder 64 GByte.

Die SSD im Basismodell fasst leider weiterhin nur kümmerliche 256 GByte. Für unerschämte 230, 460 oder 920 Euro Aufpreis baut Apple 512 GByte, 1 oder 2 TByte ein. Der Mac mini mit M4 Pro ist mit bis zu 8 TByte erhältlich, dafür verlangt Apple atemberaubende 2760 Euro. Die gute Nachricht: Die SSD ist im Prinzip austauschbar, hat allerdings leider nicht die gängige Bauform M.2. Grundsätzlich könnten aber wohl andere Firmen auch billigere SSD-Upgrades verkaufen. Besser fährt man mit einer externen SSD, die mit TB4/USB4 auch sehr schnell angebunden wird.

Der Grafikprozessor (GPU) ist wie bei allen aktuellen Apple-Rechnern im M-Prozessor integriert und nicht austauschbar. Die GPU im M4 Pro hat nicht nur doppelt so viele Kerne wie die des M4, sondern profitiert auch von der mehr als doppelt so

schnellen RAM-Anbindung (273 statt 120 GByte/s). Für den M4-Pro-Aufpreis kann man sich allerdings locker einen spieltauglichen Windows-PC bauen – allerdings nicht so winzig wie einen Mac mini.

**Schrumpfkur**

Das Gehäuse des alten Mac mini hat eine Kantenlänge von 19,7 Zentimetern, der neue Mac mini bloß noch 12,7 Zentimeter. Die quadratische Grundfläche schrumpft folglich um rund 58 Prozent. Weil das Gehäuse in der Höhe von 3,6 auf 5 Zentimeter wuchs, liegt das Volumen des neuen Mac mini nur um rund 42 Prozent unter dem seines Vorgängers. Damit ist der Mac mini jetzt ähnlich groß wie die in der Windows-Welt beliebten NUC-Rechner, die einst Intel verkaufte und nun Asus. Großer Pluspunkt für den Mac mini ist das eingebaute Netzteil, wohingegen den NUCs und vielen anderen x86-Minis jeweils noch ein Steckernetzteil beiliegt, das zusätzlichen Platz belegt.

Der neue Mac mini hat keine eckigen USB-A-Buchsen mehr, sondern nur noch welche für USB-C, aber gleich fünf davon: Zwei vorne, drei hinten. Die Abkehr von USB-A stört, wenn man häufig mit USB-Sticks hantiert oder älteres Zubehör anschließen möchte. Ein USB-C-USB-A-Adapter (oder Hub) kostet aber auch nur ein paar Euro.

Die hinteren USB-C-Buchsen beherrschen auch Thunderbolt, und zwar mindestens Thunderbolt 4 (TB4/USB4). Beim teuren M4 Pro bekommt man an allen hinteren Buchsen sogar Thunderbolt 5. Die Besonderheiten der neuen Schnittstelle haben wir in [2] erklärt, hier in Kürze: Die symmetrische Datentransferrate verdoppelt sich von 40 auf 80 Gbit/s, das genügt für eine M.2-SSD mit PCIe 4.0 x4.

Die ersten TB5-SSDs sind auch bereits auf dem Markt, aber noch sehr teuer. Die OWC Envoy Ultra mit 4 TByte kostet mehr als 800 Euro und lieferte Datentransferraten bis zu 5,8 GByte/s. Das ist deutlich mehr als die mit TB4/USB4 erreichbaren



**Geschrumpft:** Der Mac Mini mit M4-Chip ist deutlich kleiner als sein Vorgänger, hat aber weiter ein eingebautes Netzteil – anders als der Asus NUC ganz rechts.

3,8 GByte/s, aber keine Verdopplung. Für die meisten Anwendungen reicht die Geschwindigkeit von 1 GByte/s, die bezahlbare SSDs mit USB 3.2 Gen 2 schaffen, also mit 10 Gbit/s.

Attraktiv ist TB5 vor allem für Leute, die an ein Notebook mit wenigen Buchsen mehrere Monitore mit hoher Auflösung und hohen Bildraten anschließen möchten, etwa per Dock. Dazu bietet TB5 einen asymmetrischen Transfermodus mit 120 Gbit/s in Downstream-Richtung und nur 40 Gbit/s im Upstream. Der DisplayPort Alternate Mode ist dabei zu DP 2.1 kompatibel, man kann also mehrere 4K-Displays mit über 240 Hertz Bildrate anschließen oder einen 8K-Monitor – zumindest theoretisch, weil ein solcher mit DP 2.1 noch nicht auf dem Markt ist.

Beim Mac mini ist kein teures TB5-Dock nötig, weil er vier Buchsen für Monitore hat. Maximal drei steuert er gleichzeitig an, die alle 5K-Auflösung mit 60 Hz zeigen können. Bei zwei Displays gleichzeitig kann eines sogar 8K-Auflösung haben oder es sind zwei 4K-Displays mit 240 Hz möglich.

Der WLAN-Adapter im Mac mini liefert im Idealfall über kurze Distanz bis zu 1,4 Gbit/s. Leider beherrscht er nur Wi-Fi 6E und noch kein Wi-Fi 7. Letzteres verspricht besonders in Haushalten und Büros mit vielen anderen WLAN-Teilnehmern höheren nutzbaren Durchsatz.

Standardmäßig ist auch Ethernet mit 1 Gbit/s eingebaut. Bei der teuren Version mit M4 Pro kann man für 150 Euro auch 10-Gbit/s-Ethernet ordern; dieser Chip beherrscht auch 2,5 und 5 Gbit/s.

**Leistungsprung**

Beim M4 bleibt Apple dem Konzept treu, Prozessoren mit möglichst hoher Single-threading-Rechenleistung zu entwickeln. Das hat zwei Vorteile: Viele Programme profitieren davon besonders stark, wodurch sich der Rechner spritziger anfühlt. Und zweitens liefern dadurch schon relativ wenige CPU-Kerne gemeinsam hohe Multithreading-Performance. Der M4 hat vier Performance-(P-)Kerne und sechs Effizienzkerne.

Um die Rechenleistung der einzelnen P-Kerne zu steigern, hat Apple einerseits deren (ARM-)Mikroarchitektur optimiert und dreht andererseits an der Taktschraube. Der M4 rennt mit bis zu 4,5 GHz, das sind 10 Prozent mehr als beim M3 und



**Idiotische Position:** Der Einschalttaster sitzt hinten links unten am Gehäuseboden. Glücklicherweise braucht man ihn selten.

**Benchmarks: Apple Mac mini (2024) mit M4 und M4 Pro**

CPU-Version	7-zip 24.08 Dekompilieren [MIPS]	Handbrake 1.8.2 Fast 1080p [fps]	Blender 4.2.1 LTS classroom [s]	Geekbench 6.3.0 CPU ST / MT [Punkte]	3DMark Steel Nomad Lite [Punkte]	Shadow o.t. Tomb Raider, Full HD, ultrahoch [fps]
	besser ▶	besser ▶	◀ besser	besser ▶	besser ▶	besser ▶
M4 Pro	143819	165	235	3995/22801	7411	87
M4	84893	100	378	3917/14998	3958	41



satte 28 Prozent mehr als beim M2. Das Ergebnis ist der Rekordwert von 178 Singlethreading-Punkten im Cinebench 2024, 19 Prozent mehr als beim zweit-schnellsten Intel Core Ultra 9 285K – und der ist ein stromsaugender Desktop-PC-Processor für Übertakter. Der bei Single-threading bisher stärkste AMD-Chip Ryzen 9 9950X liegt sogar um 25 Prozent hinter dem M4.

Mit seinen vier P-Kernen übertrumpft der M4 bei Multithreading sämtliche Mobilprozessoren bis zur 28-Watt-Klasse. Mit vielkernigen Desktop-PC-Prozessoren kann er aber nicht mithalten, wohl aber der M4 Pro mit zehn P-Kernen. Der liegt in dieser Disziplin auf dem Niveau des Zwölfkerners Ryzen 9 9900X und deutlich über dem Core Ultra 5 245K.

Weil der Mac mini vom M2 (Pro) direkt zum M4 (Pro) springt, ist der Unterschied enorm. Schon der Mac mini mit M4 liefert erheblich mehr Rechenleistung als sein Vorgänger mit M2 Pro.

Allerdings kann auch Apple nicht hexen: Unter CPU-Volllast nimmt der Mac mini mit M4 Pro rund 80 Watt Leistung auf und das hört man dann auch. Der Lüfter wird etwa nach einigen Minuten im Cinebench dann fast 2 sone laut. Im Alltag kommt das zwar selten vor, aber als superleiser PC für ein Tonstudio taugt der Mac mini mit M4 Pro eher nicht, sofern man sein Leistungspotenzial tatsächlich nutzen möchte. Bei schwacher Last und im Leerlauf sind beide neuen Mac mini aber praktisch unhörbar leise und bei der Version mit M4 bleibt das auch unter Last so. Im

## Apple-Prozessoren M4 und M4 Pro im Vergleich: Cinebench 2024

CPU	CPU-Kerne	Cinebench 2024	
		Singlethreading	Multithreading
		besser ▶	besser ▶
Apple M4 (Mac mini)	10 (4P + 6E)	178	965
Apple M4 Pro (Mac mini)	14 (10P + 4E)	175	1691
Apple MacBook Pro M3	8 (4P + 4E)	141	746
Apple M2 Pro	12 (8P + 4E)	123	761
Apple M2	8 (4P + 4E)	121	474
Qualcomm Snapdragon X Elite X1E-84	12 (12P)	129	854
AMD Ryzen AI 9 HX 370	12 (4P + 8c)	112	805
Intel Core Ultra 155H	16 (6P + 8E + 2E)	101	581
Intel Core Ultra 7 258V	8 (4P + 4E)	120	500
<b>Desktop-PC-Prozessoren</b>			
Intel Core Ultra 9 285K	24 (8P + 16E)	146	2436
AMD Ryzen 9 9900X	12 (12P)	133	1699
Intel Core Ultra 5 245K	14 (6P + 8E)	133	1471
AMD Ryzen 7 8700G	8 (8P)	108	1029

Leerlauf ist der Mac mini besonders sparsam, die Leistungsaufnahme liegt auf dem Niveau eines Raspberry Pi.

Auch die GPU hat deutlich zugelegt, die 3D-Performance genügt für das eine oder andere Spiel. Die GPU im M4 Pro ist erwartungsgemäß rund doppelt so schnell wie die des M4.

Endlich baut Apple in den M4 auch einen Hardware-Decoder für das Videoformat AV1 ein, VP9 bleibt jedoch weiter außen vor. Dank der eingebauten Beschleuniger für den hauseigenen Videocodex Apple ProRes gelingt Videoschnitt sehr schnell, nun auch in 8K-Auflösung. Die starke GPU bringt auch KI-Algorithmen auf Trab. Das separate KI-Rechenwerk, die NPU (Neural Processing Unit),

ist wie bei der Konkurrenz von AMD, Intel und Qualcomm für Hintergrundaufgaben gedacht.

### Fazit

Der Mac mini M4 ist der beste Mini-PC, den man zurzeit kaufen kann, sofern macOS als Betriebssystem infrage kommt. Er arbeitet superschnell, flüsterleise, im Leerlauf sparsam sowie unter Last effizient. Dazu bietet er ausreichend Anschlussmöglichkeiten. Es gibt bisher schlichtweg keinen Mini-PC mit AMD- oder Intel-CPU, der ähnlich durchdacht wirkt.

Selbstverständlich hat der Mac mini auch Nachteile, angefangen beim Mindestpreis von knapp 700 Euro. Die enorme Rechenleistung des M4 ist nicht für jede Anwendung wirklich nötig. Der beeindruckend starke Mac mini mit M4 Pro ist wiederum nicht nur enorm teuer, sondern unter Volllast auch etwas laut. Das schränkt den Nutzen ein – was bringt enorme Performance, wenn der Krach bei der Arbeit stört?

Apples Aufpreise für mehr RAM und SSD-Kapazität sind weiterhin krass übersteigert: Für einen Mac mini im Vollausbau kann man 5444 Euro loswerden. Ein Mac Studio ist ähnlich teuer. Ein Silberstreif am Horizont ist das grundsätzlich wechselbare SSD-Modul. *(ciw@ct.de)*

### Literatur

- [1] Florian Müssig, Neurale Notebooks, Notebooks mit Prozessoren von AMD, Apple, Intel und Qualcomm im Vergleich, c't 1/2025, S. 18
- [2] Christof Windeck, Blitz einschlag, Thunderbolt 5 startet in Macs und Gaming-Notebooks, c't 27/2024, S. 126

## Apple Mac mini mit M4 oder M4 Pro

Gerät	Mac mini M4 (2024)	Mac mini M4 Pro (2024)
Hersteller	Apple, apple.com/de	Apple, apple.com/de
CPU	Apple M4, 10 Kerne (4P + 6E), 4,5 GHz	Apple M4 Pro, 14 Kerne (10P + 4E), 4,5 GHz
RAM (max.)	16 GByte LPDDR5X (32 GByte)	24 GByte LPDDR5X (64 GByte)
RAM-Transferrate	120 GByte/s	273 GByte/s
GPU / NPU (im SoC integriert)	10 Kerne / 38 Tops	20 Kerne / 38 Tops
SSD (max.)	256 GByte (2 TByte)	512 GByte (8 TByte)
Ethernet	1 Gbit/s	10 Gbit/s (+ 150 €), auch 2,5 & 5 Gbit/s
WLAN / Bluetooth	Wi-Fi 6E (2400 Mbit/s brutto), Bluetooth 5.3	
Maße (B x H x T)	12,7 cm x 5 cm x 12,7 cm (15,7 cm mit Stromstecker)	
Anschlüsse vorne	2 x USB-C (10 Gbit/s), Audio-Klinke	
Anschlüsse hinten	1 x HDMI 2.1, 3 x USB4/TB4, 1 x RJ45, Netzspannung	1 x HDMI 2.1, 3 x USB4/TB5, 1 x RJ45, Netzspannung
Gewicht, Stromkabel	650 Gramm, 1,80 m	730 Gramm, 1,80 m
<b>Elektrische Leistungsaufnahme, weitere Messungen</b>		
Soft-off / Leerlauf	0,1 / 1,7 Watt	0,1 / 3,3 Watt
Volllast CPU	32 Watt	79 Watt
Geräusch Leerlauf / Volllast	< 0,1 / < 0,1 sone (⊕⊕)	< 0,1 / 1,8 sone (○)
Basispreis / Testgerät	699 € / 699 €	1649 € / 2224 €
Zusatzoptionen Testgerät	–	14-Core-CPU (230€), 1 TByte SSD (230€), 10GE (150€)

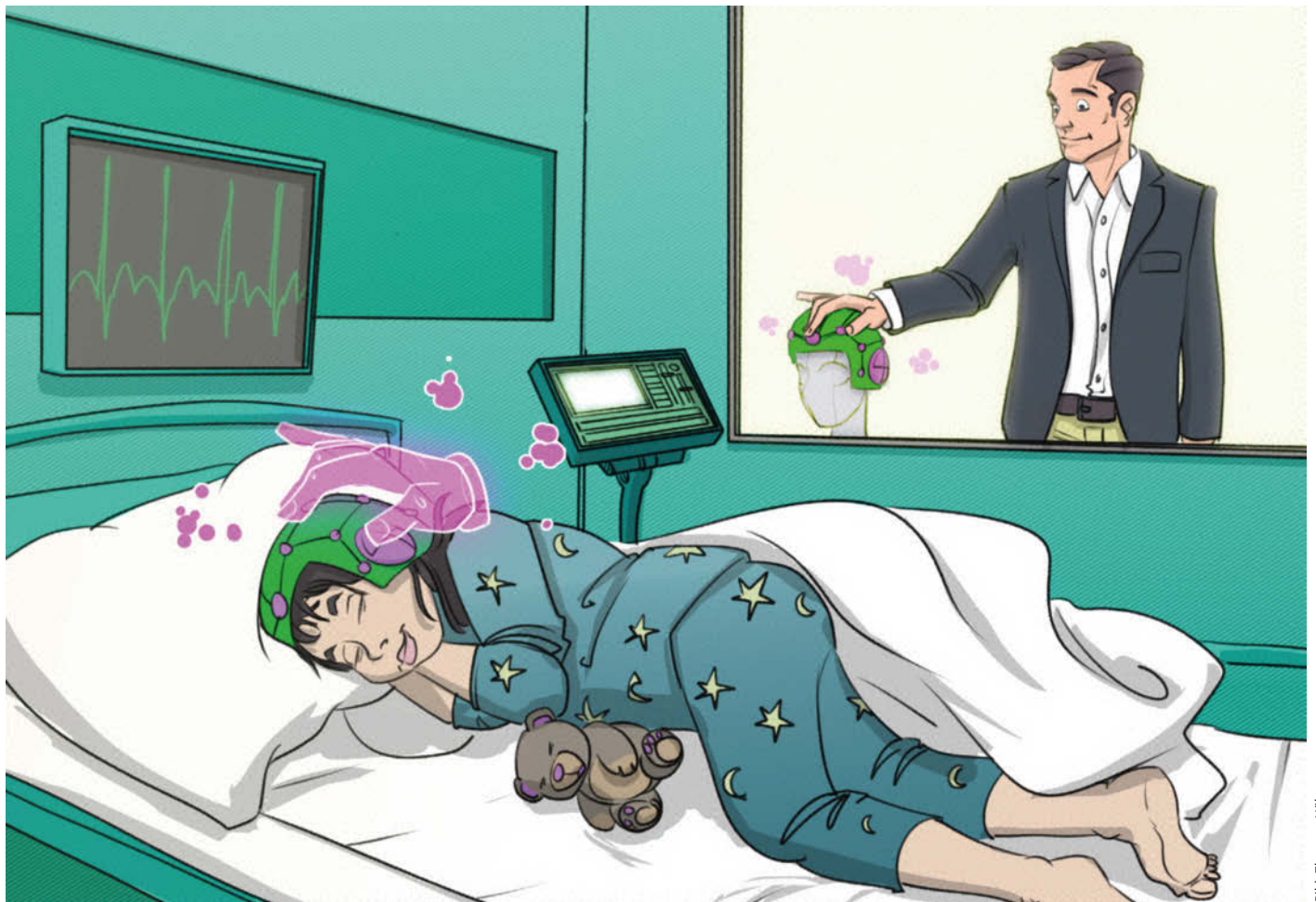


Bild: Thorsten Hübner

# Du bist nicht allein

## Berührungssensitive und elektrisch verformbare Textilien sollen Streicheleinheiten übermitteln

**Smart Materials in Textilien könnten in Zukunft Streicheleinheiten aufnehmen und online übermittelte Berührungen wiedergeben. Forscher versprechen sich davon menschliche Nähe auf Entfernung.**

Von Arne Grävemeyer

**M**enschen begegnen einander heute oft auf Entfernung, besprechen sich mehr und mehr in Videokonferenzen oder treffen sich in virtuellen Räumen. Ganz

ohne Berührungsgesten kommt ein Mensch aber nicht dauerhaft aus, wenigstens ab und zu braucht man mal ein Schulterklopfen oder Streicheleinheiten. Smarte Textilien sollen in Zukunft eine Möglichkeit eröffnen, sich in virtuellen Räumen gegenseitig zu berühren. Dabei dienen elektroaktive Polymere (EAP), also Kunststoffe, die bei angelegter elektrischer Spannung ihre Form verändern, als Sensoren und zugleich als Aktoren.

Besonders schwierig ist die seelische Situation für Kleinkinder in medizinischer Quarantäne, deren geschwächtes Immunsystem nicht einmal Besuche der Eltern erlaubt. Im Projekt Multi-Immerse entwickeln Projektpartner an der Universität des Saarlands, der Hochschule für Technik

und Wirtschaft des Saarlands, am Saarbrücker Zentrum für Mechatronik und Automatisierungstechnik (ZeMA) sowie am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) gemeinsam virtuelle Räume, die alle Sinne ansprechen. Paul Motzki will mit seinem Team am ZeMA Kleidungsstücke beisteuern, die körperliche Nähe übertragen sollen.

Die Forscher am ZeMA arbeiten mit EAP in Form von dielektrischen Elastomeren (DE). Konkret setzen sie Silikonfolien ein, nur 50 Mikrometer stark und damit etwa so dünn wie eine Frischhaltefolie. Die bedrucken sie auf beiden Seiten mit Carbon Black, einer Art leitfähiger Rußpartikel. Wenn man dort eine elektrische Spannung anlegt, ziehen die Elek-

troden auf beiden Seiten der Folie einander an. Im Ergebnis wird die inkompressible Folie dadurch dünner, dafür wächst sie in Länge und Breite. Ohne Spannung kehrt das Silikon wieder in seine Ausgangsform zurück. Dieser Vorgang ist millionenfach wiederholbar und lässt sich sogar in schnellen Frequenzen von 80 bis 200 Hertz schalten. Damit die Veränderungen aber auf der Haut zu spüren sind, benötigen die Forscher noch einen Kniff.

### Luftpolster erzeugen spürbare Vibrationen

Sie haben Luftkammern konstruiert, auf der Oberseite abgeschlossen durch das dielektrische Elastomer und auf der unteren, dem Körper zugewandten Seite durch eine passive dehnbare Folie. Wenn man nun oben eine elektrische Spannung anlegt, dehnt sich das DE aus und die passive Folie an der Haut erschläft. Ohne Spannung zieht sich das DE wieder zusammen und die passive Folie wird wegen des Luftdrucks in der Kammer wieder straff. „Damit die Vibrationen auf der Haut spürbar sind, brauchen wir Hübe von 0,2 bis 0,5 Millimeter, die können wir auf diese Weise erzeugen“, berichtet Motzki. Über den voreingestellten Druck in der Luftkammer lässt sich sogar individuell einstellen, wie stark die Vibrationen zu spüren sind.

Derzeit fahren die Forscher am ZeMA Tests mit unterschiedlichen Gasen in den Luftkammern und verschiedenen Drücken für die mechanische Vorspannung. Weitere Parameter sind die Steifigkeit der Membranen, die Spannungsamplitude und die Frequenz, mit der das DE geschaltet wird. Das nächste Ziel besteht darin, Textilien mit zahlreichen kleinen Luftpolstern zu übersäen, die der Anwender über eine zentrale Vorspann-Druckluftversorgung nach seinem persönlichen Empfinden einstellen kann. Damit wird es dann möglich, Streichbewegungen nachzubilden, die sich in verschiedene Richtungen ausbreiten.

Einen ersten Prototyp für solche Anwendungen hat das ZeMA bereits im Herbst auf Konferenzen vorgestellt. Dabei handelt es sich um eine Unterarmmanschette, die drei noch etwas klobige, große Luftkammern trägt. Die Manschette ist zunächst aus Elastomer gefertigt, die Luftkammern haben 3D-gedruckte Gehäuse. In Zukunft hoffen die Forscher, mit Herstellern funktioneller Textilien zusam-

**Der Prototyp einer Unterarmmanschette mit drei Luftkammern kann erstmals online übertragene Streichbewegungen in einer Richtung wiedergeben.**



Bild: ZeMA

menzuarbeiten. Erfahrung mit integrierten Membranen in hautfreundlichen Kleidungsstücken kann hilfreich sein, wenn es darum geht, eine Vielzahl kleinerer Luftpolster in einer Zwischenschicht zu produzieren.

### Aktor und Sensor zugleich

Eine Besonderheit von DE als Smart Material: Sie erzeugen nicht nur aktorisch Bewegung, sondern können zugleich als Sensoren Druck und Bewegungen messen (siehe Grafik auf S. 77). Mit Elektroden auf der Ober- und Unterseite kann man ein DE als einen Kondensator betrachten. In dem Moment, in dem man die Silikonfolie zusammendrückt oder dehnend auseinanderzieht, ändert sich der Abstand der Elektroden voneinander und damit messbar auch die Kapazität dieses Kondensators. Der Sensor verzeichnet somit Stärke und Dauer einer Berührung, mehrere Sensoren nebeneinander geben Auskunft über flächige Kontakte und die Richtung einer Streichbewegung.

Um die komplexen Daten nicht nur eines Sensors, sondern sogar eines ganzen Sensorfelds zu interpretieren, arbeiten die Entwickler am ZeMA inzwischen mit Datenmodellen, also mit angepassten neuronalen Netzen. „Datengetriebene Modelle helfen uns, die Sensorsignale in Echtzeit zu interpretieren und weiterzugeben. Das ist für uns vor allem eine Frage der Rechenzeit“, sagt Motzki. Es gibt auch physikalische Modelle, die das Verhalten der Sensoren sehr genau widerspiegeln, aber die haben sich als sehr rechenintensiv erwiesen und überfordern die kleinen Mikrocontroller, die die Wearables nutzen. Die datengetriebenen Modelle arbeiten dagegen extrem effizient und schnell.

### Umarmung im virtuellen Raum

Das Projekt Multi-Immerse erstreckt sich über fühlende und streichelnde Manschetten oder Jacken hinaus auf Begegnungsräume in der virtuellen Welt. Die Projektpartner entwickeln gemeinsam Räume, Avatare und die Übergabe der Daten vir-

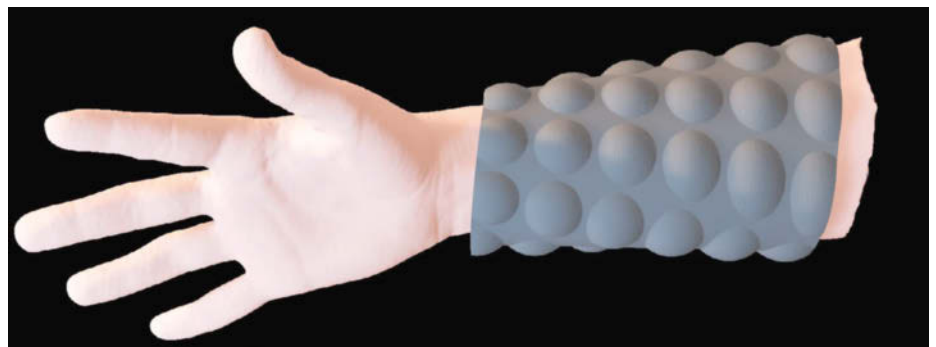


Bild: ZeMA

**Ausgestattet mit vielen kleineren Luftpolstern, jeweils mit dielektrischem Elastomer an der Außenseite und einer passiven Membran an der Innenseite, sollen smarte Textilien wie diese Manschette einmal komplexe menschliche Berührungen auf der Haut wiedergeben können.**



tueller Berührungen an die haptische Schnittstelle auf der Haut.

Derzeit ist das Projekt terminiert bis Ende 2025. Bis dahin können die Partner aber nur erste Demonstrationsmodelle fertigstellen, schätzt Motzki. Aus diesem Grund verfassen die Beteiligten zur Zeit Folgeanträge, um das Projekt weiterführen zu können. In einem Zeitraum von vier bis sechs Jahren werde es dann möglich sein, realitätsnahe Prototypen zu bauen, mit denen Eltern ihre kleinen Kinder auf der Quarantänestation tatsächlich virtuell besuchen und ihnen beispielsweise die Hand auf die Schulter legen können.

Die Gefahr, dass ein Mensch im virtuellen Raum zu hart angefasst werden könnte und etwa blaue Flecke davonträgt, ist laut Motzki gering. Die eingesetzte DE-Folie ist für größere Kräfteinwirkungen nicht geeignet. Außerdem lassen sich unangenehme Überraschungen schon in der Entwicklung ausschließen, indem man einen geeigneten Druck für die Luftpolster voreinstellt und eine passende Membranstärke wählt. Allerdings wollen die Forscher derzeit noch versuchen, die am DE erforderlichen elektrischen Spannungen zu senken. Derzeit arbeiten sie mit Spannungen im Bereich von 2 Kilovolt. Das ist zwar bei nur geringem Stromfluss nicht gefährlich: Jeder Wollpulli kann beim An- und Ausziehen höhere Spannungen erzeugen. Gleichwohl soll sich der Anwender vor Durchschlägen und Kurzschlüssen sicher fühlen können.

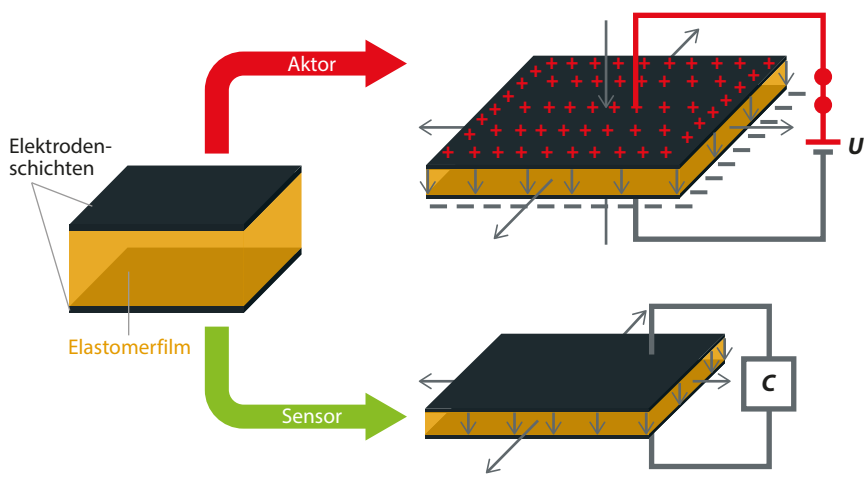
### Vielversprechende Folie

Das eingesetzte DE in Folienform hat sich inzwischen als Grundlage für weitere Anwendungen durchgesetzt. Es ist ein robustes und chemisch sowie thermisch unproblematisches Material, das auf elektrische Signale ohne große Verzögerung anspricht, die Physiker sprechen von einer geringen Hysterese.

Am ZeMA arbeitet man seit einiger Zeit mit Silikonfolien von Wacker Chemie, die man am Institut selbst mit Elektroden-schichten bedruckt. Unter dem Markennamen Nexipal bietet Wacker seit 2023 selbst ein DE-Material an: Silikonfolien unterschiedlicher Stärken zwischen 10 und 400 Mikrometer, in mehreren Lagen übereinander und jeweils mit Elektroden beschichtet. Wacker bezeichnet diese geschichteten Foliensysteme im Handel als Laminate. Die gibt es entsprechend ihrer Funktion als aktorische Komponente

## Sensor und Aktor in einem

Ein dielektrisches Elastomer bestehend aus einem Elastomerfilm, der auf beiden Seiten mit dehnbaren leitfähigen Elektroden bedruckt ist, lässt sich zugleich als Aktor und als Sensor einsetzen. Bei angelegter Spannung ziehen die Elektrodenflächen einander an und quetschen die Membran flacher und breiter. Anders betrachtet ist das dielektrische Elastomer ein Kondensator und verändert auf Druck messbar seine Kapazität.



unter der Marke Nexipal Act und als sensorische Folie unter dem Namen Nexipal Sense.

DE-Aktoren lassen sich prinzipiell sehr klein konstruieren, was ihren Einsatz im Automobil, in der Robotik, in der Elektroindustrie oder der Medizintechnik interessant macht. „Die Folien können als leichter, kleiner Ersatz für Elektromagneten in Aktoren dienen, beispielsweise in der Ventiltechnik. Oder man kann mit den Folien einfache, energieeffiziente Pumpen konstruieren“, sagt Motzki.

Auf der anderen Seite berichtet Wacker, dass Nexipal Sense bereits in einer Reihe von Sensoren steckt, die durch Druck verformt werden und kapazitive Änderungen proportional zur Kraft messen. Die Laminate finden so beispielsweise Anwendung in Dehnungs- und Drucksensoren, wo sie Temperaturen zwischen  $-40$  und  $+180$  °C vertragen.

Matelligent, eine Ausgründung des Intelligent Material Systems Lab an der Universität des Saarlands, beschäftigt sich ebenfalls mit der Entwicklung von Systemen auf der Basis dielektrischer Elastomere. Das Start-up hat zunächst Sensoren für den Leistungssport entwickelt, Textilien und Wearables für Shirts und Brustgurte beispielsweise sowie sensorische Schuhsohlen. Ein Pilotkunde entwickelt Textilien, die Gelenkwinkel und -bewe-

gungen tracken können, um damit Physiotherapie online anbieten zu können.

### Interesse der Gaming- und Erotikbranche

Bereits im Frühjahr 2024 haben die ZeMA-Forscher ihre Multi-Immerse-Zwischenergebnisse auf der Hannover Messe präsentiert und damit bei Unternehmen unterschiedlicher Art Interesse geweckt. Die möglichen Einsatzgebiete reichen von neuen Ideen für Computerspiele der Zukunft bis hin zu erotischen Anwendungen. „Die Herausforderung besteht darin, die Basistechnologie zu einem marktreifen Produkt weiterzuentwickeln“, sagt Motzki. Diese Hürde scheint den meisten Interessenten bisher noch zu hoch.

Mit der Weiterentwicklung des Projekts Multi-Immerse dürfte es aber nur eine Frage der Zeit sein, bis Spieleentwickler die entstehenden smarten Textilien als Vorbild nehmen, um Gamer auch haptisch in ihre Spielwelten und Abenteuer zu entführen, und das nicht nur wie bisher über vibrierende Paddles, sondern durch die wirklichkeitsnahe Wiedergabe menschlicher Berührungen. Und was im Projekt als moralische Hilfe für erkrankte Kinder konzipiert wurde, könnte mittelfristig auch im Erotikmarkt virtuelle Onlinetreffen mit einem besonderen Kitzel versehen.

(agr@ct.de) **ct**



# Durchgestartet

## Intels Spielergrafikkarten Arc B580 „Battlemage“

**Intel schickt seinen Battlemage gegen die Grafikkarten mit Nvidia GeForce RTX 4060 sowie AMD Radeon RX 7600 in die Schlacht um des Käufers Gunst. Die Arc B580 kostet nur 249 US-Dollar plus Steuern, muss im c't-Labor aber nicht nur ihre gute Performance beweisen.**

Von Carsten Spille

**Z**u Intels Battlemage-Referenzkarte „Limited Edition“ gesellt sich für unseren Test die Asrock Arc B580 Steel Legend OC. Bei Ersterer dürfte der Name zumindest in den ersten Tagen Programm sein. Die Arc B580 ist deutlich flotter als ihre Vorgängerinnen der Arc-A-Serie und

bietet Reserven für flüssige Bildraten in WQHD-Auflösung. Dort soll ihr der vergleichsweise große Grafikspeicher den entscheidenden Vorteil gegenüber GeForce RTX 4060 und Radeon RX 7600 verschaffen.

Das knapp 30 Zentimeter lange und mit drei Lüftern bewehrte Asrock-Modell ist weiß, ragt in den dritten Steckplatz hinein und hat eine schicke, auf Wunsch abschaltbare RGB-LED-Beleuchtung. Sie benötigt zwei Achtpin-Anschlüsse vom Netzteil. Die etwas kürzere, komplett in Schwarz gehaltene Intel-Karte hat einen flacheren Kühler mit zwei Lüftern und einen unaufdringlichen LED-Schriftzug. Ihr genügen zwei Steckplätze und ein einzelner Achtpin-Anschluss.

Beide Karten haben je 12 Gigabyte Grafikspeicher. Der BGM-G21-Grafikchip taktet bei Intel typischerweise mit 2670 Megahertz, bei Asrock mit 2800. Im Test lagen beide jedoch meist wie festgetackert

bei 2850 MHz, sodass sich kein signifikanter Performanceunterschied in Spielen einstellte. In den Balkendiagrammen stellen wir die Karten daher zusammengefasst dar.

Beide Arc B580 steuern zeitgemäß bis zu vier 4K-Bildschirme zugleich an und haben dafür je eine HDMI-Buchse und drei DisplayPorts. Der HDMI erfüllt die 2.1a-Spezifikation und soll entsprechend sogar 8K-Displays mit 120 Hertz befeuern können – mangels passendem Monitor konnten wir das nicht ausprobieren. Die als „bis zu“ beworbene Bitrate von 13,5 Gbit/s pro Lane (UHBR13.5) schafft indes nur einer der drei (er liegt mittig und ist mit einer Umrandung gekennzeichnet); die anderen beiden sind auf UHBR10 begrenzt, was immerhin für 4K144 genügt. Intel sagte auf Nachfrage, dass die Partner bei ihren Karten selbst entscheiden, ob sie ebenfalls einen DP mit UHBR13.5 anbieten; Asrock tut das bei der „Steel Legend“.

Die CPU-Entlastung bei Videowiedergabe und -Encoding ist auf dem hohen Niveau des Vorgängers und umfasst auch AV1-Encoder und weitere moderne Formate.

Für Aufrüster älterer PCs eignen sich die Arc B580 wie schon ihre Vorgänger nur bedingt. Intel nennt als Minimum die Core-i-10000-Generation mit einem Chipsatz der 400er-Serie und funktionierender „resizeable Bar“-Option im BIOS-Setup, alternativ zumindest einen Ryzen 3000 (nicht G!) mit 500er-Chipsatz und der Funktion „Smart Access Memory“.

Die Treiberqualität hat weiter zugenommen, lediglich die Übertaktungsfunktionen können noch eine Runde Feinschliff vertragen. Während des Testzeitraums schob Intel eine neue Version der Steuerungssoftware und zwei Treiber mit Bugfixes nach – sie behoben unter anderem Bildfehler im Rollenspiel Dragon Age: The Veilguard.

### Unklare Vorfeld-Preise

Auch wenn Intel mit der „Limited Edition“ eine eigene B580-Karte auf den Markt bringt, will der Hersteller keine unverbindliche Preisempfehlung in Euro abgeben. Rechnerisch könnte man von circa 270 Euro ausgehen, wenn man auf den US-Preis den Wechselkurs und die Einfuhrumsatzsteuer aufschlägt. Die bereits im Preisvergleich aufgeführten Partnerkarten wie die Asrock B580 Steel Legend lagen im Vorfeld jedoch bei 320 Euro und mehr. In dieser Preisregion ist jedoch auch schon die mit 16 GByte Grafikspeicher ausgestattete Radeon RX 7600XT unterwegs. Die endgültige Beurteilung der Arc B580 steht und fällt damit, wo sich der Preis einpendelt.

Das wiederum hängt davon ab, wann die für Anfang 2025 erwartete neue GeForce- und Radeon-Generation auf den Markt kommt und welche Preise AMD und Nvidia dafür haben wollen. Sind GeForce RTX 5060 und Radeon RX 8600 deutlich flotter als die Vorgänger, muss auch Intel den Preis senken. So gesehen hat Intel den Zeitpunkt der B580-Vorstellung geschickt gewählt und muss nur gegen die alte Garde der Konkurrenz antreten.

### Leistungsschau

Machen wir’s kurz: Unsere Benchmarks zeigen klar, dass die Arc B580 nicht nur mit Intels Vorgängergeneration kurzen Prozess macht, sondern auch gegen Radeon RX 7600 und GeForce RTX 4060 durchweg gewinnt – egal ob mit oder ohne

## Leistung Intel Arc B580 ohne Raytracing

Prozessoren	AIDA GPGPU Double- / Single-Precision [GFLOPS]	A Plague Tale: Requiem <sup>1</sup> Minimum / Durchschnitt [fps]	F1 22 <sup>2</sup> Minimum / Durchschnitt [fps]	Shadow of the Tomb Raider <sup>3</sup> Minimum / Durchschnitt [fps]
	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶
<b>Full-HD-Auflösung (1920 × 1080)</b>				
Intel Arc B580	– / –	42/59	147/190	108/155
Intel Arc A750	– / –	32/43	86/117	67/107
Intel Arc A770 LE	– / –	36/47	134/172	83/117
AMD Radeon RX 7600	– / –	38/48	139/181	108/143
Nvidia GeForce RTX 4060	– / –	40/49	138/176	113/150
<b>WQHD-Auflösung (2560 × 1440)</b>				
Intel Arc B580	– / –	27/38	118/143	82/109
Intel Arc A750	– / –	27/33	84/112	55/79
Intel Arc A770 LE	– / –	30/36	106/128	64/86
AMD Radeon RX 7600	– / –	23/29	103/125	71/90
Nvidia GeForce RTX 4060	– / –	25/30	99/119	77/98
<b>Ultra-HD-Auflösung (3840 × 2160)</b>				
Intel Arc B580	898/14363	14/19	71/78	48/60
Intel Arc A750	0 <sup>4</sup> /11211	14/17	38/62	33/44
Intel Arc A770 LE	0 <sup>4</sup> /13027	15/19	67/72	40/48
AMD Radeon RX 7600	376/11092	12/15	53/65	34/42
Nvidia GeForce RTX 4060	263/15176	14/17	57/62	38/47

Minimum: P1-Perzentil, d. h. 99 Prozent der Bildrate ist höher. Gemessen auf Ryzen 9 5900X, 32 GByte DDR4-3600; Windows 11 23H2, VSync aus  
<sup>1</sup> Detailstufe Ultra, RT aus, Resolution Optimizer Ultra Quality, DLSS aus <sup>2</sup> „Ultrahoch“, HBAO+, Raytracing aus, TAA+ FFX-Sharpener, 16:1 aniso. Filter <sup>3</sup> „Ultrahoch“, DirectX 12, exkl. Vollbild, DLSS aus, Anti-Aliasing: SMAA <sup>4</sup> nicht unterstützt

## Leistung Intel Arc B580 mit Raytracing

Prozessoren	Avatar – Frontiers of Pandora <sup>1</sup> Minimum / Durchschnitt [fps]	Cyberpunk 2077 <sup>2</sup> Minimum / Durchschnitt [fps]	F1 23 <sup>3</sup> Minimum / Durchschnitt [fps]	Shadow of the Tomb Raider <sup>4</sup> Minimum / Durchschnitt [fps]
	besser ▶	besser ▶	besser ▶	besser ▶
<b>Full-HD-Auflösung (1920 × 1080)</b>				
Intel Arc B580	45/55	31/36	50/67	68/97
Intel Arc A750	37/43	20/26	51/57	41/68
Intel Arc A770 LE	36/45	26/29	55/62	56/77
AMD Radeon RX 7600	32/41	17/19	36/49	46/79
Nvidia GeForce RTX 4060	44/53	30/34	53/59	67/96
<b>WQHD-Auflösung (2560 × 1440)</b>				
Intel Arc B580	31/37	19/22	32/41	51/68
Intel Arc A750	27/31	12/14	31/35	34/48
Intel Arc A770 LE	27/32	16/18	34/39	42/55
AMD Radeon RX 7600	21/27	10/12	24/29	30/50
Nvidia GeForce RTX 4060	30/34	15/17	31/35	41/59

Angaben in Bildern pro Sekunde (fps). Minimum: P1-Perzentil, d. h. 99 Prozent der Bildrate ist höher. Gemessen auf Ryzen 9 5900X, 32 GByte DDR4-3600; Windows 11 23H2, VSync aus <sup>1</sup> „Ultra“, TAA <sup>2</sup> „RT Ultra“, FSR/DLSS/XeSS aus <sup>3</sup> „Ultrahoch“, HBAO+, Raytracing „Hoch“, TAA+ FFX-Sharpener, 16:1 aniso. Filter <sup>4</sup> „Ultrahoch“, DirectX 12, exkl. Vollbild, DLSS aus, Anti-Aliasing: SMAA, Raytracing-Schatten „Ultrahoch“

Raytracing, ob in Full-HD-Auflösung oder in der höheren WQHD-Auflösung mit 2560 × 1440 Pixeln. Erst die schnellere, aber deutlich teurere GeForce 4060 Ti läge in einigen der Messungen vorn, hat aber nur 8 GByte Grafikspeicher.

Bei allem Jubel ist die Karte für die Ultra-HD-Auflösung zu schwach. Selbst ohne leistungsfressende Raytracing-Effekte schafft die B580 mit 3840 × 2160 Pixeln nur im Rennspiel F1 22 und im älteren Shadow of the Tomb Raider flüssige Bildraten oberhalb von 60 Durchschnitts-Fps. Abhilfe kann der KI-gestützte Upsca-

ler XeSS schaffen, der in Version 2 auch Zwischenbildberechnung (Frame Generation) unterstützt. Die Technik auch im Vergleich zu Nvidias DLSS und AMDs FSR schauen wir uns in einer der kommenden Ausgaben genauer an.

### Lautheit und Leistungsaufnahme

Einer der großen Kritikpunkte an der Arc A-Reihe war die unzeitgemäß hohe Leistungsaufnahme im Leerlauf, also wenn die Karte lediglich den Windows-Desktop anzeigen musste. Zwar gab es ein paar Tricks, wie Native PCIe-Powermanagement per

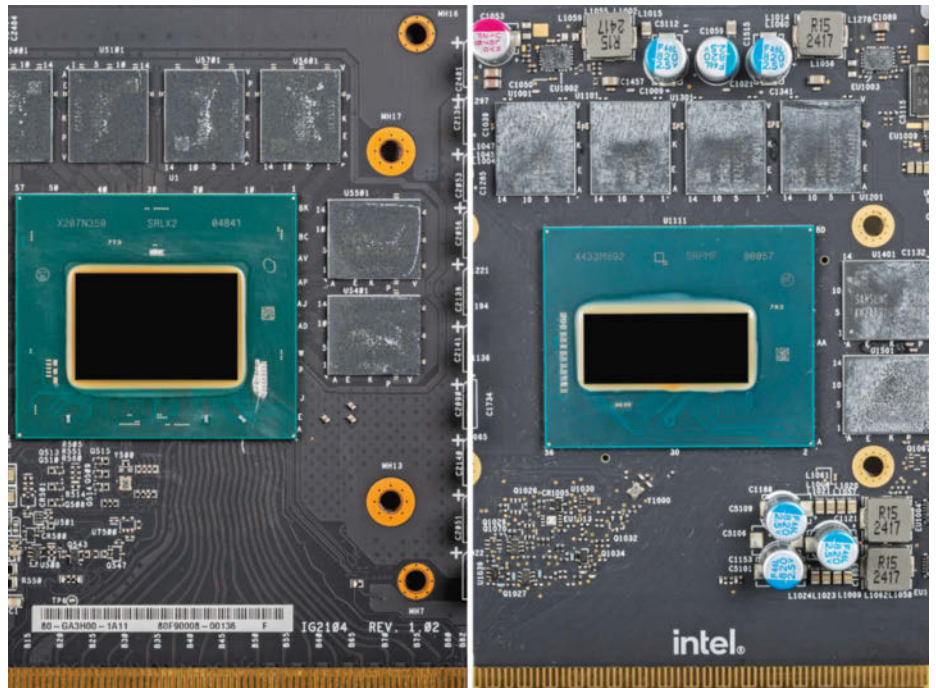


ASPM im BIOS-Setup anzuschalten und in den Windows-Energiesparplänen die „Verbindungszustand-Energieverwaltung“ für PCI-Express auf „Maximale Energieeinsparungen“ zu setzen, doch das funktioniert bei Weitem nicht in allen Fällen. So auch nicht auf unserem Testsystem und diversen anderen von uns ausprobierten PCs.

Das kann Intels Arc B580 inzwischen besser. Ohne diese Tricks lag die Idle-Leistungsaufnahme zwar noch immer bei 37 bis 42 Watt, egal ob ein Full-HD-Display mit 60 Hertz angeschlossen war, ein 4K144-Bildschirm oder ein gemischtes Dreiergespann. Mit den genannten Einstellungen brauchten beide Arc B580 für ein FHD60-Display knapp über 5 Watt, für deren zwei 8 Watt und bei dreien rund 17 Watt. 4K-Bildschirme lagen bei 21 (1 Bildschirm) bis 23 Watt (2 Monitore), mit 120 Hertz sogar bei 26 Watt. Mit 144 Hertz in 4K oder im Mischbetrieb blieben die Energiespartricks nahezu wirkungslos.

Ebenso beeinflussten sie nicht den Stromdurst der Karte unter Last. Der lag in 3D-Szenen bei bis zu 185 Watt und damit knapp unterhalb der von Intel eingestellten Total Board Power von 190 Watt; einzelne Spitzen im Millisekundenbereich sprengten knapp die 200-Watt-Marke. Im Volllasttest mit Furmark maßen wir bei der Intel-Karte 207 Watt mit Spitzenauslägen von 225 Watt, was genau der offiziellen Grenze von PEG-Steckplatz und dem einsamen Achtpin-Stromanschluss der Karte entspricht. Asrocks Steel-Legend-Modell brauchte mit bis zu 222 Watt (Spitze: 249 Watt) schon einige Watt mehr, was auch den zweiten Achtpol-Anschluss erklärt.

Dass die Intel-Karte dabei am Limit arbeitete, zeigte auch der Taktverlauf. Der lag in Spielen und den 3D-Tests wie erwähnt bei 2850 MHz, also 180 MHz über



Der neue BGM-G21-Chip (rechts) ist viel kleiner als sein Vorgänger (links), leistet aber durch bessere Architektur und höheren Takt deutlich mehr.

der avisierten „Game Clock“ als Durchschnitts-Boost in Spielen. Im Furmark musste die Karte allerdings runter auf 2700 MHz, lag damit aber immer noch über Intels Versprechen. Asrocks stromdurstigere Steel Legend hielt auch im Furmark die 2850 MHz stoisch.

Nicht am Limit arbeitet Intels Kühlsystem. Im Leerlauf stehen wie üblich die Lüfter meist still und erzeugen dann kein Geräusch. Da sie bei 46 Grad Celsius zu drehen beginnen, liefen sie im Test sporadisch mit unhörbaren 600 U/min kurz an. Das steigerte sich unter Volllast auf bis zu 1500 U/min, aber selbst damit war die Karte nur schwach aus dem Gehäuse heraus zu hören. Unser Messgerät im schallarmen Raum zeigte sehr gute 0,5 sone an,

selbst die Kontrollmessung mit geöffneter Seitenwand erbrachte nur 0,1 sone mehr – sehr schön. Noch besser machte es die Asrock-Karte, deren Lüfter im Leerlauf zwar auch vereinzelt anliefen (360 U/min), aber unter Last nur mit höchstens 1020 U/min (0,2 sone) drehten.

### Xe2-Core – das neue Herz des Kampfmagiers

Intel hat die Ausführungseinheiten für Battlemage stark überarbeitet. Der Chip ist ein Drittel kleiner als sein Vorgänger, bringt dank modernerem N5-Fertigungsprozess bei TSMC, also nicht in Intels eigenen Fabs, aber 95 Prozent der Transistoren des Vorgängers unter. Die verteilt Intel auf weniger, dafür aufgebohrte Einheiten. Die verbesserte Technik erklären wir im folgenden etwas ausführlicher, da sie zusammen mit dem deutlich angehobenen Takt die Leistung steigert.

Den Hauptteil der Arbeit erledigen die Xe2-Cores. Darin sitzen unter anderem die Shader-Rechenwerke, die Raytracing- und die XMV-Einheiten. Acht der von Intel XVE genannten SIMD16-Vektoreinheiten bilden zusammen mit je einer XMV-Einheit sowie achtfachem Registersatz, Lade- und Speicherfunktionsblöcken, einem Instruktionscache und 256 statt zuvor 192 kByte Allzweckcache (L1 und Shared Local Memory) den Xe2-Core.

## Spielergrafikkarten mit Arc B580 – Leistungsaufnahme und Lautheit

Grafikkarte	Lautheit		Leistungsaufnahme		
	Leerlauf [sone <sup>1</sup> ]	3D-Volllast [sone <sup>2</sup> ]	Leerlauf [W <sup>3</sup> ]	3D-Dauervolllast [W]	Spitzenwerte [W <sup>4</sup> ]
	◀ besser	◀ besser	◀ besser	◀ besser	◀ besser
Intel Arc B580 Limited Ed. (ASPM an)	◻ <0,1 <sup>5</sup>	◻ 0,5	◻ 5,3/26/37	◻ 207	◻ 225
Intel Arc B580 Limited Ed.	◻ <0,1 <sup>5</sup>	◻ 0,5	◻ 37/39/40	◻ 207	◻ 225
Asrock Arc B580 Steel Legend (ASPM an)	◻ <0,1 <sup>5</sup>	◻ 0,2	◻ 5,2/25/39	◻ 220	◻ 245
Asrock Arc B580 Steel Legend	◻ <0,1 <sup>5</sup>	◻ 0,2	◻ 40/42/43	◻ 222	◻ 249

gemessen unter Windows 11, VSync aus, rBAR an, geschlossenes Gehäuse  
<sup>1</sup> im Leerlauf stehen die Lüfter still und bleiben daher unter unserer Messgrenze von 0,1 sone/ca. 17 dB(A) <sup>2</sup> nach Aufwärmphase  
<sup>3</sup> mit 1 × UHD, 60 Hz / 1 × UHD, 120 Hz / 1 × UHD + 3 × FHD 60 Hz <sup>4</sup> Spitzenausläge im Millisekundenbereich  
<sup>5</sup> Lüfter laufen zwischenzeitlich kurz an (Intel: 600 U/min, Asrock 390 U/min), bleiben aber weiterhin unter 0,1 sone

Die Steuerlogik hat nun drei anstelle von zwei Ports, sodass XMx, Floating-Point oder eine der Integer-, Spezial- oder der neuen doppeltgenauen Gleitkommeeinheiten zugleich beschickt werden können. Die Rechenleistung auf dem Papier ändert sich für Standardoperationen dadurch zwar nicht, aber durch die bessere Auslastung der Rechenwerke und mehr Operationen pro Takt steigt die Performance deutlich.

Speziell XeSS2-Funktionen, die die XMx-Einheiten nutzen, können nun leistungsschonend nebenläufig arbeiten – müssen aber immer noch in das gemeinsame Energiebudget passen. Die XMx-Einheiten beherrschen nun auch das von Nvidia vorangetriebene Tensor-Float-32-Format, was die Portierung von KI-Modellen etwas erleichtern dürfte.

Das Front-End als Steuerzentrum für die Ausführungseinheiten versteht sich jetzt auch auf die Execute-Indirekt-Funktion. Die wurde im Vorgänger noch unständig emuliert, was mehr Performance kostete, als Intel bei dessen Design dachte.

Das Front-End versorgt die sogenannten Render-Slices mit Arbeit. Es gibt fünf Stück von ihnen statt zuvor acht. Sie stellen gewissermaßen die kleinste, weitgehend eigenständig funktionierende Einheit dar; mit ihrer Zahl skaliert die Architektur von billigen Einsteigerkarten zum teuren High-End.

In den Render-Slices sind auch die Vorstufen der Rechenwerke enthalten, die man für die grafische 3D-Darstellung benötigt: Die Geometrieinheit nimmt Koordinaten im 3D-Raum entgegen, setzt daraus Dreiecke & Co. zusammen und verschiebt oder verzerrt diese. Eine Hierarchical-Z-Vorstufe verwirft große Pixelmengen in kurzer Zeit, die im Bild später nicht sichtbar sind, und spart so Rechenzeit.

Der Rasterizer wandelt die Daten vom stetigen Geometrie- ins Pixelformat des Bildschirms. Die Textureinheiten (Sampler) laden und filtern Texturdaten aus dem Speicher, um die entstehenden Farbwerte auf die Oberflächen anzuwenden. Und die Rasterendstufen (Pixel-Backends) sammeln Pixeldaten, um sie in einem Rutsch in den Level-2-Cache zu schreiben oder Überblendungen durchzuführen.

Dazu gibt es pro Xe2-Core eine Raytracing-Einheit (Strahlverfolgung) die gegenüber dem Vorgänger aufgebohrt wurde, und einen Sortierer (Thread Sor-

ting Unit), der die Cache-Lokalität und damit dessen Effizienz steigert. Der Cache für die Beschleunigungsstrukturen (üblicherweise Bounding Volume Hierarchies, BVH) wurde auf 16 KByte verdoppelt. Er sorgt dafür, dass die mitunter weit verstreuten Speicheradressen die anderen Cache-Stufen weniger vollmüllen.

Intel baut in jeden RT-Core nun drei statt zuvor zwei Pipelines ein. In ihnen wird die BVH durchlaufen und geprüft, ob ein Strahl eine der Boxen der aktuellen Ebene trifft und eine Ebene darunter erneut geprüft werden muss (Traversal). Nach der kleinsten Box-Stufe folgen die individuellen Dreiecke, sogenannte Leafs (Blätter im Verzweigungsbaum). Die Prüfung, ob ein verfolgter Strahl sie trifft, ist aufwendiger, aber nur am Ende des Vorganges nötig, um dann die Beleuchtungssituation festzustellen. Die dafür nötigen, komplexeren Einheiten hat Intel von einer auf zwei verdoppelt.

### Fazit

Anders als ihre Vorgänger legte Intels Battlemage einen guten Einstand hin. Ihr kommt auch zugute, dass Intel beim Marketing den Ball etwas flacher gehalten und

keine Erwartungen geweckt hat, die man hinterher kaum halten konnte.

Bei der B580 hat Intel Fortschritte bei den Energiesparfunktionen gemacht, leider erfordert zeitgemäße Leerlaufsparsamkeit noch immer händische Nachhilfe. Unter Last braucht die Karte absolut gesehen zwar keine Unmengen Strom, allerdings über die Hälfte mehr als die langsamere GeForce RTX 4060. An der Effizienz sollte Intel also weiter arbeiten. Dennoch ist das aufgeschraubte Kühlsystem zu keiner Zeit überfordert und arbeitet vergleichsweise ruhig.

Für einen deutlichen Aufpreis legt Asrock die schickere, leisere Karte im Vergleich zu Intels Limited Edition vor. Unter Vollast hält sie etwas höhere Taktraten, braucht dafür aber noch mehr Strom.

Die Performance beider Karten gegenüber der avisierten Konkurrenz aus GeForce RTX 4060 und der Radeon RX 7600 überzeugt nicht nur dank des größeren Grafikspeichers, sondern auch wegen des geschickt gewählten Zeitpunkts der Einführung. Es bleibt abzuwarten, ob Intel hier einen Paperlaunch mit kaum verfügbarem Produkt aus genau diesem Grunde hinlegt und was die Karten bei breiter Verfügbarkeit schließlich kosten. (csp@ct.de) **ct**

## Spielergrafikkarten mit Intel Arc B580

Hersteller, URL	Asrock, asrock.com	Intel, intel.de
Modell / Produktnummer	ASRock Arc B580 Steel Legend 12GB OC / 90-GA5CZ-00UANF	Intel Arc B580 Limited Edition / –
GPU / Fertigung / Transistoren	BMG-G21 / TSMC N5 / 19,6 Mrd.	BMG-G21 / TSMC N5 / 19,6 Mrd.
BIOS-Version / UEFI-tauglich	23.0.1051 / ✓	23.0.1051 / ✓
Schnittstellen, APIs	DirectX 12 Ultimate (SM 6.9), OpenGL 4.6.0, OpenCL 3.0, Vulkan 1.3.295	DirectX 12 Ultimate (SM 6.9), OpenGL 4.6.0, OpenCL 3.0, Vulkan 1.3.295
Shader / TMU / ROP / RT / MMA	2560 / 160 / 80 / 20 / 20	2560 / 160 / 80 / 20 / 20
GPU-Takt: Basis / typ. Boost / max. Boost	k.A. / 2800 / 2850 MHz	k.A. / 2670 / 2850 MHz
Speichermenge / -typ (-durchsatz)	12 GByte / GDDR6 (456 GByte/s)	12 GByte / GDDR6 (456 GByte/s)
TDP / Stromversorgung / PCIe	190 Watt / 2 × 8-Pin / 4.0 x8	190 Watt / 1 × 8-Pin / 4.0 x8
Länge × Höhe × Breite / Gewicht	294 mm × 131 mm × 51 mm / 952 g	274 mm × 113 mm × 42 mm / 786 g
Ausstattung		
Displayausgänge	3 × DP 2.1 (1 × UHBR13.5, 2 × UHBR10), 1 × HDMI 2.1a	3 × DP 2.1 (1 × UHBR13.5, 2 × UHBR10), 1 × HDMI 2.1a
Lüfter / Stillstand im Leerlauf	3 × 89 mm / ✓ <sup>1</sup>	2 × 85 mm / ✓ <sup>1</sup>
Besonderheiten	ARGB-LED-Beleuchtung (Asrock Polychrome Sync)	beleuchteter Schriftzug an Oberseite
Technische Prüfungen		
3DMark Steel Nomad (DX12) / Port Royal (RT) / Speedway (RT)	3078 / 7914 / 2469 Punkte	3063 / 7851 / 2455 Punkte
Blender 3.6. LTS „Classroom“-Szene	59 s / 47 s (OneAPI / EmbreeGPU)	59 s / 47 s (OneAPI / EmbreeGPU)
Blender 3.6. LTS „Lone Monk“-Szene	482 s / 371 s (OneAPI / EmbreeGPU)	484 s / 372 s (OneAPI / EmbreeGPU)
Bewertungen		
3D-Leistung FHD / WQHD / UHD (mit RT) <sup>2</sup>	⊕⊕ (⊕) / ⊕ (○) / ○ (⊖)	⊕⊕ (⊕) / ⊕ (○) / ○ (⊖)
Geräuschentwicklung Leerlauf <sup>3</sup> / Last	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕
Straßenpreis / Garantie	320 € / 2 Jahre (Abwicklung über Händler)	280 € / 3 Jahre
<sup>1</sup> läuft zwischenzeitlich an, bleibt aber unterhalb der Messgrenze <sup>2</sup> bezogen auf die gewählten Einstellungen <sup>3</sup> ruhender Windows-Desktop mit einem 4K60-Monitor    ✓ funktioniert    – funktioniert nicht    n. v. nicht vorhanden    k.A. keine Angabe ⊕⊕ sehr gut    ⊕ gut    ○ zufriedenstellend    ⊖ schlecht    ⊖⊖ sehr schlecht		





Bild: KI, Collage c't

# Bruchlandung oder Traumstart?

## Microsoft Flight Simulator 2024 im Test

**Nach einem etwas holprigen Start läuft der Flight Simulator 2024 inzwischen glatt. Doch wie spielt er sich insgesamt und was bieten die neuen Kampagnen? Wir haben uns an den Steuerknüppel gesetzt und es ausprobiert.**

Von Martin Fischer, Alexander Spier und Jan Philipp Wöbbeking

**R**und zwölf Millionen Spieler heben regelmäßig in Microsofts Flight Simulator 2020 ab. Die Mitte November erschienene 2024er-Version, kurz FS2024 genannt, ist mehr als ein bloßes Versionsupdate. Microsoft hat die technische Basis umgebaut, sodass nun die allermeisten Daten aus der Cloud streamen. Musste man bislang ein halbes Terabyte Laufwerksplatz bereithalten, schreitet die neue Version nach einer schnellen und stabilen Internetverbindung.

Außerdem hat Microsoft einen Karrieremodus integriert: Spieler können sich nun eine virtuelle Pilotenlizenz, Zertifizierungen und Spezialisierungen erarbeiten, um dann etwa mit Löschflugzeugen Brände zu bekämpfen, Rettungseinsätze zu fliegen, Felder zu düngen oder VIPs zu befördern. Der neue Simulator soll dadurch einerseits mehr Gelegenheitsspieler ansprechen, andererseits aber auch Hardcore-Simmern mehr zu tun geben. Die Simulation kommt dennoch nicht zu kurz: So hat man das Flugverhalten verbessert, was insbesondere beim Fliegen kleinerer Maschinen sowie bei Start und Landung spürbar ist. Außerdem hat Microsoft die Grafik an entscheidenden Stellen verbessert, etwa die Bodendetails, was insbesondere Tieffliegern zugutekommt.

Microsoft hat den Flight Simulator am 19. November weltweit veröffentlicht, Journalisten bekamen vorab keinen Zugang. Um herauszufinden, wie stabil der Simulator direkt bei der Veröffentlichung läuft, haben wir von Beginn an mit mehreren Redakteuren gespielt, getestet und unsere Eindrücke aufgeschrieben. Und:



Obwohl sich Microsoft auch im Gespräch mit heise online vorher optimistisch zeigte, brachen die Server direkt zur Veröffentlichung völlig zusammen, was zu langen Wartezeiten, Grafikfehlern und Abstürzen führte. Die Probleme hielten mehrere Tage an, besserten sich dann aber zusehends und waren spätestens Anfang Dezember gelöst. Die Erfahrung zeigt aber eindrücklich: Bocken die Server, machts keinen Spaß mehr. Wo das Schwierigkeiten bereiten kann, sprechen wir in diesem Artikel noch an.

## Die Editionen

Den Flight Simulator gibt es in vier Editionen, teurere bieten jeweils mehr Flugzeuge und ein paar mehr Flughäfen. Die Standardversion kostet 80 Euro und enthält 70 Flugzeuge, ist aber auch in Microsofts Spieleabo Gamepass enthalten. Über Gamepass können Interessierte erst einmal reinschnuppern, ohne viel Geld für das Spiel hinzulegen. Aufpreise verlangt Microsoft für die Deluxe Edition (110 Euro, 10 Flugzeuge extra) und die Premium Deluxe Edition (140 Euro, 25 Flugzeuge extra). Und wer auch noch Zugriff auf 30 bisher von Microsoft veröffentlichte, kostenpflichtige Marketplace-Flugzeuge haben möchte, muss für die Aviator Edition 220 Euro hinlegen. Flugenthusiasten, die diese Flugzeuge schon für den Flight Simulator 2020 gekauft haben, können sich die Zusatzausgabe sparen, denn sie sind auch im 2024er weiterhin verwendbar. In einer FAQ führt Microsoft eine Übersicht der enthaltenen Flugzeuge auf (siehe [ct.de/yew4](https://ct.de/yew4)).

Das gilt nicht nur für gekaufte Microsoft-Flugzeuge, sondern auch für einen großen Teil weiterer FS-2020-Zusatzin-

halte; bei speziellen Tools oder Flugerverweiterungen dürften Updates der jeweiligen Entwickler notwendig sein. Zusatzinhalte, die die Wettersimulation verändern, könnten Probleme bereiten. Schließlich hat Microsoft eben jene stark überarbeitet, auch um Jahreszeiten abbilden zu können.

## Hardwarevoraussetzungen

Nach der Installation belegen die Basis-spiel-daten des Flight Simulator nur rund 15 bis 17 GByte Laufwerksplatz, viel weniger als der Vorgänger, der schon zu seiner Veröffentlichung weit über 100 GByte Platz benötigte und mittlerweile mit allen World-Updates fast 400 GByte frisst. Allerdings müssen Sie trotzdem mehr als bloß diese 15 GByte reservieren, denn die per Stream aus der Cloud geladenen Daten werden auf der SSD zwischengespeichert. Diesen „Rolling Cache“ können Sie im Spiel einstellen: Wir empfehlen mindestens die voreingestellten 16 GByte.

Bereits zwischengespeicherte Daten verkürzen die Ladezeiten merklich, daher sollte der Cache eher großzügig bemessen sein. Zudem gibt es unter Umständen hässliche Grafikfehler durch zu spät nachgeladene Objekte und Texturen, wenn die Microsoft-Server oder die eigene Internetverbindung mal nicht schnell genug liefern.

Bei den minimalen Systemvoraussetzungen gibt sich das Spiel bescheiden: Windows 10, ein Ryzen 5 oder Core i7-6800K und 16 GByte RAM sowie eine 10-MBit/s-Leitung, dann startet das Spiel. Microsoft empfiehlt jedoch einen aktuellen 8-Kern-Prozessor samt 32 GByte RAM, einer GeForce RTX2080 und 50-MBit/s-Anbindung für die hohe Detailstufe. Sorgenfrei in der maximalen Detailstufe soll man mit 64

## ct kompakt

- Microsofts Flight Simulator 2024 ist ein gelungenes Upgrade des Vorgängers.
- Vor allem der neue Karrieremodus kann Freude bereiten.
- Das Spielerlebnis hängt allerdings stark von Internetverbindung und Serververfügbarkeit ab.

GByte RAM und 100-MBit/s-Leitung spielen können, dazu eine GeForce RTX 4080 oder Radeon RX 7900 XT. Laut Flight-Simulator-Chef Jörg Neumann läuft der 2024er ebenso gut wie der Vorgänger, übrigens auch im VR-Modus mit Brille.

Gute Nachrichten gibt es für Nutzer von Windows-Mixed-Reality-Headsets (WMR) wie der unter Flusi-Fans beliebten HP Reverb G2: Der Flight Simulator 2024 funktioniert mit dieser Brille ebenfalls, sofern man unter der Version 22H2 von Windows 10 spielt. Von Windows 11 24H2 und späteren Versionen sollten WMR-Fans die Finger lassen, Microsoft hat dort die WMR-Schnittstelle entfernt.

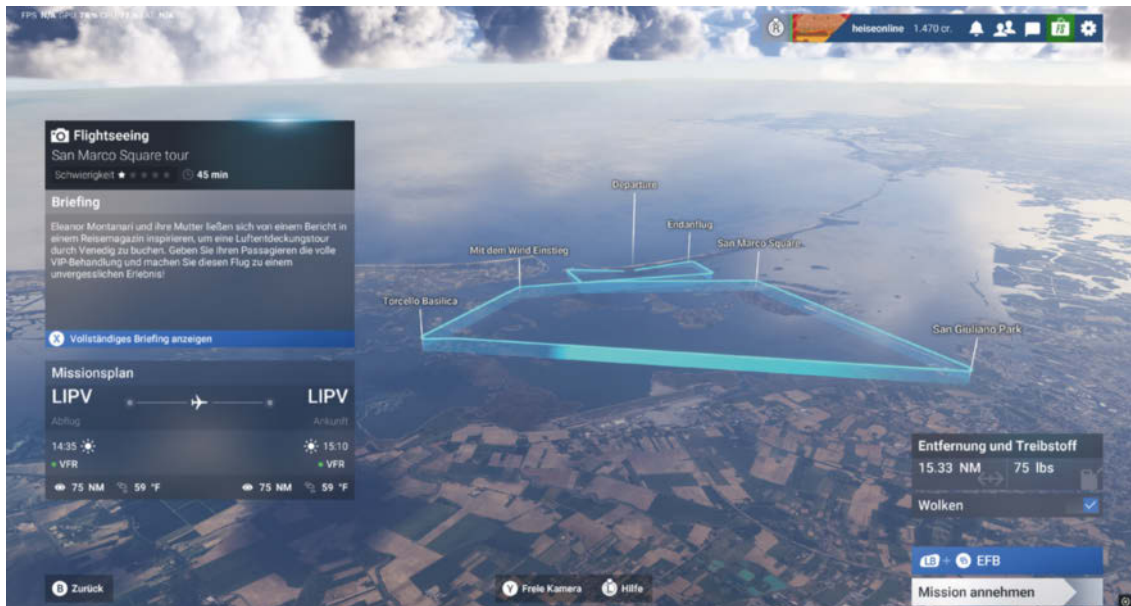
Ein Flightstick oder Steuerhorn (Yoke) sind zum Spielen zwar ideal, aber keine Voraussetzung. Auch mit einem analogen Gamepad lassen sich die Flugzeuge im Spiel sicher steuern. Leidenschaftliche dürfen auch Maus und Tastatur verwenden.

## Grafischer Überflieger

Der Flight Simulator 2024 ist wie schon der Vorgänger ein realistischer Weltsimulator. Der Wiedererkennungswert ist



**Der Flight Simulator 2024 sieht fast überall fantastisch aus, besonders in der höchsten Detailstufe.**



Auf der „Flightseeing“-Tour über Venedig ergeben sich besonders schöne Ausblicke.

enorm hoch, besonders in den großen, mit Photogrammetrie nachgebildeten Städten. Aber auch drumherum ist die Landschaft wunderhübsch geraten und nah an der Wirklichkeit. Sightseeing macht große Freude, selbst wenn man das Fliegen nicht als Hobby betreibt.

Dabei muss man nicht in der höchsten Detailstufe „Ultra“ spielen. Auch bei hohen und selbst bei mittleren Details macht die Welt auf schwächerer Hardware noch viel her. Das gilt ebenso für die innen wie außen sehr detaillierten Flugzeuge, die man im Fotomodus in Szene setzt. Schick sind die Reflexionen am und im Flugzeug ohnehin, mithilfe von Raytracing spiegeln sich jetzt sogar die Instrumentenanzeigen leicht in der Scheibe.

Das grafische Grundgerüst hat sich nicht radikal verändert. Microsoft benutzt die gleiche Engine wie zuvor, der Grafikstil ist unverändert. Verbessert hat sich der Detailgrad; der direkte Sprung ist aber nicht gewaltig. Denn die Darstellung wurde im Rahmen der regelmäßigen Simulation- und World-Updates des Flight Simulators 2020 bereits an vielen Stellen ordentlich verbessert. Auf diesem Detaillevel befindet sich der FS2024 von Anfang an, geht jedoch an einigen Punkten darüber hinaus.

Die zahlreichen Bäume haben die Entwickler verbessert. Sie wirken insgesamt natürlicher, die Darstellung in der Ferne ist schöner, die Übergänge zwischen den Detailstufen sind nicht mehr ganz so grob. Die nur durch Standardgebäude nachgebildeten Orte sehen etwas stimmiger aus, wobei die generischen Haustypen weiterhin Details vermissen lassen.

Die höhere Terraingenauigkeit und Details am Boden wie Felsen und Gras fallen beim Fliegen kaum auf. Vor dem Start und nach der Landung machen sie die Darstellung der Welt aber realistischer. So detailreich wie im Ladebildschirm zum Start des Spiels ist die Welt aber längst nicht überall, das bleibt meist den Missionen vorbehalten.

Die Lichtstimmung und die Wittersimulation wirken wirklichkeitsnäher. Beides beeindruckte bereits zuvor; besonders beim schlechten Wetter lässt der FS2024 aber noch mehr seine Muskeln spielen. Übrigens auch spielerisch: Es wackelt bei Wind und Wetter bedrohlich im Kleinflugzeug. Lediglich die Darstellung der Wolken trübt das Bild. Sie zeigen eine unschöne Verpixelung an den Rändern, die das Auflösen der Wolke darstellen soll. Hinzu kommt eine immer wieder merkwürdig pulsierende Unschärfe von fernen Gewitterwolken, als ob sich die Engine nicht für ein Detaillevel entscheiden kann.

Gelungen ist hingegen der dynamische Wechsel der Jahreszeiten. Im Frühling und Winter sind Bäume und Landschaft eher grün, im Herbst werden Bäume erst bunt und dann kahl, im Winter liegt Schnee. Besonders der flüssige Wechsel dazwischen beeindruckt: Wer das Datum in den Wettereinstellungen ändert, sieht die Auswirkungen sofort und ohne Nachladen.

Insgesamt wirkt der Flight Simulator subjektiv plastischer und lebensechter. Alle subtilen Veränderungen zusammen ergeben ein stimmiges Bild. Dennoch: Beim Spielen ist vieles davon auf den ersten Blick kaum klar zu benennen. Um fest-

zustellen, ob man gerade Version 2020 oder 2024 vor sich hat, muss man schon genau hinschauen. Allein für die technisch bessere Grafik würde sich der Umstieg nicht lohnen, obwohl sie sich natürlich aufs Spielgefühl auswirkt.

## Performance

Im Hinblick auf die Performance gibt es ohne Mühe feststellbare Verbesserungen, denn bei gleichem Detailgrad läuft der Flight Simulator 2024 geschmeidiger als Version 2020. Auf einem unserer Testsysteme, bestehend aus einem AMD Ryzen 7 5800X3D mit 32 GByte RAM und einer GeForce RTX 4080 Super, lagen die Frame-Raten in den ersten vorläufigen Vergleichen zwar nur geringfügig über denen des Vorgängers, trotzdem fühlte es sich insgesamt flüssiger an.

Das lag hauptsächlich daran, dass die Grafikkarte besser ausgelastet wurde und die CPU in unserem Szenario (2560 × 1440 Pixel, Detailstufe Ultra) nicht mehr den Flaschenhals darstellte. Auch mit der älteren GeForce RTX 3080 und einem Ryzen 7 5700X3D lief das Spiel in hoher Detailstufe flüssig.

Es spricht daher einiges dafür, dass Microsoft die CPU-Performance optimiert hat. Auffällig ist, dass der FS2024 generell weniger hing und stockte, während die Szenerie nachlud. Zwar sind gelegentlich leichte Ruckler zu erkennen, insbesondere wenn die Server ausgelastet sind, dennoch beeinflussten sie die Spielleistung weniger als zuvor.

Insbesondere im Tiefflug sind die zahlreichen Objekte weiterhin Gift für die





 heise academy

# Für erfolgreiche IT-Teams von morgen

## Weiterbildung als Erfolgsstrategie

Professionelle IT-Weiterbildung für Unternehmen – das bietet die heise academy. Als Tochter der heise group haben wir es uns zur Aufgabe gemacht, Unternehmen und ihre IT-Professionals mit digitaler Weiterbildung voranzubringen, Qualifikationslücken zu schließen und internes Lernen zu fördern.

## Ihre Zukunft, unser Plan

- Sofort einsetzbare Lernumgebung
- Verschiedene Lernformate – digital und vor Ort
- Große Auswahl an aktuellen IT-Themen
- Individuelle Lizenzen für Ihr Team
- Onboarding & persönliche Betreuung durch unser Sales Team



**Interesse geweckt? Hier mehr erfahren:**  
[heise-academy.de/academy-pass](https://heise-academy.de/academy-pass)



Performance, hier fällt die Bildwiederholrate auch schon mal auf nahe 30 fps und darunter, selbst auf unserem System, das weitgehend Microsofts Hardwareempfehlungen entspricht. Dabei bleibt das Spiel aber ruckelfrei. Werte um die 30 fps sind daher verkraftbar und höhere Werte nicht zwingend geschmeidiger.

FS2024 bietet an, eine Zielbildrate festzulegen. Je nach Szenerie soll das Spiel dann selbstständig den Detailgrad anpassen, um die anvisierte Bildwiederholrate zu halten. Allerdings führte das zu unschönen Effekten, wenn etwa Objekte unvermittelt neu luden. Und eine spürbar stabilere Frame-Rate gab es in einem kurzen Test auch nicht, sie fiel in Bodennähe ebenfalls deutlich ab.

### Grafikprobleme, lange Ladezeiten und andere Macken

Die schicke Grafik und ordentliche Performance können nicht über Probleme hinwegtäuschen. Insbesondere die starke Cloudabhängigkeit gibt Anlass zur Sorge, und zwar über die anfänglichen Probleme hinaus. Denn wenn die Server nicht schnell genug liefern, hat das sofort sichtbare Auswirkungen auf die Immersion: San Francisco wurde etwa in einer unserer Runden schick in der hohen Detailstufe umgesetzt, plötzlich ging die Serverkapazität in die Knie und Teile der Stadt wurden zu unscharfen Klötzen. Teilweise luden Flugzeuge nur halb oder gar nicht, sodass der Pilot im Freien saß.

Selbst wenn die Infrastruktur mitspielt, dauert es mitunter mehrere Minu-

ten, bis die Welt in voller Pracht erscheint. Das Laden nahezu aller Inhalte aus der Cloud benötigt Zeit, also die Landschaftsdetails, Flugzeuge, Objekte und Texturen. Beim Vorgänger fiel das nicht so stark auf, weil hier mehr Daten noch lokal auf dem PC lagen. In Extremfällen hat das nicht nur optische, sondern auch spielerische Folgen: So kann man etwa eine Karriere-mission nicht abschließen, wenn ein Button oder ein Marker aus der Cloud nicht rechtzeitig geliefert wird. Die von Microsoft als Minimalvoraussetzung genannten 10 MBit/s werden wohl wenig Freude bereiten.

Dabei sind auch die lokalen Ladezeiten des Flight Simulator 2024 selbst immer noch recht lang. Auch mit einer schnellen SSD dauert es im Normalfall rund drei Minuten, bis das Spiel fertig geladen ist. Danach abzuheben klappt hingegen relativ flott, sofern die Server und die eigene Internet-Bandbreite mitspielen. Vorab kann man sich nichts dafür auf den Rechner laden, aber es geht merklich flotter, wenn die richtigen Daten schon im Cache liegen.

Die Einstellungen für die Steuerung machen einen Schritt zurück. Nicht nur ist das Menü noch unübersichtlicher als zuvor, es fehlen auch zahlreiche Profile aus dem Vorgänger oder sie sind unvollständig. So fehlen beim Logitech G Pro Flight Throttle Quadrant die Parkbremse sowie das Ausfahren der Landeklappen. Teilweise lassen sich Funktionen einfach gar nicht belegen – ohne nachvollziehbare Ursache. Alles Probleme, die sich in kurzer Zeit beheben lassen, aber nicht sein müssten.

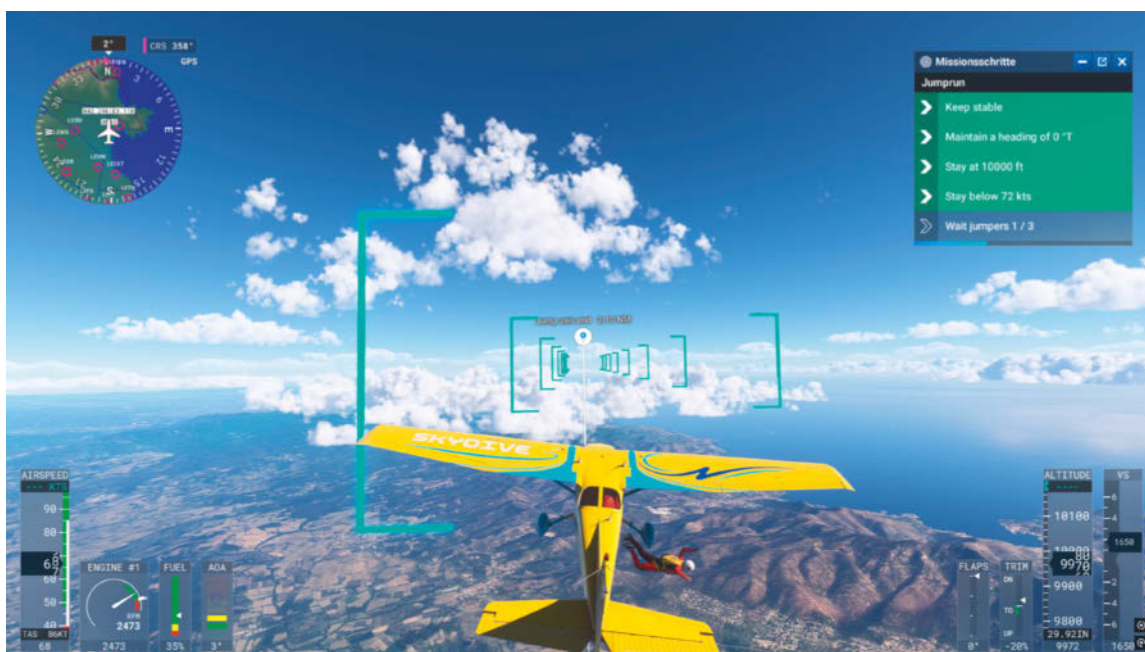
Kurios: Wer im FS2020 ein bisschen Sightseeing machen wollte, konnte einfach dem Co-Piloten die Steuerung überlassen. Das klappt nun nicht mehr, die Funktion fehlt. Wenn man jedoch den Ordner fs-base-ingamepanels-flyassistant aus der Programmordnerstruktur des alten Flight Simulator in den Community-Ordner des FS2024 schiebt, tauchen das Menü und die Funktion wieder auf.

### Los geht's

Für unseren ersten Testflug wählten wir die kleine Einpropellermaschine Cessna 172 aus zwei Gründen: Erstens hatte einer der Autoren des Artikels schon ein wenig echte Flugerfahrung und durfte eine solche Maschine schon starten, landen und ein paar Stunden lang selbst durch die Luft bewegen. Zweitens spürt man bei solchen kleinen Maschinen mehr von der Flugphysik und bekommt aufgrund der niedrigen Flughöhe und Geschwindigkeit auch mehr Details vom Boden mit. Kurzum: das ideale Flugzeug, um die Neuerungen des Flight Simulator 2024 zu testen.

Schon beim Rollen auf der Landebahn macht sich das überarbeitete Physikmodell bemerkbar: Während es im Vorgänger noch schnurstracks wie auf Schienen und ohne großes Gewackel nach oben ging, bricht das virtuelle Flugzeug nun leichter aus und reagiert mit zunehmender Beschleunigung auch unterschiedlich auf Unebenheiten. Dadurch wirkt auch der direkte Übergang in die Flugphase realistischer.

Und auch in der Luft sind die Einflüsse von Wind und Wetter stärker spürbar,



Das Absetzen der Fallschirmspringer macht Spaß, der lange Flug in die Höhe und zurück kann aber monoton werden.

ct



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

**Jetzt 5 × c't lesen**

für 20,25 €  
statt 27,25 €\*

\* im Vergleich zum Standard-Abo

**30%  
Rabatt!**



## c't MINIABO DIGITAL AUF EINEN BLICK:

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

Jetzt bestellen:  
**ct.de/nerdwissen**







**Solche Klötzchenbilder gab es in den ersten Tagen nach Veröffentlichung des Flight Simulator 2024 häufiger zu sehen: Ein Teil der Clouddaten ist da, das meiste aber fehlt.**

insbesondere in niedrigeren Luftschichten. Die verbesserte Strömungssimulation berechnet den atmosphärischen Fluss auch in größerer Entfernung und generiert so realistischere Auftriebe und Turbulenzen. In der virtuellen Luft ist mehr los, das Fliegen macht mehr Spaß als im Vorgänger.

Wer überhaupt noch keine Erfahrung mit dem Flight Simulator hat, sollte zunächst die Tutorials absolvieren. Danach weiß man unter anderem, wie man ein Flugzeug auf Höhe hält, eine Platzrunde fliegt und die Landeklappen einsetzt. Ganz neu dabei sind Hubschrauber-Tutorials. Die sind auch nötig, schließlich ist die Steuerung von Hubschraubern wesentlich komplizierter als die bei normalen Flugzeugen.

### Karriere

Die neuen Karrierefeatures machen Microsofts Flugsimulation auch für klassische Gamer interessant. Darin fliegt man nicht nur von A nach B, sondern versucht sich zum Beispiel an Lösch- und Rettungseinsätzen, spritzt Felder aus der Luft oder zieht ein großes Werbebanner hinter der Maschine her. Auch Frachtflüge oder Punktlandungen auf Bohrinseln sind möglich. Wer will, kann sich auf Flugzeuge oder Hubschrauber konzentrieren oder beides fliegen. In der Pilotenlaufbahn erwirbt man Berechtigungen für fliegerische Tätigkeiten und gründet auf Wunsch ein eigenes Unternehmen.

Verglichen mit dem Flight Simulator 2020 macht sich der neue Motivationsfaktor auch für Neulinge und Gelegenheitsspieler positiv bemerkbar. Während

man im Vorgänger vor allem als Einsteiger etwas ratlos vor dem Hauptmenü und den einzelnen Herausforderungen saß, hat man jetzt die eigene Karriere als Ansporn und bekommt mehr Abwechslung.

Am Anfang steht dabei die bewährte Flugschule, deren Lektionen nun direkt in den Karriereverlauf integriert sind. Zu Beginn lernt man die Grundlagen; später kommen Lizenzprüfungen hinzu für anspruchsvolle Nachtflüge, Instrumentenflüge oder fürs Schöpfen von Löschwasser aus einem See. Hat man sich für einen Standort der Basis entschieden, ploppen rundherum zum Einstieg die Erstflugmissionen auf. Schon nach wenigen Spielstunden erweiterte sich unser Aktionsradius von Norddeutschland bis zur Adria.

### Authentische Aufgaben, manchmal mit Macken

Die Entwickler haben zusammen mit Luftfahrtunternehmen Aufgaben entwickelt, die auch bei den Vorbildern eine Herausforderung darstellen. So muss der Pilot zum Beispiel ein Werbebanner exakt auf dem vorgegebenen Kurs halten und schließlich abwerfen. Beim „Flightseeing“ kreist man möglichst sachte rund um wunderschöne Küstenstädte oder Sehenswürdigkeiten. Die Aussicht ist auch für den Piloten beeindruckend. Wenn sich in der Nähe eines Küstenstädtchens die aufgetürmten Wolken im Wasser spiegeln, ist das fast so erhebbend wie in einem richtigen Flugzeug.

Beim Absetzen von Fallschirmspringern spielen übliche Flugwege wie Platzrunden eine untergeordnete Rolle. Viel-

mehr versucht man, möglichst schnell zum Absprungort zu gelangen. Das passt: Auch in der Realität erreichen letztlich nur die Unternehmen die Gewinnschwelle, die genügend Springer pro Tag in die Luft bringen. Um möglichst viele Erfahrungspunkte zu sammeln, gilt es beispielsweise, möglichst schnell und präzise zur Absprungstelle in 10.000 Fuß (rund 3 km) Höhe zu gelangen, sich zum Wind auszurichten und das Flugzeug stabil unter 72 Knoten zu halten. Auch eine saubere Landung bringt Punkte. Authentische Details im Ablauf sorgen dafür, dass man sich oft wie auf dem Flugplatz fühlt. Dazu gehört etwa der Jump Master, der seine Springer mit letzten Instruktionen und motivierenden Worten vorbereitet.

Schade ist dabei nur, dass seine vom Computer vorgelesenen Worte fast so roboterhaft klingen wie Microsoft Sam. Wie es besser geht, zeigte schon vor 20 Jahren Microsofts Rennspiel „Midtown Madness 3“ mit seinen lebendig vertonten Mitfahrern. Auch die Animationen der Figuren wirken hölzern und unnatürlich.

Auch im Karrieremodus trüben hier und dort Probleme den Spielspaß. Diverse Bugs führten dazu, dass wir zu Beginn vieler Missionen keine Startfreigabe anfordern konnten oder Richtungspfeile uns durch ein Gebäude zur Startbahn führen wollten. Eine Inkonsistenz zeigt sich außerdem im schwankenden Schwierigkeitsgrad. Lektionen etwa zum Sichtflug können Anfänger ganz schön ins Schwitzen bringen, während manche Erstflüge oder Überführungsmissionen leicht zu bewältigen sind. Einmal sind wir nach einer erfolgreich absolvierten Mission gleich drei Ränge auf einmal aufgestiegen. Wer wenig Zeit hat, kann direkt zu den wichtigsten Teilen der Mission vorspulen und beispielsweise das Rollen überspringen.

Eine nette Neuerung ist der persönliche Gang ums Flugzeug, etwa um Abdeckungen zu entfernen oder den Zustand des Höhenruders zu prüfen. So sieht man die Maschine vor dem Start von allen Seiten, auch wenn das Laufen aus der Ego-Perspektive etwas steif umgesetzt ist. Theoretisch kann man auch frei in der Welt herumlaufen, mit ihrer eindrucksvollen Grafik und den (aus „Planet Zoo“ übernommenen) Tieren. Vor einer Mission empfehlen wir jedoch keine allzu großen Ausflüge, da so was als Verlassen des Flugzeugs gewertet wird und zum Abbruch der Mission führt.

Die frei wählbaren Missionen werden vom Spiel passend zum Gelände erzeugt.



Schließlich ergibt es wenig Sinn, Bannerwerbung über ein verlassenes Feld zu fliegen oder eine Innenstadt mit Pflanzenschutzmitteln zu besprühen. Wer fehlerarm fliegt, dem eröffnen sich durch eine steigende Reputation auch neue, besser bezahlte Aufträge. Allmählich verdient man sich das Geld für weitere Lizenzprüfungen, etwa für die Landung im Gelände, für das Bedienen der Seilwinde am Hubschrauber oder zum Führen schwerer Verkehrsflugzeuge.

## Spezialisierungen schaffen Abwechslung

Nebenbei schaltet man Spezialisierungen wie für den Agrarflug oder die Menschenrettung frei, indem man bestimmte Voraussetzungen erfüllt. Um Fallschirmspringer transportieren zu dürfen, mussten wir unter anderem Level 8 erreichen, die Berufspilotenlizenz erwerben und in den Missionen drei weiche Landungen hinlegen. Kurze Zeit später tauchten auf der Weltkarte neue Skydiving-Missionen auf.

Wer nicht nur als Angestellter fliegen will, kann im Laufe seiner Karriere auch mehrere Unternehmen leiten. Das ist zwar keine komplexe Wirtschaftssimulation, aber die Einnahmen ermöglichen neue Anschaffungen, Reparaturen oder Lizenzprüfungen. Eine KI erledigt im Hintergrund Aufträge für die Firma. Wer lieber angestellt bleibt, muss damit leben, dass nach einer Mission der Großteil der Einnahmen auf das Konto des Arbeitgebers fließt.

Neuerdings ist es auch möglich, Flugrouten ohne Erweiterungen näher zu studieren und zu planen. Instrumente wie das

„Electronic Flight Bag“ (EFB) genannte Tablet werden allerdings nicht besonders einsteigerfreundlich erklärt. Eine Lektion stellt das Tool schon früh kurz vor, erwähnt aber nicht, welche Relevanz es im weiteren Spielverlauf hat.

Trotz technischer Probleme und der manchmal schwankenden Balance ist der Karrieremodus aber schon jetzt eine gelungene Neuerung, die gerade die Spielernaturen in unserer Redaktion deutlich mehr für das virtuelle Fliegen begeistern konnte. Das Erlebnis ist ähnlich erhehend und motivierend wie 1997 die ersten Runden in „Pilotwings 64“ auf dem Nintendo 64, aber natürlich viel authentischer, da die Aufgaben so detailgenau an die echten Vorbilder angelehnt sind.

## Fazit

Der Microsoft Flight Simulator 2024 sieht fantastisch aus, hat spielerisch an Bandbreite zugelegt und dennoch an Realismus gewonnen. Grafisch stellt kein anderes Spiel die Erde so schön und detailliert dar, einigermaßen potente Hardware vorausgesetzt. Besonders in den Missionen erfreuen neue Details das Auge. Dass die Unterschiede zum Vorgänger nur gering ausfallen, wenn man wie gewohnt durch die Welt fliegt, ist nicht tragisch. Denn sie wirkt noch mehr wie aus einem Guss und zieht zudem etwas flüssiger über den Bildschirm.

Die Karrierefunktion bringt Schwung ins Spiel. Sie ist Gold wert für Anfänger und für Menschen, denen stundenlanges Abfliegen von Wegpunkten keine große Freude bereitet. Wer bislang nach einer

halben Stunde Staunen eine gewisse Langeweile verspürte und den Flugsimulator wieder weglagte, bekommt nun mehr Unterhaltung. Dass das nicht zulasten des Realismus geht, ist erfreulich. Herausfordernd bleibt der Flight Simulator allemal. Das überarbeitete Flugmodell ist zumindest aus Laiensicht noch mal eine Steigerung. Es fühlt sich herausfordernd und dennoch beherrschbar an, wenn man weiß, wie es geht. Die Wettereinflüsse steigern die Immersion – vor allem in VR hat man manchmal schon ein wenig Angst um seinen Mageninhalt.

Man darf also meinen, dass die Entwicklerfirma Asobo verdammt viel richtig gemacht hat. Die Verbesserungen stehen allerdings im Schatten der Serverprobleme zum Launch des Spieles. Zwar sind die längst behoben, aber sie machen klar: Ohne schnelle und stabile Internetverbindung geht nichts, und wenn die Server Probleme haben, ist das Spielen faktisch unmöglich. Das war in schwächerer Form bereits beim Vorgänger so, hat nun aber aufgrund der gestreamten Datenmassen gravierendere Folgen.

Die hohen Preise – ab 80 Euro steil ansteigend – für die diversen Versionen mag man kritisieren. Wer die zahlreichen Flugzeuge der teureren Versionen nicht braucht, bekommt mit der Gamepass-Flatrate günstiger einen Einblick in die Welt des Flight Simulators. Eine ordentliche Internetverbindung vorausgesetzt, lohnt das Reinspielen allemal. (jss@ct.de) **ct**

**FAQ zum Flight Simulator 2024:**  
[ct.de/yew4](https://ct.de/yew4)

Das Geld für die ersten Lizenzprüfungen hat man schnell zusammen, zumindest wenn die Server mitspielen.





# Goodbye Winterblues

## Vier Tageslichtlampen im Vergleich

**Kurze Tage, grauer Himmel, zu kalt zum Spaziergehen. Der Lichtmangel schlägt schnell auf das Gemüt. Tageslichtleuchten sollen dagegen helfen.**

Von Georgiy Belashov

**W**ährend ihre Freunde von Weihnachten und gemütlichen Abenden zu Hause schwärmen, sind manche Menschen antriebslos und betrübt. Nicht immer handelt es sich um einen harmlosen Winterblues, denn der Lichtmangel kann auch zu saisonal abhängigen Depres-

sionen führen. Glücklicherweise muss das fehlende Licht nicht zwingend von der Sonne kommen, dafür aber die richtige Farbe und eine ausreichend hohe Intensität haben.

Wir haben vier Tageslichtlampen unter die Lupe genommen, um zu sehen, ob sie sich für eine Lichttherapie eignen: Beurer TL 45, Medisana LT 500 und Lumie Vitamin L sind zertifizierte Medizinprodukte, die wir nach ihrer Größe und ihrem Preis ausgewählt haben. Sie brauchen nicht viel Platz auf dem Tisch und kosten unter 100 Euro. Die Auinsky DZ03-A2 haben wir mitgetestet, um zu sehen, was eine weit billigere Lampe im Vergleich leistet. Alle getesteten Geräte sind aus

Kunststoff gefertigt, sauber verarbeitet und fühlen sich robust an.

### Quatsch oder effektiv?

Die Lichttherapie findet breite Anwendung bei saisonal abhängigen Depressionen. Der Medizinische Dienst Bund (MD Bund) wertete als unabhängige Organisation unter staatlicher Aufsicht mehrere Studien aus und fand Hinweise, aber keine eindeutigen Belege für einen Nutzen der Lichttherapie mit Tageslichtleuchten bei saisonal abhängigen Depressionen. Somit bewertet der MD Bund die Wirkung als

### **ct** kompakt

- Lichttherapie hilft sehr wahrscheinlich gegen saisonal abhängige Depressionen während der dunklen Jahreszeit.
- Das Licht muss ausreichend hell und im besten Fall kaltweiß sein.
- Bei einer täglichen Anwendungsdauer zwischen 30 und 120 Minuten merkt man bereits nach wenigen Tagen eine Besserung.

„tendenziell positiv“. Basierend auf den Studien schätzt die Organisation den Nutzen jedoch als gering ein. Mögliche Nebenwirkungen wie Kopfschmerzen oder Müdigkeit treten immerhin nicht häufiger auf als bei einer Scheinbehandlung mit gedämpftem Licht, so der MD Bund. Die Informationsseite stammt aus 2012. Laut dem MD Bund gelten die Angaben noch heute, die Seite soll aber bald aktualisiert werden. Andere Quellen sind weit optimistischer: Die Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie und Psychotherapie, Psychosomatik und Nervenheilkunde bezeichnet die Lichttherapie als erste Wahl bei saisonal abhängigen Depressionen (siehe ct.de/yutr).

Gegen den Mangel an Vitamin D im Winter können die Tageslichtlampen hingegen nicht helfen, denn ihr Licht enthält keine UV-B-Strahlung.

Generell gilt: Depressionen sollten in Rücksprache mit einem Arzt behandelt werden. Auch bei Augenerkrankungen, Einnahme bestimmter Medikamente – zum Beispiel auf Johanniskraut-Basis – oder lichtempfindlicher Haut sollte man sich ebenfalls ärztlichen Rat vor der Anwendung von Tageslichtlampen holen.

### Anwendung als Medizinprodukt

Die Zertifizierung als Medizinprodukt soll garantieren, dass das Gerät sicher und effektiv ist. Medisana LT 500 ist nach der Medizinprodukterichtlinie (MDD) zertifiziert, Beurer TL 45 und Lumie Vitamin L nach der neueren Medizinprodukteverordnung (MDR), Auinsky DZ03-A2 hat keine Zertifizierung. Mit der Ablösung der MDD durch die MDR sind die Anforderungen umfangreicher geworden.

Nach dem Aufstehen und gegen Mittag wirkt die Lichttherapie am besten. Allerdings muss man etwas Zeit für die Behandlung einplanen, je nach Beleuchtungsstärke zwischen 30 Minuten und zwei Stunden. Mehrere kürzere Sitzungen pro Tag sind ebenfalls effektiv. Am späten Abend sollte man auf die Behandlung verzichten, um Einschlafschwierigkeiten zu vermeiden.

Es ist nicht notwendig, ständig auf die Lampe zu schauen, damit die Therapie wirkt. Stattdessen liest man zum Beispiel ein Buch oder frühstückt, ein gelegentlicher Blick in das Licht reicht aus.

Da die Lichttherapie erst ab einer bestimmten Beleuchtungsstärke effektiv ist und die getesteten Tageslichtlampen kompakt sind, leuchtet ihre Fläche ziemlich



### Beurer TL 45

Die Lampe bietet drei Lichtmodi: Kalt-, Neutral- und Warmweiß. Das warmweiße Licht ist dabei deutlich schwächer als das kaltweiße und taugt dadurch nicht zur Lichttherapie, wirkt aber gemütlich. Leider lässt sich die Helligkeit nicht unabhängig von der Lichtfarbe anpassen. Als Einzige erreichte TL 45 im Test die für eine Lichttherapie ausreichende Beleuchtungsstärke in 50 Zentimetern Abstand.

- sehr hell
- drei Lichtmodi
- Helligkeit nicht anpassbar

Preis: 75 Euro



### Lumie Vitamin L

Die Lampe fällt durch ihre gewellte Front auf, die der sonst monoton anmutenden Lichtfläche ein Muster verleiht. Zugleich ist es auch das einzige Produkt ohne alternative Betriebsmodi oder Einstellungen. Das neutralweiße Licht der Lampe ist zwar angenehm, durch den geringeren Blaulichtanteil ist der therapeutische Nutzen aber nicht so hoch wie bei kaltweißem Licht.

- schlankes Design
- kein kaltweißes Licht
- keine Einstellmöglichkeiten

Preis: 80 Euro

hell, was man zu Beginn der Sitzung als blendend empfinden dürfte. Keine der vier Lampen ist höher oder breiter als 30 Zentimeter, einerseits sind sie dadurch handlicher und kosten weniger, andererseits können größere Geräte ähnliche Beleuchtungsstärken erreichen, ohne zu blenden.

### Beleuchtungsstärke und Lichtfarbe

Die Beleuchtungsstärke, auf die es bei der Lichttherapie ankommt, hängt nicht nur von der Lichtquelle, sondern auch entscheidend vom Abstand zu ihr ab. So kann die Lichttherapie mit einer mittelhellen Tageslichtlampe auf dem Schreibtisch funktionieren, während eine viel stärkere Lampe am anderen Ende des Raums kaum wirkt. Die Beleuchtungsstärke wird in Lux angegeben.

An einem sonnigen Sommertag liegt die Beleuchtungsstärke im Freien bei rund 100.000 Lux, an trüben Wintertagen sind es keine 7000. Im Büro – auch am Fensterplatz – bleiben oft weniger als 1000 Lux davon übrig. Künstliche Bürobeleuchtung erreicht nur etwa 500 bis 1000 Lux.

Obwohl es unterschiedliche Richtwerte für die Lichttherapie gibt, sollte die Beleuchtungsstärke dort, wo das Licht auf das Auge trifft, bei mindestens 2500 Lux

liegen, wobei die über den Tag verteilte Sitzungslänge dann etwa zwei Stunden beträgt. Bei höheren Beleuchtungsstärken führen bereits deutlich kürzere Sitzungen zu positiven Effekten. Mehr als 10.000 Lux sollte man seinen Augen nicht zumuten, was aber bei Tageslichtlampen dieser Größe ohnehin unangenehm hell wäre.

Wir haben die Beleuchtungsstärke in zwei Abständen zu den Geräten gemessen: 25 und 50 Zentimeter. Alle Lampen stehen leicht geneigt auf dem Tisch und sind so

### Hormongesteuert

Sobald das Sonnenlicht auf die Augen trifft, produziert der Körper das Hormon Serotonin. Das hellt die Stimmung auf und macht wach. Mangelt es an Licht, wird hingegen das Schlafhormon Melatonin gebildet. Da der Körper Melatonin aus Serotonin erzeugt, beeinflusst ein niedriger Serotoninspiegel am Tag auch den Schlaf in der Nacht. Kurze und trübe Wintertage können somit zu Konzentrationsstörungen, saisonal abhängigen Depressionen und Schlaf-Wach-Rhythmusstörungen führen.





### Medisana LT 500

Das kaltweiße Licht der Lampe hat zwei Helligkeitsstufen und ist in beiden Einstellungen hell genug für eine Lichttherapie. Leider flimmert das Licht mit 100 Hertz, was zu trockenen Augen und Kopfschmerzen bei manchen Anwendern führen kann. LT 500 verfügt zusätzlich über weniger helles Stimmungslicht in vier umschaltbaren Farben: Rot, Grün, Gelb und Hellblau.

- ↑ farbiges Stimmungslicht
- ↑ zwei Helligkeitsstufen
- ↓ flimmert

Preis: 80 Euro



### Auinsky DZ03-A2

Die kompakte Lampe bietet viele Einstellungen. Das kalt-, neutral- oder warmweiße Licht lässt sich wahlweise in fünf Stufen oder stufenlos dimmen und geht durch den einstellbaren Timer nach bis zu 60 Minuten aus. Sie hat einen Farbwiedergabeindex von deutlich über 90 – unwichtig für die Lichttherapie, aber angenehm als besonders natürliche Lichtquelle.

- ↑ viele Lichtmodi
- ↑ sehr natürliches Licht
- ↓ nur mäßig hell

Preis: 40 Euro

auf das Gesicht gerichtet. Dementsprechend stellten wir unser Messgerät so auf, dass es in der Achse der Ausrichtung lag. Die gemessenen Werte enthalten zusätzlich zum direkten Licht der Lampe das indirekte Licht, welches von der Umgebung reflektiert wurde. Die gemessene Beleuchtungsstärke ist dadurch etwas höher und nimmt mit steigendem Abstand weniger stark ab als in einem nicht reflektierenden Raum, was eher dem Alltagseinsatz entspricht.

Weniger als 25 Zentimeter sind nur praktikabel, wenn man nichts anderes während der Sitzung tun möchte. In einem Abstand von 50 Zentimetern klappt das komfortable Arbeiten nebenbei, hier er-

reicht allerdings nur Beurer TL 45 Werte, die hoch genug für die Lichttherapie sind. Die gemessenen Werte haben wir auf die Hunderterstelle gerundet.

Die Lichtfarbe kann man durch die Farbtemperatur ausdrücken, die in Kelvin gemessen wird. Niedrige Kelvin-Werte stehen für gemütliches warmes, hohe für kaltweißes Licht. Viele Wohnzimmerlampen haben eine Farbtemperatur von rund 2700 Kelvin, sachliche Büroleuchten zwischen 4000 und 6500 Kelvin. Das Sonnenlicht hat bei klarem Himmel tagsüber etwa 5500 Kelvin, bei bewölktem 7000 und mehr.

Kaltweißes Licht gilt als besonders effektiv für die Lichttherapie. Speziell geht

es dabei um den Blauanteil, der bei kaltweißem höher als bei warmweißem Licht ist. Somit muss warmes Licht heller als kaltes sein, um eine vergleichbare Wirkung zu erzielen.

Drei der vier getesteten Geräte können kaltweißes Licht abgeben, lediglich die Lumie Vitamin L bleibt mit ihren neutralweißen 4100 Kelvin auf der gemütlicheren Seite. Alle gemessenen Farbtemperaturen haben wir ebenfalls auf die Hunderterstelle gerundet.

### UV, Wärmestrahlung, Flimmern

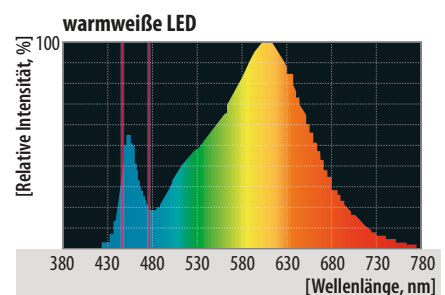
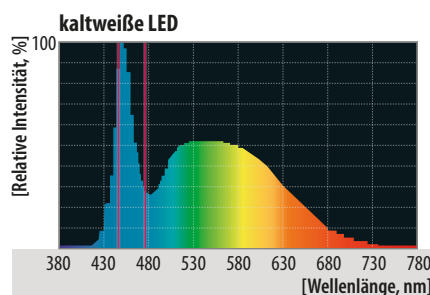
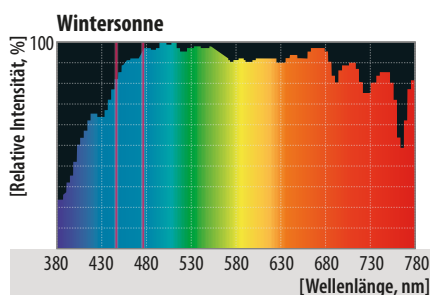
Beleuchtungsstärke und -temperatur sind wichtig für den Erfolg der Lichttherapie, zum Schutz der Augen sollte das Licht außerdem weitgehend frei von UV-Strahlung sein und nur wenig Wärmestrahlung enthalten. Die getesteten Geräte verwenden LED-Leuchtmittel. Weiße LEDs strahlen kaum UV aus und die Zertifizierung als Medizinprodukt bestätigt die Unbedenklichkeit des Lichtspektrums. Wir haben im Test ebenfalls keine UV-Anteile festgestellt, auch nicht bei der Lampe von Auinsky ohne medizinische Zertifizierung.

Im Betrieb werden die Geräte handwarm, überschreiten aber selbst bei längerer Nutzung nie deutlich die 40-Grad-Marke. Die Objekte, die das Licht trifft, erwärmen sich auch nur minimal. Durch ihre hohe Effizienz strahlen LED-Leuchtmittel deutlich weniger Wärme ab als zum Beispiel Halogenlampen.

Auch wenn die Augen das Flimmern nicht wahrnehmen, kann es wie bei manchen Bildschirmen dennoch zu trockenen Augen und Kopfschmerzen führen. Laut dem Bundesamt für Strahlenschutz ist es noch nicht abschließend geklärt, wie stark die Helligkeit bei einer bestimmten Flimmerfrequenz variieren darf, um keine Beschwerden zu verursachen. Für den „Blau-

## Spektren verschiedener Lichtquellen

Auf das Blaulicht kommt es an, das Lichtspektrum zeigt seine Anteile. Von links nach rechts: Wintersonne vor dem Redaktionsgebäude, kaltweiße LED, warmweiße LED.



en Engel“ bei Haushaltslampen gilt zum Beispiel, dass die Helligkeit im Frequenzbereich bis 200 Hertz um maximal 15 Prozent schwanken darf, höhere Frequenzen sind bei den Vergabekriterien nicht genannt (siehe ct.de/yutr).

Nach Angaben der Hersteller arbeiten alle vier Produkte flimmerfrei. Bei den Lampen von Auinsky und Medisana konnten wir dennoch starke Helligkeitsschwankungen messen. Bei Auinsky ist die Frequenz mit 500 Hertz sehr hoch. Bei der

Lampe von Medisana liegt die Flimmerfrequenz hingegen bei 100 Hertz. Unsere Testpersonen konnten das Flimmern nicht wahrnehmen, aber je nach individueller Empfindlichkeit können bei Frequenzen in dieser Größenordnung die beschriebenen Symptome auftreten.

## Tageslichtlampen: Technische Daten und Messwerte

Modell	Auinsky DZ03-A2	Beurer TL 45	Lumie Vitamin L	Medisana LT 500
URL	–	www.beurer.com	www.lumie.com	www.medisana.de
Kaltweiß: max. Beleuchtungsstärke 25 / 50 cm [Lux]	3800 / 1100	9900 / 2800	–	7200 / 2100
Neutralweiß: max. Beleuchtungsstärke 25 / 50 cm [Lux]	3700 / 1000	7000 / 2000	7300 / 2200	–
Warmweiß: max. Beleuchtungsstärke 25 / 50 cm [Lux]	3200 / 900	2000 / 600	–	–
Lichttemperaturen [Kelvin]	6000 / 4200 / 3000	6500 / 4300 / 2900	4100	6500 / bunt
Einstellungen	Kalt-, Neutral- und Warmweiß, Regelung der Helligkeit, Timer	Kalt-, Neutral- und Warmweiß	–	zwei Helligkeitsstufen, farbiges Licht
flimmerfrei	– (500 Hertz)	✓	✓	– (100 Hertz)
max. Leistungsaufnahme	11 W	27 W	25 W	27 W
Maße, B x H x T (ohne Standfuß)	18 x 18 x 8 cm	20 x 25 x 6 cm	20 x 28 x 2 cm	25 x 25 x 9 cm
zertifiziert als Medizinprodukt	–	MDR	MDR	MDD
Preis	40 €	75 €	80 €	80 €
✓ vorhanden/erfüllt	– nicht vorhanden/nicht erfüllt	MDR = Medizinprodukteverordnung	MDD = Medizinprodukterichtlinie	

## Fazit

Für die Lichttherapie eignet sich die Lampe von Beurer am besten, hier stimmen sowohl die Lichtfarbe als auch die Beleuchtungsstärke, und das Licht ist frei von Flimmern. Das günstige Produkt von Auinsky taugt auch ohne Zertifizierung als Medizinprodukt zur Lichttherapie, allerdings muss der Abstand zum Gerät relativ gering sein, um die notwendigen Beleuchtungsstärken zu erreichen. Durch die vielen Lichtmodi und eine besonders gute Farbwiedergabe eignet es sich außerdem gut als Tischleuchte für nicht therapeutische Zwecke. (geb@ct.de) **ct**

Weitere Informationen: [ct.de/yutr](http://ct.de/yutr)

# Es gibt 10 Arten von Menschen. iX-Leser und die anderen.



3x als Heft



Jetzt Mini-Abo testen:  
3 Hefte + Bluetooth-Tastatur nur 19,35 €  
[www.iX.de/testen](http://www.iX.de/testen)



Bild: Albert Huhn

# Gestreamte Zukunftsmusik

## Bluetooth LE Audio mit Auracast: viele Szenarien, viele Probleme

**Fast fünf Jahre nach der ersten Präsentation der neuen Bluetooth-Spezifikation sind endlich Geräte auf den Markt, die das Herzstück des neuen Standards unterstützen: die Verteilung von Audioströmen per Broadcast. Doch so vielfältig die Möglichkeiten sind, die dieses „Auracast“ bietet, so knifflig ist auch seine Umsetzung.**

Von Nico Jurrán

**E**ines muss man der für die Weiterentwicklung von Bluetooth zuständigen Special Interest Group (Bluetooth SIG) lassen: Als es darum ging, ihren veralteten Bluetooth-Audio-Standard zu überarbeiten, entschied sie sich dafür, zu klotzen statt zu kleckern. Die neue, „LE Audio“ genannte Generation solle „die nächsten 20 Jahre Audio-Innovationen ermöglichen“, wie die Gruppe stolz bei der Präsentation verkündete [1].

Konkret spezifiziert LE Audio mit „LC3“ (Low Complexity Communications Codec) zunächst einmal einen neuen, lizenzfreien Audio-Codec. Der soll mit Samplingraten von 8, 16, 24, 32, 44,1, 48

kHz, Datenraten von 16 bis 320 kbit/s und Rahmendauern von 7,5 und 10 Millisekunden wahlweise hörbar besser klingen als der aktuelle Low Complexity Subband Codec (SBC) oder bei gleicher oder leicht besserer Qualität weniger Strom verbrauchen.

Außerdem kann LE Audio einzelne Audiokanäle voneinander getrennt übertragen, die sich wiederum in Gruppen zusammenfassen lassen. Bei „True Wireless“-Ohrhörern bedeutet dies, dass das Handy die Daten für den rechten und den linken Kanal nun getrennt an den jeweiligen In-Ear sendet; die Weiterleitung eines Kanals von einem Ohrhörer zum anderen



wie beim bisherigen Bluetooth-Audio-Standard, nun „Classic Audio“ genannt, entfällt. So lassen sich kleinere und sparsamere Geräte entwickeln. Dieses „Multistream Audio“ soll zudem für eine robustere Übertragung und eine bessere Stereoabbildung sorgen.

Auch Sprachsteuerung lässt sich laut SIG leichter realisieren, da Steuerbefehle und ein etwaiger Audiorückkanal für die Sprache bei Headsets getrennt übertragen werden. Die durch LE Audio mögliche Kombination aus niedrigem Stromverbrauch, hoher Audioqualität und Multistream-Verbindungen versetzt die SIG erstmals in die Lage, Bluetooth Audio für Hörgeräte zu spezifizieren.

### Broadcast-Audio

Das Highlight von LE Audio ist aber zweifellos ein neuer Broadcast-Modus, der zunächst als „Audio Sharing“ vorgestellt wurde, mittlerweile aber die Bezeichnung „Auracast Broadcast Audio“ trägt. Das Grundprinzip ist recht simpel: Ein Sender – also etwa ein Smartphone, Laptop oder Fernseher, in der Bluetooth-Terminologie ein Transmitter – überträgt Audiodatenströme an eine beliebige Anzahl von Empfängern (Receiver) wie Kopfhörer, Lautsprecher oder Hörgeräte, ohne sich einzeln mit diesen zu koppeln.

Statt einer Eins-zu-Ein-Verbindung wie beim bisherigen Bluetooth-Standard sind nun also auch Eins-zu-Viele-Verbindungen möglich. In Kombination mit dem angesprochenen Multistream-Audio las-



An einem Samsung-Smartphone mit Assistant-Funktion lässt sich für die gekoppelten In-Ears der gewünschte Auracast-Stream auswählen.

sen sich dabei Gruppen bilden, auch mehrere parallel. Daraus ergeben sich eine Reihe neuer Anwendungsmöglichkeiten. Eben auf diese konzentrierte sich auch die SIG auf der jüngsten IFA, wo sie mit „The Auracast Experience“ die komplette Präsentation auf den Broadcast-Audio-Modus ausrichtete.

Der IFA-Auftritt des Bluetooth-Verbandes war für uns im Nachhinein schon deshalb sehr interessant, da wir die dortigen Demonstrationen mit Geräten, auf denen größtenteils noch speziell angepasste Beta-Software lief, heute damit vergleichen können, was die ersten Geräte mit Auracast auf dem Markt im Alltag leisten. Das untersucht der nachfolgende Artikel „Dauert noch“ ab Seite 98 detailliert. An dieser Stelle sei aber schon mal verraten, dass Theorie und Praxis an manchen Stellen weit auseinanderklaffen.

Nachfolgend gehen wir auf die unterschiedlichen Einsatzgebiete ein, die Auracast ab sofort beziehungsweise in Zukunft abdecken soll. Dabei schauen wir uns auch an, welche Hindernisse bereits bei der IFA-Präsentation deutlich wurden und zeigen auf, wo bereits Lösungen gefunden wurden und wo es weiterhin hakt.

### Viele Szenarien

Der zentrale Zweck von Auracast ist die Verteilung von Audiostromen im öffentlichen Raum. Vor allem in den USA läuft in

vielen Fitnessstudios und Sportsbars eine Reihe von Fernsehern stumm mit verschiedenen Programmen und Untertiteln vor sich hin. Auf der IFA präsentierte die SIG bereits einen Fernseher von Hisense mit integriertem Auracast-Sender und ein „Streamer“ genanntes Modul, das das Audiosignal von einem TV ohne Auracast abgreift und als Bluetooth-Stream ausstrahlt. Die Reichweite soll dabei etwa 100 Meter betragen, während die bisherigen Bluetooth-Verbindungen laut SIG ungefähr 10 Meter erreichen.

Der Dachverband hofft, dass das System auch in Kinos und sogar bei Theater Vorstellungen zum Standard wird. Hier geht es außer um alternative Sprachfassungen auch darum, dass Nutzer mit Hördefiziten den Ton direkt auf ihr Hörgerät geleitet bekommen. In Museen würde Auracast ermöglichen, Audio Guides mit dem eigenen Ohrhörer zu folgen.

Teilnehmer von Konferenzen und Kongressen können sich wiederum Übersetzungen in ihrer Sprache streamen lassen beziehungsweise auch in den hinteren Reihen über Kopfhörer die Redner noch gut hören. Für letzteren Anwendungsfall ist dabei nicht unerheblich, dass der Audiostream mit einer so geringen Latenz übertragen wird, dass kein Verzug zwischen den Lippenbewegungen des Redners und dem Ton auftritt. Laut SIG werden hierfür spezielle Übertragungssysteme



Fernseher lassen sich mit einem Auracast-Sender nachrüsten, der den Ton vom TV etwa über eine Cinch-Verbindung oder HDMI erhält.

Bild: Bluetooth SIG



**Eventveranstalter sollen laut Bluetooth SIG die Zugangsdaten zu einem Auracast-Stream etwa per QR-Code verteilen können, den man mit dem Smartphone scannt, an das die Kopfhörer gekoppelt sind.**

me angeboten, bei denen die Übertragung durch geeignete LC3-Parameter optimiert wurde.

### Private Party

Doch auch im privaten Raum ist Auracast nützlich, etwa um mit Freunden über Kopfhörer von einer Quelle gemeinsam Musik zu hören oder ein Spiel zu verfolgen. Für Laptops, die noch keinen Auracast-fähigen Funkchip integriert haben, wird es Dongles geben, die sie zum Auracast-Sender machen. Von JBL kommt zudem eine Boombox, die den Raum beschallt und parallel das aktuelle Lied als Auracast streamt.

Beim Videoabend soll der Broadcasting-Standard wiederum eine Rolle spielen, um den Ton vom Fernseher zu Zuschauern mit Hörgeräten zu transportieren. Hierbei kämen bei älteren TVs dann wiederum die bereits genannten Streamer als Nachrüstlösung zum Einsatz.

Da in einigen dieser Anwendungsfälle aus Gründen des Urheberrechts oder der Privatsphäre sichergestellt werden muss, dass sich Unbefugte nicht in die Übertragung einklinken können, erlaubt Auracast optional eine verschlüsselte Ausstrahlung.

### Spezialfälle

Die Bluetooth SIG hebt einen speziellen Anwendungsfall immer wieder hervor: den Einsatz von Auracast am Flughafen. Die Grundidee dahinter ist, dass ein oder über Audio Sharing mehrere Nutzer während des Wartens aufs Boarding Musik hören können, ohne Gefahr zu laufen, die wichtigen Ansagen an ihrem Gate zu verpassen.

Dafür soll sich der Auracast-Empfänger gleichzeitig mit der persönlichen Musikquelle (einem sogenannten Personal Auracast Transmitter) und dem Auracast-fähigen PA-System des jeweiligen Gates (als Public Auracast Transmitter) verbinden. Wie bei den Fernsehern und Laptops sind auch hier Module geplant, um vorhandene PA-Systeme nachzurüsten, die

hier allerdings nicht Streamer oder Dongles, sondern Adapter genannt werden.

Ein weiteres Anwendungsbeispiel wurde in Berlin lediglich skizziert. Dabei ermöglicht ein System Apothekern, über Headsets mit hörgeschädigten Kunden zu kommunizieren, die ein Hörgerät mit Auracast haben. Da sich die Hörgeräte auch hier in einen Broadcast-Stream einklinken, ist eine verschlüsselte Verbindung unverzichtbar, damit sich nicht über alle Auracast-Empfänger im Raum das Gespräch mithören lässt. Als Lösung ist angedacht, dass das Passwort bei jedem neuen Kunden automatisch wechselt. Der würde sich dann etwa mit seinem Smartphone über einen QR-Code in den aktuell verfügbaren Stream einloggen.

### Alles unter Kontrolle

Damit sind wir aber auch bei einem Knackpunkt von Auracast, nämlich dem Management der Auracast-Verbindungen. Im vermeintlich einfachsten Fall übernimmt

diese Aufgabe der Empfänger selbst: Er scannt also die Umgebung nach verfügbaren Streams und klinkt sich in diese ein.

„Vermeintlich“ deshalb, weil die Bedienung aufgrund der verschiedenen Anwendungsfälle schnell komplex wird. Ein Wechsel zwischen den Streams dreier Fernseher im Fitnessstudio ist noch machbar, wenn man einmal davon absieht, dass an vielen Bluetooth-Kopfhörern heute bereits eine Reihe von Tasten zu finden ist, die zudem nicht selten doppelt belegt sind.

Doch wie loggt man sich am Flughafen in das PA-System des richtigen von vielleicht 50 Gates ein? Und wie gibt man im Kino das Passwort des verschlüsselt übertragenen Streams ein?

Üblicherweise läuft dieses Management über den neu geschaffenen „Auracast-Assistenten“. Laut Bluetooth SIG scannt dieser nach verfügbaren Streams und bietet ein Interface, um den oder die passenden auszuwählen. Er selbst verbindet sich nicht mit dem Sender, sondern weist lediglich den Empfänger (Ohrhörer, Hörgeräte, Lautsprecher usw.) an, die entsprechenden Sendungen zu empfangen und wiederzugeben.

Der Assistent sorgt auch dafür, dass Auracast-Empfängerpaare miteinander synchronisiert werden, sodass eine Änderung auf einem der beiden Empfänger sofort an den anderen übertragen wird. Dieser Fall wird nicht nur etwa beim Ein-



**Auracast-Demo: Am Flughafen sollen Passagiere zusammen von einem Sender Musik hören können, ohne Gefahr zu laufen, die Ansagen am Gate zu verpassen.**





**JBL liefert seine Auracast-fähigen In-Ears mit einem LadeCase aus, über dessen Touchscreen sich der gewünschte Broadcast-Stream auswählen lässt.**

ebenfalls die meisten Funktionen optional sind – was für den Kunden bedeutet, dass er genau hinschauen muss, um auch genau das zu bekommen, was er wollte.

Auch bei Auracast selbst muss nicht jedes Gerät alle Möglichkeiten des Standards zwingend unterstützen. So gibt es beispielsweise neben den vorgeschriebenen auch optionale Übertragungsprofile, die nur für Spezialfälle notwendig sind. Will man Auracast also etwa für Konferenzsysteme einsetzen, ist man gut beraten, sich vor dem Kauf genauer zu informieren.

### Fazit

Mit Auracast hat die Bluetooth SIG die Grundlage für eine Reihe äußerst spannender Anwendungen geschaffen. Allein die Möglichkeit, sich künftig mit Bluetooth-Kopfhörern einfach in Fitnessstudios, Museen und auf dem Flughafen in Audiostreams einzuklinken, wäre ein großer Schritt nach vorne.

Doch bei einem genaueren Blick auf die Spezifikation zeigt sich schnell, dass die Pläne nicht ganz simpel umzusetzen sind. Zudem lehrt uns die Erfahrung mit HDMI, dass Herstellerinteressen und unterschiedliche Auslegungen der Spezifikationen schnell zu – gewollten oder ungewollten – Inkompatibilitäten führen können.

Vor diesem Hintergrund gingen wir mit einigem Bauchgrummeln in die Tests der ersten Auracast-Geräte. Und der nachfolgende Artikel bestätigt, dass unsere Befürchtungen keineswegs grundlos waren.

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

### Literatur

- [1] Nico Jurrán, Neue Töne von Blauzahn, Bluetooth erhält komplett neue Audio-Architektur, c't 3/2020, S. 34

satz mehrerer Kopfhörer wichtig, sondern bereits bei der Nutzung eines einzelnen True-Wireless-Ohrhörers, da die Datenströme für den rechten und den linken Kanal – wie anfangs beschrieben – nun getrennt übertragen werden.

Ein solcher Assistent kann bei In-Ears beispielsweise in einem Ladekästchen mit Touchscreen stecken, wie bei JBLs Tour Pro 3 (siehe S. 98). Als weitere Möglichkeit nennt die Bluetooth SIG beispielsweise spezielle Fernbedienungen oder Smartwatches mit passender Software. Die meisten Audiogerätehersteller dürften sich jedoch dazu entscheiden, auf Smartphones und eine darauf laufende Assistentenanwendung zu setzen. Auch die gesamte IFA-Präsentation der SIG lief so ab.

### Assistent gesucht

Da Bluetooth LE Audio samt Audio Sharing über Broadcasting bereits vor fast fünf Jahren erstmals präsentiert wurde und die Spezifikation seit Mitte 2022 fertig ist, könnte man meinen, dass der Auracast-Assistent mittlerweile direkt in Smartphone-Betriebssystemen zu finden ist. Doch weit gefehlt: Bei Android und iOS ist nichts von Auracast zu sehen, Apple und Google schweigen sich zu dem Thema aus. Immerhin sind mittlerweile die ersten Smartphonehersteller, allen voran Samsung, in die Bresche gesprungen und haben die Bluetooth-Funktionen ihrer Geräte entsprechend erweitert.

Eigentlich hätte die Bluetooth SIG selbst recht leicht eine Lösung für diese verzwickte Lage bieten können, etwa mit einer eigenen Referenz-App für Android- und iOS-Geräte, die herstellerübergreifend mit allen Auracast-Empfängern zusammenarbeitet. Doch eine solche existiert nicht. Unsere Frage an den Verband,

warum dies so ist und ob man eventuell noch Abhilfe schaffen will, blieb bis zum Redaktionsschluss unbeantwortet.

Somit liegt es nun vor allem an den Herstellern der Audiogeräte, auch die Assistentenanwendungen bereitzustellen. Doch die Unternehmen sehen sich bei der Umsetzung der Spezifikationen nach eigenen Angaben mit einigen, nicht näher spezifizierten Herausforderungen konfrontiert.

### Alles geht, nichts muss

Wer als Anwender Auracast nutzen möchte, sollte auf jeden Fall darauf achten, dass das gewünschte Produkt dieses Feature explizit unterstützt. Laut Bluetooth SIG ist dies nur sichergestellt, wenn das Gerät beziehungsweise dessen Verpackung das Auracast-Logo trägt.

Es reicht keinesfalls aus, dass ein Hersteller angibt, sein Gerät unterstütze Bluetooth 5.2 oder LE Audio. Dies ist etwa bereits der Fall, wenn es den neuen Audio-Codec LC3 verarbeiten kann. Auracast ist hingegen ein optionales Feature. Insofern nähert sich Bluetooth der digitalen Audio/Video-Schnittstelle HDMI an, bei der

**Listen Technologies und Ampetronic haben ein Auracast-System für Konferenzen entwickelt. Die Dockingstationen laden die Empfänger nicht nur auf, sondern ermöglichen unter anderem eine zentrale Konfiguration.**





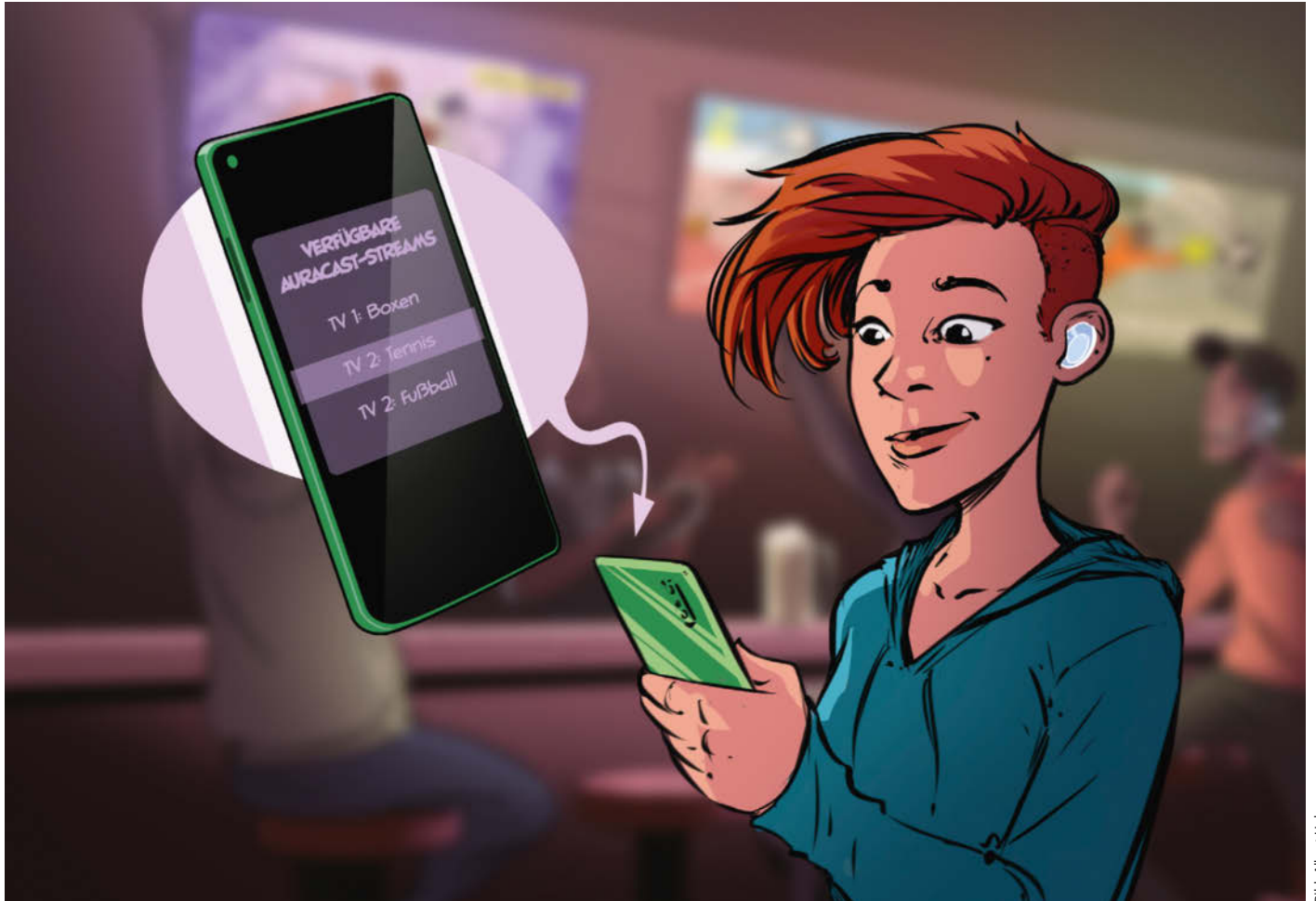


Bild: Albert Hulim

# Dauert noch

## In-Ear-Kopfhörer mit Bluetooth Auracast im Test

**Mit Auracast können beliebig viele Nutzer denselben Bluetooth-Audio-Stream hören. Nach jahrelangem Warten sind nun erste kompatible In-Ear-Kopfhörer erhältlich. Im Test zeigen sie etliche Kinderkrankheiten und dass der Erfolg der Technik nicht zuletzt von Apple und Google abhängt.**

Von Robin Brand

Seit der Ankündigung sind ein paar Jahre vergangen, doch jetzt sind erste Geräte mit Bluetooth Auracast erhältlich, darunter neben Fernsehern, Smartphones und Hörgeräten auch einige Kopfhörer. Wir haben sechs der ersten Vertreter ausgiebig auf ihre Kommunikationstalente getestet.

Als Auracast bezeichnet die Bluetooth Special Interest Group (SIG) eine Broadcasting-Funktion, mithilfe derer sich beliebig viele Hörer in einen Bluetooth-Broadcast einklinken können. So kann man den Audiostream seines Smartphones teilen oder am Flughafen dem andernfalls stumm vor sich hin sendenden

Fernseher lauschen. Mehr zu Anwendungsszenarien und technischen Grundlagen lesen Sie im Artikel auf Seite 94.

In diesem Test haben wir uns angeschaut, wie die ersten Versuche der Hersteller aussehen, Auracast für Kopfhörer umzusetzen. Den Einstieg bilden die günstigen Creative Zen Air Pro und Earfun Air Pro 4 mit Preisen ab 40 Euro. Das restliche Testfeld, bestehend aus JBL Tour Pro 3, Samsung Galaxy Buds3 Pro, Sennheiser Momentum 4 TWS und Sony WF1000-XM5, gehört mit Preisen um 200 Euro zur Premiumklasse.

Manche Hersteller machen es Kunden schwer, überhaupt zu erkennen, ob ihre

Kopfhörer Auracast beherrschen, denn nicht immer geht das aus den Angaben hervor. Bluetooth LE Audio bringt nicht zwangsläufig Auracast mit sich. Und andersherum muss es nichts bedeuten, wenn Auracast mit keinem Wort erwähnt wird. So bewirbt Google die Pixel Buds 2 Pro nicht mit der neuen Broadcast-Technik. Mit einem entsprechenden Smartphone verbunden, sollen sie jedoch sehr wohl Auracast-fähig sein, kurioserweise aber nicht mit einem der aktuellen Pixel-Smartphones, wie unter anderem der Blog 9to5Google berichtet. Für den Test erreichten uns die Buds zu spät.

Auch die Bluetooth SIG hilft kaum, denn sie pflegt nur eine unvollständige Liste mit insgesamt 72 Geräten (siehe [ct.de/ybzy](https://ct.de/ybzy)), darunter Hörgeräte, Fernseher, Tablets, Kopfhörer und Smartphones. Einige davon sind hierzulande nicht erhältlich, manche wie die Creative Zen Air Pro fehlen. Und nicht alle Geräte, die gelistet sind, beherrschen Auracast tatsächlich, zumindest nicht so, wie die Technik gedacht ist. Zu den wenigen aufgeführten Kopfhörern zählen auch die Jabra Elite 10. Allerdings hat der Hersteller Auracast auf eher krude Art und Weise implementiert, weshalb wir sie aus dem Test genommen haben. Schließt man das Case per USB-C oder 3,5-mm-Klinke an ein Notebook an, sendet es dessen Audiosignale per Auracast an die Kopfhörer, aber nur an diese. Mit anderen Kopfhörern fanden wir den Stream zwar, für diese allerdings war er passwortgeschützt. Mit den Jabra-Kopfhörern wiederum fanden wir einzig den Stream des eigenen Case. Wozu diese Begrenzung der Technik gut sein soll, hat uns Jabra bis Redaktionsschluss nicht verraten.

## Die Übertragung

Die SIG unterscheidet zwischen drei am Auracast-Stream Beteiligten: Transmitter, Receiver und Assistant, wobei Letzterer nicht zwingend notwendig ist. Als Sender (Transmitter) dient beispielsweise ein Fernseher oder ein Smartphone, als Empfänger (Receiver) ein Kopfhörer. Voraussetzung, um Auracasts zu senden oder zu empfangen, ist Bluetooth mindestens in der Version 5.2 samt LE-Audio.

Ein Assistant ist zum Beispiel ein Smartphone, das die verfügbaren Auracasts anzeigt. Diese Rolle können theoretisch auch mit älteren Bluetooth-Chips ausgestattete Geräte übernehmen. Sollen Fernseher zum Senden von Auracasts befähigt werden, ist das mit einem Nachrüst-

Dongle möglich. Philips hat einen solchen angekündigt, bei Redaktionsschluss war dieser aber noch nicht verfügbar.

Nur 13 Smartphones listet die Bluetooth SIG als unterschiedlich Auracast-fähig: das Sony Xperia 1 VI, vier Xiaomi-Smartphones sowie acht aktuelle Samsung-Smartphones der Galaxy A- und S-Serien. Dient ein solches Gerät als Vermittler zwischen Kopfhörer und Sender, ist die Verbindung besonders einfach hergestellt: Das Smartphone erkennt, dass ein Kopfhörer mit Auracast-Funktion gekoppelt ist. Die Suche nach verfügbaren Streams kann man über das Bluetooth-Menü anstoßen und sich dort in den Stream der Wahl einbuchen. Das hat bei uns mit einem Galaxy S24 Ultra und allen getesteten Kopfhörern problemlos funktioniert.

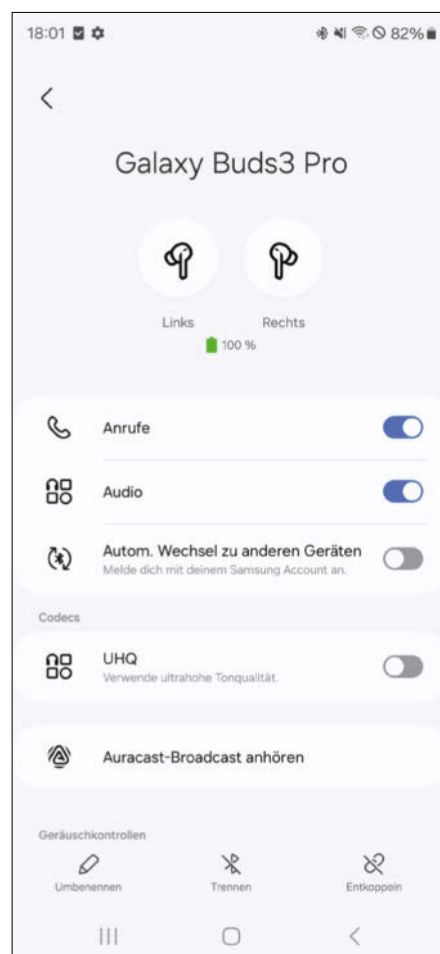
Doch was tun, wenn man ein Smartphone nutzt, das Auracast nicht nativ unterstützt? Dann ist man aktuell darauf an-

gewiesen, dass der Kopfhörerhersteller eine App bereitstellt, die den Scan übernimmt. Im Test beherrschten das nur die von Earfun und Sennheiser. Mit der App kann man die Kopfhörer auf die Suche nach Streams schicken und dann eines der angelieferten Ergebnisse auswählen. So kann man mit den Kopfhörern der beiden Hersteller auch mit älteren Android-Smartphones und iPhones Auracasts hören.

Einfacher wäre es, Apple und Google als Macher der Betriebssysteme würden den Scan direkt in diese integrieren. Hinweise auf eine entsprechende Funktion haben Entwickler schon vor längerer Zeit im Code von Android 15 entdeckt. Doch bis heute hat Google sie nicht umgesetzt. Auf unsere Anfrage lässt das Unternehmen lediglich ausrichten, man habe „diesbezüglich nichts anzukündigen“. Die Auracast-fähigen Pixel Buds lassen uns aber vermuten, dass Google bald mindestens auch seine Smartphones fit machen wird. Würde der Scan auf Android-Ebene eingeführt, könnten auf einen Schlag Millionen weiterer Smartphones in die Rolle des Auracast-Assistants schlüpfen. Nichts bekannt ist über Apples Auracast-Pläne, genauso wenig wie über eine mögliche OS-übergreifende App der Bluetooth SIG selbst. Und so sind Auracast-fähige Kopfhörer aktuell noch keine Garantie, dass man sich auch in Streams einwählen kann, wenn man nicht auch ein dafür geeignetes Handy hat.

Ganz ohne Smartphone funktioniert JBLs Ansatz, zumindest in der Theorie: Die Kopfhörer Tour 3 Pro stecken in einem Ladcage mit Display. Mit wenigen Fingertipps aufs Display soll man Auracasts finden, suchen und auswählen, während das Handy in der Tasche bleibt. Im Test klappete das aber nur mit einem Stream desselben Herstellers, den wir mit dem Lautsprecher Clip 5 sendeten. Auracast-Streams, die wir mit dem Samsung-Smartphone aufspannten, fanden die Kopfhörer nicht mithilfe des Case. Dafür benötigten sie Nachhilfe eines Assistenten in Form eines Auracast-fähigen Smartphones.

Nach Bekunden der Bluetooth SIG sollen außerdem Tipper auf dem Earbud oder auf einem Knopf auf dem Ladcage eine Möglichkeit darstellen, verfügbare Auracasts ohne Hilfe eines Smartphones zu durchsuchen. Allerdings fehlt uns die Fantasie, wie das funktionieren soll, ohne dass sich die Tippmuster mit der Mediensteuerung ins Gehege kommen, zumal,



**Neuere Samsung-Smartphones wie das Galaxy S24 suchen auf Betriebssystem-Ebene nach Auracasts. So kann man sich mit jedem Auracast-fähigen Kopfhörer mit Streams verbinden.**



### Creative Zen Air Pro

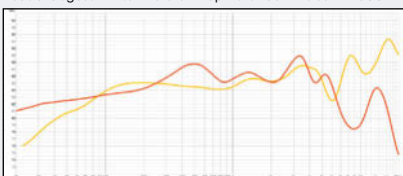
Den Einstieg in die Welt der Auracast-fähigen In-Ears bilden die Creative Zen Air Pro. Gerade einmal 40 Euro kosteten sie bei Redaktionsschluss. Um sich mit Auracast-Streams zu verbinden, sind die Kopfhörer auf ein Smartphone als Assistent angewiesen. In der App selbst kann man nicht nach Broadcasts suchen, eine entsprechende Funktion will der Hersteller per Update nachreichen. Mit unserem Samsung-Smartphone verbunden, buchten sich die Kopfhörer problemlos in verfügbare Streams ein, allerdings war die Übertragung mitunter sehr artefaktbehaftet.

Klanglich genügen die Kopfhörer, wenn man keine allzu hohen Ansprüche hat. Creative verpasst ihnen ein kräftiges, aber aufgrund der zurückgenommenen Höhen etwas muffiges Klangbild. Deutlich besser gefällt in dieser Hinsicht das teurere Schwestermodell Creative Aurvana Ace. Der Transparenzmodus rauscht hörbar und überträgt Umgebungsgereusche etwas dumpf. Die aktive Geräuschunterdrückung (ANC) verrichtet ihre Arbeit zumindest gegen gleichbleibende Störgeräusche wirkungsvoll.

- ↑ günstiger Auracast-Einstieg
- ↓ muffiger Klang

Preis: 40 Euro

Quelle: eigene Messung, gelbe Kurve zeigt jeweils unseren neutral abgestimmten Referenzkopfhörer Sennheiser HD600.



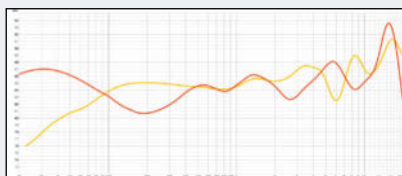
### Earfun Air Pro 4

Der recht unbekannt Hersteller Earfun hat geschafft, was im Test sonst nur Sennheiser gelungen ist: Mit einer App des Hersteller befiehlt man den Air Pro 4 nach Auracast-Streams zu suchen. Auf Android-Geräten funktionierte das im Test reibungslos, auf unserem iPhone mussten wir die App nach einem Update der Firmware zunächst löschen und neu installieren, bevor die Kopfhörer Auracast-Streams in der Nähe nicht nur suchten, sondern auch fanden.

Auch abgesehen von der Auracast-Implementierung sind die Air Pro 4 für einen 80-Euro-Kopfhörer überraschend gut ausgestattet. Sie beherrschen Multilink-Bluetooth und verstehen die hochwertigen Codecs aptX Adaptive und LDAC. Den Bass heben die Pro 4 deutlich an, spielen ihn aber nicht so präzise wie zum Beispiel die Sennheiser Momentum TW 4. Im Vergleich zu den günstigeren Creative Zen Air Pro gefallen die klaren Höhen der Earfun besser. Die ANC arbeitet auf gutem, nicht höchstem Niveau, der Transparenzmodus gefiel uns besser als der der teureren Sennheiser Momentum 4 TW.

- ↑ Auracast-Scan per App
- ↑ guter Transparenzmodus

Preis: 80 Euro



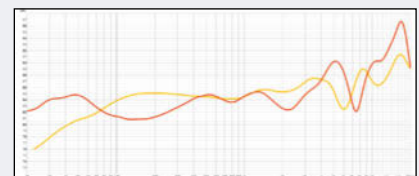
### JBL Tour Pro 3

Mit dem Lade-case mit Display setzen sich die JBL Tour 3 Pro ab von der Konkurrenz. Schließt man es per USB-C oder Klinke an ein Abspielgerät an, greift es das Audiosignal ab und sendet dieses per Auracast. So kann man sich mit den Tour 3, aber auch mit anderen Kopfhörern in den Broadcast einwählen. Andersherum kann man die Suche nach Auracast-Streams in der Nähe auch einfach auf der Anzeige anstoßen, ganz ohne Smartphone. Im Test fanden die Tour 3 aber nur den Stream der Lautsprecherbox Clip 5 vom selben Hersteller, aber nicht die Streams von Geräten anderer. Zum Verbinden mit „fremden“ Streams waren sie auf die Hilfe eines Auracast-fähigen Smartphones angewiesen.

Klanglich gefallen die JBL mit detailreich-neutralem Sound. Die ANC gehört zu den besseren im Test, der glockenklare Transparenzmodus arbeitet auf höchstem Niveau. Wer möchte, kann Stimmen extra verstärken.

- ↑ cleveres Case ...
- ↓ ... das nicht alle Auracasts findet

Preis: 250 Euro







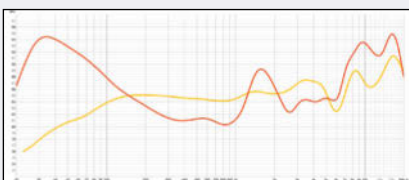
### Samsung Buds3 Pro

Samsung zeigt sich in Sachen Auracast als Vorreiter. Die neueren Smartphones des Herstellers scannen auf Betriebssystem-Ebene nach verfügbaren Streams, wenn ein passender Kopfhörer verbunden ist. So ist man nicht darauf angewiesen, dass der Kopfhörerhersteller eine App dafür baut. Auch diverse neuere Samsung-TVs und Tablets beherrschen den neuen Bluetooth-Modus. Während aktuelle Samsung-Smartphones jeden Auracast-fähigen Kopfhörer mit Streams verbinden, stellt der Hersteller den haus-eigenen Earbuds keine App zur Seite, die auf Smartphones anderer Hersteller nach Streams sucht. Auch Multilink-Bluetooth beherrschen die Buds nicht. Der nahtlose Wechsel zwischen mehreren Geräten funktioniert nur, wenn es sich um Samsung-Produkte mit demselben Samsung-Konto handelt.

Die Buds3 Pro klingen enorm druckvoll und bassbetont, finden aber auch in den bassgrollendsten Elektrotracks noch Luft für die Höhen. Der Transparenzmodus gehört zu den besten überhaupt: Er stellt die Umgebung sehr gut verständlich durch und rauscht fast überhaupt nicht. Allerdings blendet die ANC der Sony WF1000-XM5 Störgeräusche noch einen Hauch wirkungsvoller aus.

- 👆 toller Transparenzmodus
- 👆 druckvoller Klang

Preis: 170 Euro



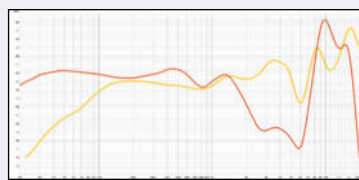
### Sennheiser Momentum TW 4

Sennheiser hat den Momentum TW 4 per Firmware-Update Auracast beigebracht. Der Clou dabei: Die Kopfhörer sind nicht darauf angewiesen, dass das Smartphone selbst LE Audio beherrscht. Per App stößt man einen Auracast-Scan an, woraufhin sich die Kopfhörer auf die Suche begeben. Die App zeigt die vom Kopfhörer gemeldeten Ergebnisse, per Tipp wählt man sich in den Kanal der Wahl ein. Im Test funktionierte das sowohl mit Android-Smartphones als auch mit iPhones, mitunter war die Übertragung aber artefaktbehaftet.

Abgesehen davon punkten die Momentum TW 4 mit druckvollem Sound, wirkungsvoller ANC und effektivem Transparenzmodus. Letzteren setzen die Konkurrenten von JBL, Samsung, und Sony aber besser um. Die knubbeligen Earbuds sitzen mit ihren Gummifinnen auch beim Sport bombenfest. Gegen Spritzwasser sind die Kopfhörer gemäß IP54 geschützt.

- 👆 Auracast-Scan per App
- 👇 Transparenzmodus etwas dumpf

Preis: 240 Euro



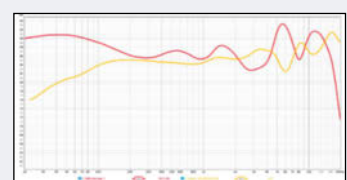
### Sony WF1000-XM5

Zwar hat Sony während unseres Tests den WF-1000XM5 ein nervtötend langes Update eingespielt, doch die Suche nach Auracast-Streams lernte die App dadurch nicht. Aktiviert man dort LE Audio, braucht man weiterhin ein Auracast-fähiges Smartphone. Im Zusammenspiel mit dem Samsung S24 Ultra klappte es problemlos. Die Bluetooth SIG listet das Xperia 1 VI als einziges Sony-Smartphone, das Auracast versteht. Verbindet man sich per LE Audio, sind die Kopfhörer nicht mehr in der Lage, die Verbindung per Multilink zu zwei Geräten gleichzeitig zu halten.

Die WF-1000XM5 klingen unaufdringlich, differenziert und für einen In-Ear-Kopfhörer relativ luftig. Per Equalizer und Bass Boost lässt sich der Klang an eigene Vorlieben anpassen. Die ANC filtert Brummen, Rauschen und andere gleichmäßige Nebengeräusche nahezu perfekt, ebenso Straßenlärm. Lautes Stimmengewirr oder harte Anschläge einer mechanischen Tastatur erreichen das Ohr. Wenn man mal mehr von seiner Umgebung mitbekommen muss, etwa im Straßenverkehr, hilft der sehr gute Transparenzmodus. Die in 20 Stufen verstellbare Verstärkung der Umgebungsgeräusche klingt erfreulich natürlich.

- 👆 wirkungsvolle ANC
- 👆 viele Anpassungsmöglichkeiten

Preis: 240 Euro



wenn sich in Zukunft in Ballungsräumen wie Bahnhöfen oder Flughäfen mehrere, zum Teil passwortgeschützte Auracasts in Reichweite der Kopfhörer befinden.

### PIN schützt Stream

Das JBL-Case hat einen weiteren Trick auf Lager: Steckt man es per USB-C oder 3,5-mm-Klinke zum Beispiel an PC oder Fernseher, greift es den Ton ab und versendet ihn per Auracast. Immerhin das klappte im Test. Mit dem Samsung S24 Ultra verbunden, fanden wir mit allen Kopfhörern den Stream des JBL-Case. Earfun- und Sennheiser-Kopfhörer schafften das auch, wenn sie mit einem iPhone oder einem Google Pixel 9, das selbst nicht scannen kann, verbunden waren. Senderseitig kann man einstellen, wie die Übertragung heißt, ob sie frei verfügbar ist oder per PIN geschützt.

Die Übertragung selbst funktionierte wie von der Bluetooth SIG versprochen angenehm latenzarm, unabhängig davon, ob einer oder mehrere Kopfhörer dem Stream lauschten. Da Auracast als reines Broadcast-Signal ohne Kopplung sendet, spielt es keine Rolle, wie viele Geräte die Sendung abgreifen. Die Verbindung war stets lippensynchron, aber bei Weitem nicht fehlerfrei.

Die Kopfhörer gaben immer wieder Zeugnis davon ab, dass Auracast und LE Audio als dessen übergeordneter Standard zwar lange in der Mache sind, sich aber noch immer im Anfangsstadium befinden. So verloren die Earfun-Kopfhörer manchmal komplett die Verbindung zum Smartphone, wenn wir per LE Audio verbunden waren, was Voraussetzung dafür ist, dass die Kopfhörer Auracasts finden. Sonys

WF1000-XM5 waren außerstande, per Multipoint Verbindungen zu zwei Geräten aufrechtzuerhalten, wenn sie per LE Audio kommunizierten. Und die Übertragung per Auracast an die Creative-, die Sennheiser- und die Sony-Kopfhörer war mitunter deutlich häufiger von Aussetzern und Knacksern entsetzt als die Übertragung per Bluetooth Classic, obwohl laut SIG das Gegenteil der Fall sein sollte. Sendeten wir mit dem JBL-Case, konnten wir auf Empfängerseite nicht die Lautstärke regeln, dies war nur senderseitig möglich.

Auracast ist auf Herstellerunabhängigkeit ausgelegt, schließlich sendet eine Quelle an beliebig viele Empfangsgeräte. Doch im Test war die Verbindung immer dann besonders stabil, wenn Geräte desselben Herstellers involviert werden. Sendete das JBL-Case an die JBL-Kopfhörer, nahmen wir keinerlei Artefakte wahr. Genauso sauber gelang die Übertragung, wenn wir uns mit dem Tandem Samsung S24 und Buds3 Pro in einen Auracast einklinkten.

### Fazit

Noch ist Auracast weit von dem niederschweligen Bluetooth-Broadcast-Profil entfernt, das es einmal werden soll. Denn noch ist das erfolgreiche Senden und Empfangen abhängig von bestimmter Hardware. Mit vier der sechs getesteten Kopfhörer konnten wir uns nur in einen Auracast einklinken, wenn wir mit einem der wenigen Auracast-fähigen Smartphones verbunden waren. Mit allen anderen Smartphones blieb die Tür verschlossen.

Das liegt daran, dass bislang weder Apple noch Google den Scan nach Auracasts ins Betriebssystem integriert haben.

Solange sie das nicht tun, ist man auf den Smartphonehersteller angewiesen oder darauf, dass der Kopfhörerhersteller eine App baut, die scannt. Im Test haben nur Earfun und Sennheiser das umgesetzt. Die App schickt den Kopfhörer auf die Suche nach verfügbaren Auracasts und verbindet diese miteinander. Das funktioniert mit Android-Smartphones, die kein Auracast beherrschen, genauso wie mit iPhones. Allerdings war mit beiden Kopfhörern die Übertragung hin und wieder sehr artefaktbehaftet.

Creative, Samsung und Sony verlassen sich darauf, dass das Smartphone nach Auracasts scannt und die Kopfhörer dann mit diesen verbindet. Noch gibt es nur wenige Smartphones, die dazu in der Lage sind, bislang vornehmlich Samsung-Smartphones. Im Test band das S24 erfolgreich jeden der getesteten In-Ears in Auracasts ein. Einen Smartphone-freien Ansatz verfolgt JBL. Das Case mit Display scannt nach Auracasts, fand im Test aber nur Streams, die eine Lautsprecherbox desselben Herstellers sendete.

Der holprige Start ist bedauerlich, denn Auracast hat für Kopfhörer jede Menge Potenzial: Sei es, um sich latenzarm den Ton des per Auracast-Dongle fit gemachten Fernsehers im Fitnessstudio auf die Ohren zu holen, die Durchsagen am Flughafen-Gate zu hören oder für den gemeinsamen Filmabend mit bombastischem Sound, den das schlafende Kind in Armeslänge entfernt schon nicht mehr hört. Doch damit Auracast sein Potenzial entfaltet, braucht es die Unterstützung von Apple und Google – oder die Bluetooth SIG baut einfach selbst eine plattformübergreifende App. (rbr@ct.de) **ct**

## In-Ear-Kopfhörer mit Auracast-Unterstützung

Modell	Zen Air Pro	Air Pro 4	Tour Pro 3	Buds3 Pro	Momentum TW 4	WF1000-XM5
Hersteller, URL	Creative, <a href="https://de.creative.com">de.creative.com</a>	Earfun, <a href="https://myearfun.com/de">myearfun.com/de</a>	JBL, <a href="https://de.jbl.com">de.jbl.com</a>	Samsung, <a href="https://samsung.com/de">samsung.com/de</a>	Sennheiser, <a href="https://sennheiser.com/de-de">sennheiser.com/de-de</a>	Sony, <a href="https://sony.de">sony.de</a>
Anbindung (Codecs)	Bluetooth 5.3 (SBC, LC3, AAC)	Bluetooth 5.4 LE Audio (SBC, LC3, AAC, aptX Adaptive, LDAC)	Bluetooth 5.3 (SBC, LC3, AAC, LDAC)	Bluetooth 5.4 LE Audio (SBC, LC3, AAC, SSC = Samsung Seamless Codec, SSC-UHQ)	Bluetooth 5.3 LE Audio (SBC, LC3, AAC, aptX Adaptive & Lossless)	Bluetooth 5.3 LE Audio (SBC, LC3, AAC, LDAC)
Schutzart / Gewicht (je Ohrhörer, Case leer)	IPX5 / 5 g, 41 g	IPX5 / 5 g, 44 g	IP55 / 5 g, 71 g	IP57 / 5 g, 47 g	IP54 / 6 g, 66 g	IPX4 / 6 g, 36 g
Auracast-Scan in App des Herstellers	— <sup>1</sup>	✓	— <sup>2</sup>	— <sup>1</sup>	✓	— <sup>1</sup>
<b>Bewertung</b>						
Klang	○	⊕	⊕	⊕	⊕⊕	⊕⊕
Geräuschunterdrückung / Transparenzmodus	○ / ○	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕⊕	⊕ / ⊕⊕	⊕ / ○	⊕⊕ / ⊕
Tragekomfort / Sitzfestigkeit	⊕ / ○	⊕ / ○	⊕ / ○	⊕⊕ / ○	⊕ / ⊕⊕	⊕ / ⊕
Preis	40 €	80 €	250 €	170 €	240 €	240 €
<sup>1</sup> für Scan auf Auracast-fähiges Smartphone angewiesen ✓ vorhanden — nicht vorhanden ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht <sup>2</sup> Scan mit Ladecase; findet im Test nur herstellereigene Auracasts						



# SCRUM MASTER DAY

Kernkompetenzen des Scrum Masters auf das nächste Level bringen

19. Februar 2025 • Online

Beim **Scrum Master Day** geht es um folgende Themen:

- ✔ Flow Management
- ✔ Effektive Moderation
- ✔ Challenge it!
- ✔ Story Telling und Decision Stack
- ✔ Konflikt-Mediation für Scrum Master
- ✔ Wirkungsvoll coachen, ohne zu nerven

Die Konferenz richtet sich an **Scrum Master, Product Owner** und **Produktmanagerinnen**, die die agilen Grundlagen kennen und bereits Erfahrung in der Rolle mitbringen.



Jetzt Frühbucher-ticket sichern!

Workshop am 21. Februar 2025

Kooperationspartner

 Agile Academy

 it-agile

[scrum.inside-agile.de](https://scrum.inside-agile.de)

# OKR DAY

Mit gemeinsamen Zielen zu messbaren Erfolgen

13. März 2025 • Online

Entdecke die Welt von OKR – Objectives and Key Results!

OKR ermöglicht es Unternehmen, klare, fokussierte Ziele (**Objectives**) mit messbaren Erfolgen (**Key Results**) zu verbinden. Anders als herkömmliche Ansätze werden OKR nicht von oben diktiert, sondern auf relevanten Unternehmensebenen mit **aktiver Mitarbeitendenbeteiligung** entwickelt.

Die Konferenz richtet sich an **agile Coaches, agiles Management** und **Führungskräfte, Scrum Master, OKR Master** sowie an alle, die sich für das Thema OKR vertieft interessieren.



Jetzt Frühbucher-ticket sichern!

Workshop am 27./28. Januar 2025

Kooperationspartner

 it-agile

[okr.inside-agile.de](https://okr.inside-agile.de)





Bild: KI, Collage c't

# Bizarrr & einfallsreich

## Die besten Indie-Spiele des Jahres 2024

**Neben den großen Spielen des Jahres sind auch hunderte kleinere Titel erschienen, die vor Einfallsreichtum, überraschenden Ideen und schönen Momenten nur so strotzen. Wir haben zwanzig empfehlenswerte Indie-Games herausgepickt.**

Von Dominik Schott

**K**aum jemand hat mit ihnen gerechnet: Obwohl große Titel wie Call of Duty oder Dragon Age im Spielejahr die Release-Listen prägten, konnten viele kleinere Games von unabhängigen Studios die Festplatten der Spiele-Fans erobern. Die meisten von ihnen waren Überraschungserfolge, die kaum jemand auf dem Zettel hatte und denen es gelang, mit einfallsreichen Ideen die Aufmerksamkeit der spielenden Zielgruppe zu erringen.

Wir haben die besten Indie-Spiele aus verschiedenen Genres herausgesucht, die 2024 erschienen sind, chronologisch sortiert nach Erscheinungsdatum. Sie glänzen mit frischen Ideen, einzigartigen

Schauplätzen oder Geschichten, die auch lange nach dem Abspann noch bei uns blieben.

### Horror im Kundenservice

So manche Kunden-Hotline kann einem einen Schrecken einjagen, doch im englischsprachigen Horror-Rätselspiel **Home Safety Hotline** (Windows, 15 Euro) sind es die Anrufer, die für das Grauen sorgen. Als frischer Angestellter der titelgebenden Hotline lauscht man den Sorgen der Kunden und bietet ihnen die richtige Lösung an. Dafür schlägt man Beschreibungen in einem großen Lexikon nach und versucht herauszufinden, was den Menschen auf

## c't kompakt

- Indie-Games mit einfallsreichen und innovativen Ideen eroberten 2024 die Herzen der Spielefans.
- Darunter waren auch etliche Überraschungshits, die mitunter sogar die Verkaufszahlen der großen Konkurrenten in den Schatten stellten.
- Wir stellen 20 Spiele aus verschiedenen Genres vor.

sichere Auto verlassen, um Hindernisse aus dem Weg zu räumen, die eigenen Vorräte aufzustocken oder kleinere Umgebungsrätsel zu lösen. Die Expeditionen sind nicht nur notwendig, sondern lohnen sich. Mit den geborgenen Teilen baut man Werkzeuge und rüstet nach und nach das Vehikel auf, um den übernatürlichen Gefahren der Zone besser zu trotzen.

### Nervenkitzel mit russischem Roulette

Die Idee von **Buckshot Roulette** (Windows, Linux, 3 Euro) ist ebenso makaber wie faszinierend: Im Hinterhof eines russischen Clubs treten wir in einem tödlichen Duell gegen eine dämonenhafte Schreckensfratze an. Eine Schrotflinte, gefüllt mit scharfer Munition aber auch Blindgängern, wird ähnlich wie beim russischen Roulette abwechselnd auf den Spieler und den Gegenspieler gerichtet. Dann drückt man ab und hofft, dass keine scharfe Munition geladen ist, wenn der Lauf der Pumpgun auf einen selbst zeigt.

Hinter der düsteren Fassade verbirgt sich ein ausgeklügeltes Taktikspiel: Um zu

der anderen Seite der Leitung beschäftigt. Lautes Scharren in den Wänden? Könnten Mäuse sein. Schwarze Flecken an der Kellerdecke? Möglicherweise schwarzer Schimmel. Socken verschwinden nachts und tauchen in Schleim gehüllt Tage später wieder auf? Ziemlich sicher ein Schleimmonster.

Wie bitte, ein Schleimmonster? Ganz genau: Home Safety Hotline handelt nicht nur von Mäusen, Spinnen und anderen alltäglichen Schädlingen, sondern kennt auch eine ganze Reihe von Monstern, die womöglich das Zuhause der Anrufer terrorisieren. Ein, zwei Tage nach dem Telefongespräch melden sich die Kunden zurück und erzählen, ob die Beratung wirklich helfen konnte oder ob wir auf den falschen Übeltäter getippt und die Situation womöglich noch verschlimmert haben. Bei zu vielen Fehlritten droht der Game-Over-Bildschirm. Liegen wir richtig, geht die ungewöhnliche Kundenberatung in die nächste Runde und überrascht immer mal wieder mit einem besonders kuriosen Notfall. Dranbleiben, es lohnt sich!

### Poker-Spiel mit Twist

Dass ein Strategiespiel wie **Balatro** (Windows, macOS, Steam Deck, Switch, Xbox One, PS 4/5, Preis: 14 Euro) zu den Riesenhits des Jahres zählen würde, hatte wohl niemand erwartet. Das Kartenspiel bringt Dinge zusammen, die eigentlich nicht gut zusammenpassen sollten: Auf der einen Seite Poker, ein Kartenspiel, das tiefgehendes Wissen um Kartenkombinationen voraussetzt und zu einem erheblichen Teil auf Glück baut – und auf der anderen Seite Roguelites, also das Spiele-Genre, das den Spielspaß aus häufigem Scheitern zieht,

indem errungene Trophäen und einige Fortschritte in den nächsten Versuch „gerettet“ werden können.

Offenbar funktioniert die Kombination hervorragend, wie Balatro beweist: Im Kern geht es zwar darum, einen Computergegner im Poker zu schlagen, doch gewinnen kann man nur über Synergien der unterschiedlichsten Karten, die je nach Zusammenstellung unterschiedlich viele Punkte generieren. In jeder Runde ist ein Highscore vorgegeben, der zu knacken ist. Die fast 200 Karten können wir nach und nach erspielen. Und die stammen nicht aus der klassischen Pokersammlung: Neben Bube, Dame, König & Co. gibt es Tarot-Karten, diverse Joker und Sondereffekte, die überlegt eingesetzt werden müssen. Ein langzeitmotivierender Spaß, der kluges Taktieren und ja, auch ein bisschen Glück belohnt.

### Roadtrip ins Ungewisse

Den Alltag hinter sich lassen, ins Auto einsteigen und einfach drauflosfahren. **Pacific Drive** (Windows, PS 5, 30 Euro) übernimmt das Motiv des Roadtrips und garniert es mit einer ordentlichen Portion Überlebenskampf, der sich in einem fiktiven Pazifischen Nordwesten Amerikas abspielt.

Im Spiel ist das Auto ein treuer Begleiter unterwegs durch eine abgeschlossene Zone mit übernatürlichen Gefahren. Unterschiedliche Regionen präsentieren verschiedene Herausforderungen: toxische Nebelschwaden, eisige Temperaturen, Tentakel, die aus der Erde stoßen. Der Roadtrip gleicht der Reise eines Astronauten, der die seltsamsten Planeten entdeckt.

Doch es bleibt nicht beim Sightseeing: Immer wieder müssen wir das halbwegs



Eine Hotline der etwas anderen Art: Wer bei Home Safety Hotline anruft, den plagt meist mehr als laute Nachbarn oder schimmelige Tapeten.



Einer der größten Überraschungshits des Jahres: Für Balatro braucht es kaum Poker-Kenntnisse, auch wenn es zunächst den Anschein hat.





**Mit dem Auto durch die Apokalypse – ein Versprechen, das in Pacific Drive trotz seiner Gefahren auch Highway-Romantik bereithält.**



**Makaber, düster, kalt: Buckshot Roulette präsentiert eine abstoßende Welt, in der man einen maskierten Gegenspieler zum mörderischen Duell herausfordert.**

gewinnen, muss man sich nicht nur auf Glück und Wahrscheinlichkeit verlassen, sondern kann auch gezielt Spezialfähigkeiten und Hilfsmittelchen einsetzen, die zu Rundenbeginn zugelost werden. Den Gegner einmal aussetzen lassen? Oder ein Extraleben? Vielleicht lieber doch die Dämonenfratze mit einem Schlag ins Gesicht ablenken, sodass sie nicht sehen kann, wie viele scharfe Patronen in die Waffe geladen werden? All das und mehr ist möglich und macht Buckshot Roulette zu mehr als einem Duell mit Schockerqualitäten.

### Indigenes Indie-Abenteuer

**Tales of Kenzera: Zau** (Windows, Steam Deck, Switch, Xbox, PS 5, Preis: 20 Euro) ist ein 2D-Action-Platformer, der zwar in einer Fantasy-Welt spielt, aber stark von der Realität inspiriert ist. Hintergrund sind die Bantu, eine Gruppe südafrikanischer Ethnien, die einer gemeinsamen Sprachfamilie angehören und viele Mythen und Erzählungen teilen. Es sind diese Ge-

schichten, die das Abenteuer von Zau, einem jungen Schamanen, maßgeblich prägen.

Im Herzen erzählt das Spiel eine Trauergeschichte: Zau hat seinen Vater an das Reich der Toten und der Dunkelheit verloren und will nun alles dafür tun, seinen „Baba“ zurückzuholen. Dafür muss er unterschiedliche Fähigkeiten und magische Kräfte beherrschen, in denen der Mythenschatz der Bantu anklingt. So gewappnet stellt sich Zau den Göttern seiner Welt entgegen, die den Rettungsversuch verhindern wollen. Ein forderndes Jump- & Run, das insbesondere durch seinen Schauplatz im Spielregal auffällt.

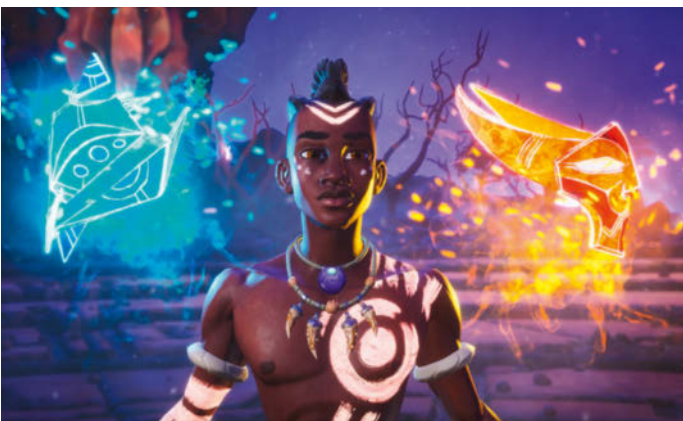
### Rätsel lösen mit Kimme und Korn

Die Geschichte von **Children of the Sun** (Windows, 15 Euro) beginnt mit einem Drama: Eine junge Frau, die fortan nur noch „das Mädchen“ genannt wird, muss den Tod ihrer Liebsten mit ansehen. Sie

schwört Rache, greift zum Gewehr und verfolgt die Täter, die Teil eines morbiden Kults sind. Eine klassische Geschichte also, die allerdings alles andere als klassisch inszeniert wird.

In **Children of the Sun** spielt man nicht nur das Mädchen, sondern vor allem auch die Kugel, die sie auf ihre Opfer abschießt. Was merkwürdig klingt, ist in Wirklichkeit ein kniffliges Puzzlespiel: In jedem Level suchen man zunächst aus sicherer Entfernung die ideale Position für den tödlichen Schuss. Sobald der Abzug gedrückt wurde, übernimmt der Spieler die Kontrolle über die Kugel, die zunächst auf ihr erstes Ziel zu rast und nach dem Treffer in Ultrazeitlupe in eine neue Richtung gelenkt werden kann, idealerweise direkt auf einen weiteren Kultistenkopf oder wenigstens auf eine Oberfläche, die die Kugel in eine neue Richtung abprallen lässt.

Die ungewöhnliche Spielidee belohnt Planung und Geschick, dazu kommt die Optik des Spiels: Grob gezeichnete Silhou-



**Der ungewöhnliche Platformer Tales of Kenzera: Zau erzählt die Geschichte eines jungen Kriegerschamanen, der Nganga werden möchte, ein spiritueller, hoch angesehener Heiler.**



**In Children of the Sun beginnt eine namenlose Heldin einen Rachefeldzug gegen einen Kult. Wir spielen dabei aber nicht sie, sondern die Kugeln, die sie verschießt.**





**Animal Well führt uns in eine surreale Spielwelt voller Geheimnisse: Fast jeder Bildschirm birgt versteckte Puzzles.**

etten, surreale Farbschemata und zu Fratzen verzogene Gesichter prägen die Szenen in *Children of the Sun*, das so viel mehr als nur eine brutal-morbide Rahmenerzählung zu bieten hat.

### Surreale Rätselwelt

Es fällt schwer, von **Animal Well** (Windows, Steam Deck, Switch, PS 5, Xbox Series X/S, 25 Euro) und seiner faszinierenden Welt zu erzählen, ohne versehentlich zu viele Geheimnisse zu verraten, die das Spiel auszeichnen. Als kleine geisterhafte Gestalt springt man durch surreale Level inmitten eines gigantischen, tiefen Brunnens. Die Dunkelheit ist allgegenwärtig und wird nur vom Farbenspiel fluoreszierender Pflanzen und Tiere durchbrochen. Die Aufgabe lautet: einen Weg aus dem unwirklichen Brunnen finden.

Die pixelige, zweidimensionale Spielwelt ist in separate Bildschirme aufgeteilt, die uns fast alle mit Rätseln konfrontieren. Oft müssen wir die erstmal finden, um sie zu lösen. Manchmal genügt es schon, den passenden Schalter für eine verschlossene Tür ein paar Bildschirme weiter zu finden, ein anderes Mal muss ein gigantischer Wolf dazu verführt werden, uns nachzujagen, um ... mehr soll hier nicht verraten werden. *Animal Well* ist kein klassisches Rätselenspiel, sondern vielmehr wortwörtlich ein Erlebnispark voller Geheimnisse, die man im eigenen Tempo entdecken und lösen kann.

### Österreich-Urlaub mal anders

Mit spektakulären Gebirgen und idyllischen Tälern ist Österreich ein beliebtes Urlaubsland. Das dachte sich auch Luisa, Mitarbeiterin einer Rechtskanzlei und Protagonistin von **Dungeons of Hinterberg**



**Dungeons of Hinterberg: Eine Sinnkrise führt eine junge Frau in ein österreichisches Bergdorf, wo ihr neue Freundschaften und zahllose besiegte Monster zurück ins Leben helfen sollen.**

**berg** (Windows, Steam Deck, Xbox One/Series X/S, 30 Euro), die ihrem stressigen Arbeitsleben entflieht und einen Erholungsurlaub im fiktiven Städtchen Hinterberg antritt. Das Naherholungsgebiet macht ein ganz besonderes Freizeitangebot: Monster bekämpfen.

In den Wäldern, Gebirgen und Talsohlen rund um Hinterberg hausen kleine und große Kreaturen, deren Lebensbalken den zahlreichen Touristen als Freizeitunterhaltung dienen. Und so zieht auch Luisa bewaffnet mit einem großen Schwert in die wunderschön gestalteten Level, löst abwechselnd kurzweilige Schalterrätsel und bekämpft Gegnerhorden. Wer einmal eines der „Legend of Zelda“-Spiele ausprobiert hat, wird sich hier wie zu Hause fühlen.

Garniert wird das Action-Rollenspiel von zahlreichen Gesprächen mit den Bewohnern Hinterbergs. Die erklären nicht nur, wie sie zum Massentourismus stehen, sondern helfen Luisa, ihre eigene Lebenssituation mit neuen Augen zu betrachten. Hat sie besonders viel Zeit mit ihnen verbracht, belohnen sie Luisa mit mächtigen Upgrades und neuen Spezialfähigkeiten. All diese Dinge ergeben ein liebenswertes und durchaus forderndes Rollenspiel, mit dem das Entwicklerduo – übrigens beide ebenfalls Österreicher – den Traum vom ersten eigenen Spiel erfolgreich verwirklicht hat.

### Schattenspiel

Auf den ersten Blick unterscheidet sich **Schim** (Linux, macOS, Windows, Steam Deck, Switch, PS 4/5, Xbox One/Series X/S, 25 Euro) von vielen anderen Titeln des Jahres: Minimalistisch gezeichnete und doch detaillierte Level, die oft in nur

ein, zwei Farben Alltagsszenen einer modernen Großstadt zeichnen. Fußgängerzonen, Parks, Industriegebiete und überall die Schatten der Menschen und Objekte, die klar umrissen auf dem Boden zu sehen sind. Diese Schatten sind zentral für *Schim*: Sie sind die Geister dieser Spielwelt, die jedem Objekt und jedem Lebewesen innewohnen.

Ein solcher *Schim* wurde zu Beginn des Abenteuers von seinem Menschen getrennt. Nun muss er zu diesem zurückzufinden, doch der kleine Geist kann sich nur in den Schattenumrissen der Welt bewegen. Statt also einfach eine Straße zu überqueren, muss er auf einen Fußgänger warten, der über den Zebrastreifen wandert, um unbemerkt in dessen Schatten mitzureisen. Die ungewöhnliche Spielidee macht aus dem Platformer *Schim*, der Hindernisse ganz neu denkt, auch ein kurzweiliges Geschicklichkeitsspiel.

### Der Erste Weltkrieg als Horrorspiel

Der Australier Jordan Mochi war schon immer von Geschichte fasziniert, insbesondere die tragischen Berichte aus den Schützengräben des Ersten Weltkriegs bewegten ihn zutiefst. Im Geschichtsstudium brachte er sich selbst die Grundlagen der Spieleentwicklung bei und entschloss sich, ein eigenes Spiel zu machen, das den Horror des Weltkriegs als schaurigen Überlebenskampf nachvollziehbar macht.

Das Ergebnis ist **Conscript** (Windows, Steam Deck, Switch, Xbox One/Series X/S, PS 4/5, 20 Euro). Es fällt mit seinem pixeligen, grob animierten Grafikstil auf. Aber auch das Thema ist spannend: Als französischer Soldat schleicht man durch die Schützengräben auf der Suche nach



Schim ist ein Schattenspiel, das die Gewohnheiten des altherwürdigen Platformer-Genres ordentlich durchwirbelt.



Conscript inszeniert den Ersten Weltkrieg als Überlebenskampf gegen Ratten, feindliche Soldaten, aber auch gegen die Angst, nie wieder nach Hause zurückzukehren.

seinem vermissten Bruder, muss Vorräte suchen und Rätsel lösen. Zwischen den Trümmern lauern deutsche Truppen und hungrige Ratten auf ihre Chance und machen das Horrorspiel zu einem beklemmenden Erlebnis, in dem es häufig klüger ist zu schleichen, statt schießend in die Bresche zu springen.

### Maschinengewehr statt Zauberstab

Ungewöhnliche Zauberer führen in **Tactical Breach Wizards** (Windows, 20 Euro) in die Rundenkämpfe: Keine altherwürdigen Männer und Frauen mit Zauberstäben und langen Umhängen, sondern kampferprobte Spezialeinheiten, die mit Maschinengewehren und sarkastischen Kommentaren bewaffnet eine Verschwörung aufklären müssen, die bis in die innersten Kreise des amerikanischen Geheimdiensts reicht.

Das klingt nach schwerer Story-Kost, ist aber dank des allgegenwärtigen Humors im Spiel leichtherzig inszeniert. Den

Kern von Tactical Breach Wizards bilden die Kämpfe auf engstem Raum. Darin zählte jeder Vorteil, um die oft zahlenmäßig weit überlegenen Gegner zu schlagen. So verbarrikadieren sich die Spielfiguren in Großraumbüros hinter Schreibtischen, springen in Hochhäusern beherzt durch Glaswände oder ducken sich in Kellern hinter Kleiderkisten. Von dort studieren wir das „Schlachtfeld“, um die besonderen Fähigkeiten der Zauberer möglichst effektiv zu nutzen: Die sind, anders als das sonstige Spiel, klassisch. Vom Feuerball bis zum Elektroangriff ist alles dabei, was das Magie-Handbuch hergibt.

Kurz vor und nach den Einsätzen tauschen sich die wundervoll gesprochenen Figuren über das Geschehene aus und investieren auf Anweisung errungene Fähigkeitenpunkte in neue Kräfte oder Waffen. Besonders schön: Alle Zauberer des Teams haben von Anfang an Zugriff auf eine bunte Garderobe, die kaum einen Kostümwunsch offen lässt. Doch sie trauen sich

nicht, direkt in die gewagtesten Zwirne zu springen, weshalb sie mit erfolgreichen Missionen erst ihre Courage stärken müssen. Ein netter Twist für ein klassisches Spielsystem, das die Originalität von Tactical Breach Wizards unterstreicht.

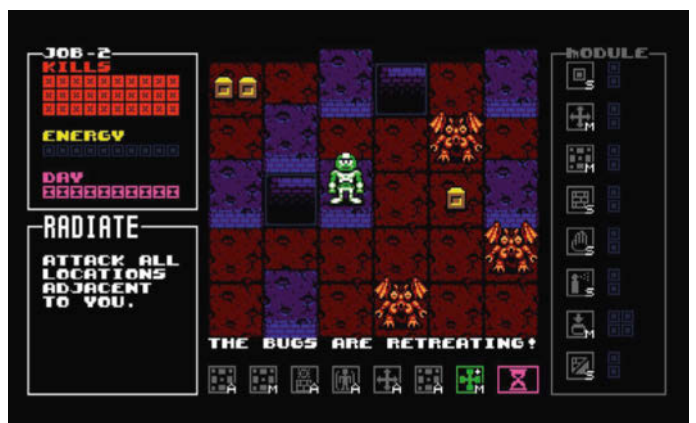
### 50 Spieleklassiker, die es nie gab

**UFO 50** (Windows, 25 Euro) ist weniger ein Spiel denn eine Spieleammlung mit 50 Titeln, die aus der Frühzeit der Spielebranche zu stammen scheinen: vom pixeligen Rollenspiel bis zu einer Kreuzung aus Minigolf und Flipper. Doch all diese Spiele hat es nie gegeben, jedenfalls nicht so, wie es uns UFO 50 erzählen will.

Glaubt man UFO 50, so haben wir es mit dem gesamten Portfolio eines Entwicklerteams zu tun, das ab den 80er Jahren Spiele entwickelte und dabei den ein oder anderen Riesenerfolg feierte. In Wirklichkeit hat es dieses Studio nie gegeben. Stattdessen hat ein kleines Indie-Team nicht nur

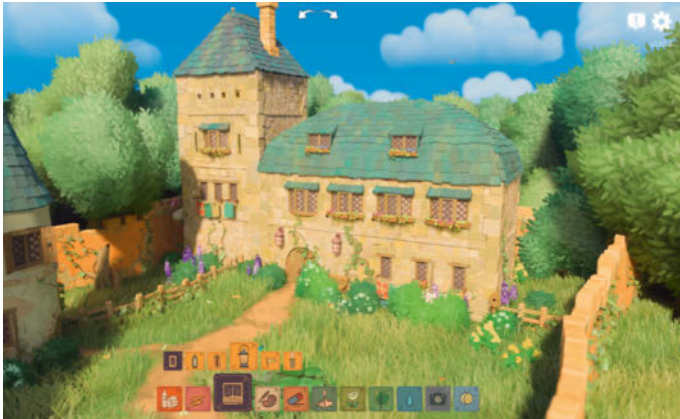


Zugriff! Statt Elitesoldaten stürmen in Tactical Breach Wizards allerdings Zauberer und Gedankenleser mit Maschinenpistolen und viel Humor die Einsatzzentrale.



Die Spieleammlung UFO 50 trägt 50 Titel einer fiktiven Spielefirma zusammen, die nie existiert hat. Ein ungewöhnliches Experiment, in dem es viel zu entdecken gibt.





**Tiny Glade** ist ein Baukasten, der Entspannung und Experimentierfreude in den Vordergrund stellt. Mit wenigen Klicks entstehen hier wunderschöne Burgruinen.



In der mystischen Welt von **Drova** erkundet die Spielfigur eine offene Welt, erledigt Quests, handelt, sammelt Ressourcen und baut Ausrüstung.

eine fiktive Spielesammlung erdacht, wie sie vor 30 Jahren hätte entstehen können, sondern auch eine Firmengeschichte erfunden, die in den 50 Spielen nach und nach erzählt wird. Mal explizit in Beschreibungstexten der einzelnen Titel, in denen von langen Nächten voller Überstunden oder drückenden Deadlines die Rede ist, mal ganz subtil innerhalb der Spiele selbst. Einer der frühen Firmenhits sei ein UFO-Spiel gewesen, das nicht nur mehrere Fortsetzungen innerhalb des Portfolios erhielt, sondern auch das Firmenlogo maßgeblich inspirierte.

Damit gelingt UFO 50 das Kunststück, nicht nur mit kreativen Spielen zu unterhalten, sondern außerdem auf eine spannende Spurensuche zu schicken, um die Geschichte der fiktiven Firma nach und nach zusammenzusetzen.

### Baukasten im Mittelalter

**Tiny Glade** (Linux, Windows, 14 Euro) begann als technisches Experiment: Das Ent-

wicklerduo Anastasia Opara und Tomasz Stachowiak von Pounce Light wollte eine Engine programmieren, die wie ein virtueller Baukasten in Echtzeit Architektur entwirft und neue Bausteine sinnvoll und organisch einbaut. Nach vielen Versuchen glückte das Experiment und den beiden wurde klar: Da steckt eine Spielidee drin!

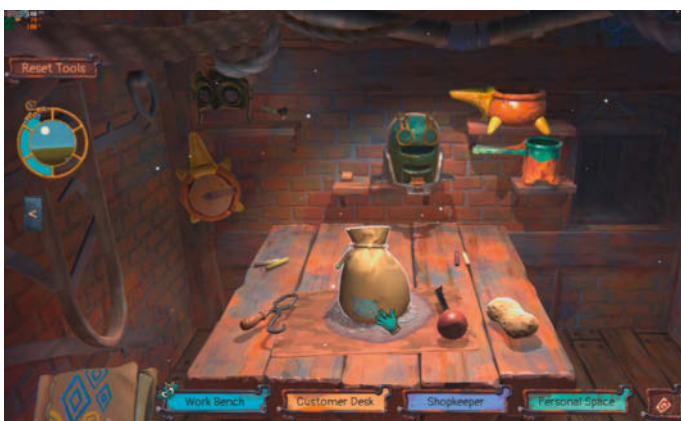
Aus dem Prototypen entstand Tiny Glade, ein Architekturbaustein, der mit wenigen Klicks eine imposante Schlossruine auf eine Waldlichtung zaubert. Der besondere Kniff des Spiels: Es gibt nur wenige Grundbausteine, etwa einen Turm, eine Mauer und ein Haus. Deren Maße lassen sich ändern, man kann sie beispielsweise höher und breiter ziehen und ineinanderschieben, sodass ganz neue Objekte entstehen. Mit Fenstern, Kaminen, Blumen und Bäumen lassen sich die Gebäude verzieren. Diese Möglichkeiten nach und nach zu entdecken und kleine, zauberhafte Dioramen zu bauen, macht den Reiz des Titels aus, der zu

einem Überraschungshit wurde. Es gibt keine Ziele, keine Aufgaben, keine Einschränkungen außer den Grenzen des Baukastens.

### Rollenspiel-Renaissance

Zum Kulturgut der deutschen Spielebranche gehört das Gothic-Franchise aus den frühen 2000ern: Rollenspiele, die eine düstere Fantasy-Welt mit kernigen Ruhrpott-Sprüchen anreicherten. Über 20 Jahre später hat ein junges Indie-Team aus Magdeburg einen geistigen Nachfolger veröffentlicht, der in Gothics Fußstapfen treten, aber auch eine eigene Identität haben soll: das Pixelart-Action-Rollenspiel **Drova – Forsaken Kin** (Linux, macOS, Windows, Switch, Xbox One/Series X/S, PS 4/5, 25 Euro).

Nach einem missglückten Ritual landet die Spielfigur in einer Fantasy-Parallelwelt, die von einem großen Konflikt beherrscht wird: Eine Stadt und ihre Bewohner wollen in der Parallelwelt bleiben und

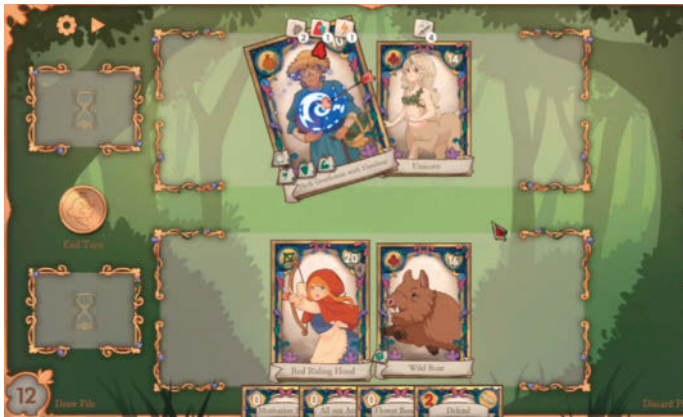


Wie befriedigend Aufräumen und Saubermachen sein kann, demonstriert **Trash Goblin**, in dem es einzig und allein um den Kampf gegen den Dreck geht.



**Oddada** bietet einen ungewöhnlichen Mix aus Puzzlespiel und Musikbox, der in hübscher Klötzchenoptik zum Mitwippen und Ausprobieren einlädt.





**Bewaffnet mit Spielkarten und Würfeln erkundet man in *Once Upon a Rogue's Tale* eine von den Märchen der Gebrüder Grimm inspirierte Geschichte.**



**Closer The Distance inszeniert die Trauerbewältigung einer Kleinstadt als gefühlsvolles Simulationsspiel, das sich sensibel mit Tod und Vergänglichkeit auseinandersetzt.**

das Beste aus ihrer neuen Heimat machen. Doch eine rivalisierende Gemeinschaft, die in Ruinen haust, will entkommen. Und mittendrin: unsere Spielfigur, die sich mit beiden Fraktionen arrangieren muss.

Genreklassisch muss die Spielfigur vom kleinen Licht zum berühmten Helden aufsteigen, um wirklich mitreden zu können. Dafür erledigen wir zahllose Quests, kämpfen gegen Tiere, Monster und Menschen und staunen über ungewöhnliche Details wie den Verzicht auf einen Questmarker, der uns den Zielort für eine Aufgabe anzeigt. Stattdessen müssen wir selbst den richtigen Weg finden, uns in der Welt orientieren und genau den Anweisungen der übrigen Bewohner folgen, die wissen, wo es lang geht. Hoffentlich.

### Spaß beim Saubermachen

Schon seit vielen Jahren gehören Saubermachspiele wie der PowerWash Simulator zu den kuriosesten und kommerziell erfolgreichsten Titeln der Spielewelt. **Trash Goblin** (Windows, 15 Euro) bereichert dieses Genre um eine neue Idee. In einer klassischen Fantasy-Welt voller Elfen, Orks und Zauberern schlüpfen wir in die Rolle eines festangestellten Goblins in einem Schrottladen. Dort befreit er alte Artefakte, abgenutzte Waffen und heruntergerockte Rüstungen vom Schlamm und Dreck und verkauft sie anschließend. Das Putzen ist dabei genauso befriedigend, wie es sich Fans von Saubermachspielen nur wünschen könnten: Mit Hammer und Meißel entfernt der Goblin grobe, feste Verschmutzungen, bevor verschiedene Schwämme und Bürsten die Reste verschwinden lassen.

Mit jedem geputzten Objekt vergeht Zeit – man muss also genau abwägen, in

welche Säuberungsaktionen der Goblin die wertvollen Stunden eines Arbeitstags investieren soll. Nicht immer sind alle Gegenstände gleich stark von der Kundschaft gefragt, ganz egal, wie glänzend sauber die Oberflächen strahlen. So findet eine willkommene Taktiknote ihren Weg ins Spiel.

Apropos Kundschaft: Die taucht regelmäßig am Ladenfenster auf und äußert ihre Wünsche. Ist das passende Stück im Inventar, kann der Preis über ein Minispiel noch verhandelt werden und schon klingeln die Kassen. Mehr Geld bedeutet mehr Budget für neue Putzausrüstung und verkrustete Artefaktzukaufe. Ein niemals endender Kreislauf aus Ankauf, Putzen und Verkauf, der mehr Spaß macht, als man glauben mag.

### Kreativer Musikbaukasten

Für den Musikbaukasten **Oddada** (macOS, Windows, Steam Deck, 10 Euro) haben die Entwickler Sven Ahlgrimm und Mathilde Hoffmann bereits mehrere Auszeichnungen erhalten. In **Oddada** komponieren Spielende eine eigene Melodie, die sie Instrument um Instrument selbst zusammenbauen. In mehreren aufeinanderfolgenden Leveln interagiert man mit originellen Spielzeuginstrumenten, deren Funktionsweise erst erkundet werden muss, um dann Töne zu erzeugen und zu kombinieren. Mal gilt es, auf einer Wüstenlandschaft Felsen und Kakteen zu verrücken, die je nach gewählter Position einen unterschiedlich hohen oder tiefen Ton erzeugen. Anderswo experimentieren wir mit den Wellen eines Oszilloskops oder bewegen Figuren über ein Schachbrett, immer begleitet von Tönen und Geräuschen, die auf unsere Versuche reagieren.

Gefällt die so erspielte Melodie, zieht der Musikzug weiter und ein weiterer Baustein kommt hinzu.

Ist das Musikstück nach einer Handvoll Stopps fertig, inszeniert man die einzelnen Teile in einer Performance als Song. Der landet auf einer Kassette, die verziert mit Stickern und Schriftzügen der jederzeit aufrufbaren Sammlung hinzugefügt wird. Der Song lässt sich auch als MP3-Datei auf der Festplatte speichern. Spieldurchlauf um Spieldurchlauf schalten neue Rätsel und Instrumente frei, die für ständige Abwechslung sorgen. Damit ist **Oddada** ein einzigartiger Musikbaukasten in Spielklötzchenoptik, der nicht nur etwas für Musikbegeisterte ist.

### Märchen mal anders

Das Kartenspiel **Once Upon a Rogue's Tale** (Windows, 13 Euro) begann nicht als Spielidee, sondern als Illustrationen, die eine Künstlerin begleitend für ihre Bachelor-Arbeit anfertigte. Das deutsche Indie-Studio PolyPirates wurde darauf aufmerksam und verwandelte sie in ein Spiel, das seit August im Early Access auf Steam ist. Die Geschichte ist angelehnt an bekannte Märchen, wir begegnen etwa Rotkäppchen und dem großen bösen Wolf, der in Großmutter's Kleidung durch den Wald irrt. Also bekämpfen wir ihn, siegen und müssen dann erfahren, dass der Wolf eigentlich ein Schneider ist, der für Großmutter neue Kleider nähen wollte und sie kurzerhand selbst anprobiert hat. Nett!

Das Spiel verpackt die Geschichte in ein Roguelike-Kartenspiel: Gegner wie auch die Spielfigur spielen rundenweise Karten aus, die Schaden anrichten, Rüstungspunkte steigern oder Fähigkeiten aktivieren. Ausgespielt werden können



**Das Abenteuer einer kleinen Krabbe in *Another Crab's Treasure* führt quer durch die Ozeane und an die ölverschmutzten Strände eines tropischen Paradieses.**



**In *Empire of the Ants* ist es eine Ameise, die ihren Stamm zu ewigem Ruhm – oder wenigstens bis zur nächsten Lichtung – führen muss.**

nur die Karten, die zuvor über einen passenden Würfelwurf aktiviert wurden. Das ergänzt das Taktikspiel um einen kleinen Glücksfaktor, der Würze in das märchenhafte Abenteuer bringt.

### Spiel über das Trauern

Jeder Mensch trauert anders. Und obwohl dieser schwierige Prozess so persönlich ist, gelingt es dem Point-&-Click-Adventure **Closer the Distance** (Windows, Xbox Series X/S, PS 5, 20 Euro) genau das abzubilden und unterschiedliche Bewältigungsstrategien in einem hoffnungsvoll erzählten Drama erlebbar zu machen. Anstoß der Geschichte ist der Tod einer jungen Frau. In der Dorfgemeinschaft gehen alle Menschen anders mit dem Verlust um: Der Exfreund will wegziehen und dem Schmerz davonlaufen, der Mutter gelingt es kaum noch, ihren Alltag zu bewältigen und der grummelige Schmiel verliert sich in einsilbigen Floskeln, während er weiter seiner Arbeit nachgeht.

Zunächst übernimmt man im Spiel die Rolle von Conny, der Schwester der Verstorbenen, begleitet sie durch den Alltag und interagiert mit anderen. Aus der Beobachterperspektive erlebt man intime Momente der Trauerbewältigung zwischen den einzelnen Figuren mit – oder verpasst sie. Nicht alles lässt sich im Blick behalten. Bei wichtigen Ereignissen jedoch pausiert das Spiel und macht darauf aufmerksam.

Allmählich erfährt man mehr über die einzelnen Charaktere und ihre Bedürfnisse, etwa dass sie einsam, müde oder wütend sind oder Hunger haben. Bei einigen Dingen kann Conny helfen, bei anderen tut es die Gewohnheit, etwa schlafen zu gehen und sich zu erholen. Closer the Dis-

tance ist ein ungewöhnliches Spiel mit gelungener Grafik, das sich einer schwierigen Thematik annimmt.

### Süß, aber schwer

Geradezu einladend wirkt **Another Crab's Treasure** (Windows, Steam Deck, Xbox One/Series X/S, PS 5, 30 Euro) mit seiner bunten Unterwasserwelt und der knuffigen Spielfigur, dem Einsiedlerkrebs Kril. Doch hinter der freundlichen Kulisse verbirgt sich ein forderndes Action-Rollenspiel, das von Genre-Klassikern wie Dark Souls und Elden Ring inspiriert ist, die für ihren hohen Schwierigkeitsgrad berüchtigt sind. Tatsächlich ist auch Another Crab's Treasure überaus fordernd, verpasst es aber nicht, eine ganz eigene Identität auszuprägen.

Zu den Besonderheiten gehört der Schauplatz des Spiels: die Tiefsee. Kril kann in neue Riesenschalen schlüpfen und so seine Rüstung verstärken, während andere Meeresbewohner wie Fische oder Strandwürmer ihm neue Kampftechniken beibringen. Seine Reise führt Kril in Sandburgen und Korallenriffe, aber auch an vermüllte Strände oder in von Öl verdeckte Meerestiefen. Damit traut sich Another Crab's Treasure auch an einen sozialkritischen Kommentar heran, indem es die von Menschen verursachte Umweltverschmutzung nicht ausblendet, sondern zu einem festen Teil des Leveldesigns macht.

### Ameisen zum Angriff

Millionen Ameisen leben in einer einzigen Kolonie – und Nummer 103683 ist der Protagonist von **Empire of the Ants** (Windows, PS 4/5, Switch, Xbox Series X/S, 50 Euro). In diesem ungewöhnlichen Mix aus Stra-

tegiespiel, Wirtschaftssimulation und Ameisenabenteuer teilen wir als Sechsbener gemeinsam mit unseren vielen hunderttausenden Mitstreitern die Verantwortung, das Überleben und die Zukunft des Ameisenbaus zu sichern. Und dafür kommt uns eine Schlüsselrolle als General und Wirtschaftsaufseher zu: Wie in einem Echtzeitstrategiespiel befehlen wir Armeeverbände, lassen sie andere Ameisenkolonien angreifen und versklaven Tiere wie Gottesanbeterinnen und Nashornkäfer, damit sie fortan für das Ameisenzuhaus kämpfen.

Zwischen den vielen Schlachten gilt es die heimische Wirtschaft aufzubauen, die Produktion neuer Larven zu überwachen und durch neu angelegte Gänge und Räume den Ameisenbau zu vergrößern. Es gibt immer etwas zu tun in dieser fast fotorealistic schönen Spielwelt. Doch auch ohne die grafische Höchstleistung ist Empire of the Ants ein gleichermaßen ungewöhnliches wie komplexes Spiel, das sich aus mehreren Genres bedient.

### Bunt & abwechslungsreich

Was die großen AAA-Titel angeht, wird das Spielejahr 2024 nicht unbedingt in die Geschichtsbücher eingehen. Für Einfallsreichtum, Überraschungen und magische Momente sorgten stattdessen kleine Indie-Titel, von denen vielen zu Riesenerfolgen wurden und beachtliche Verkaufszahlen erreichten. Die hier vorgestellte Auswahl beweist ein weiteres Mal, wie bunt die Spielewelt sein kann, wenn man weiß, wohin man schauen muss – und das wird ganz sicher auch für das neue Jahr 2025 gelten.

(lmd@ct.de) **ct**

**Indie-Game-Videos: [ct.de/y5e8](https://ct.de/y5e8)**



# Konsolenforschung

## Interview mit dem Hacker SpecterDev, der unter anderem die Playstation 5 geknackt hat

**Der Hacker SpecterDev greift PS5-Konsolen an, um Schwachstellen im System zu finden. Die Erkenntnisse helfen dabei, die Sicherheit von Konsolen zu verbessern. Wir haben ihn auf der hardware.io-Konferenz in Amsterdam gesprochen und wollten wissen, was ihn an Konsolen reizt und wie Sony zu seinen Angriffen steht.**

Von Wilhelm Drehling

**c't: Sie haben sich einen Namen damit gemacht, Playstation-Konsolen zu hacken. Wie hat alles begonnen?**

**SpecterDev:** Ich habe 2018 mit der PS4 angefangen, vielleicht auch Ende 2017. Damals wusste ich nicht wirklich etwas über das Ausnutzen von Schwachstellen oder Sicherheit. Ich hatte zwar einen Programmier-, aber keinen Sicherheitshintergrund. Ich suchte einfach nach einem interessanten Projekt, das mich zum Lernen motiviert und ich dachte mir „Hey, das wäre echt cool!“

Jailbreaking fand ich schon immer interessant, vor allem beim alten iPod Touch und iPhone aus den 2000ern. Bereits da habe ich mich gefragt, wie es funktioniert. Ich hielt es für Magie. Geld war dagegen nie mein Motivator, denn mit der Sicherheitsforschung im Konsolenbereich verdient man nicht viel. Ich betrachte das gesamte Wissen, das ich in den letzten Jahren durch die Arbeit mit tollen Leuten aus der Community erlangt habe, als meine Bezahlung.

**c't: Wie sind Sie überhaupt auf die Szene aufmerksam geworden?**

**SpecterDev:** Der User Fire30 hatte damals einen WebKit-Exploit veröffentlicht, der

auf meiner alten PS4 funktioniert. Ich wollte den mal ausprobieren und mehr über das Gebiet erfahren. Glücklicherweise fand ich eine Gruppe sehr erfahrener Leute, die mich unter ihre Fittiche nahmen und mir die wichtigsten Sachen beibrachten. Mit einigen von ihnen stehe ich bis heute noch in Kontakt.

**c't: Arbeiten Sie heute noch mit ihnen zusammen?**

**SpecterDev:** Bei der Komplexität der Systeme und den vielen Sicherheitsebenen, die man durchlaufen muss, ist es sehr schwer als Ein-Mann-Armee alles selber zu machen. Meine Arbeit fußt auf der Arbeit anderer und wir helfen uns gegenseitig. Da gibt es zum einen Platz, der schon sehr lange an Konsolen arbeitet und wirklich vom Fach ist. So ziemlich jedes Mal, wenn ich mich frage, ob etwas funktionieren würde und ich ihn kontaktiere, stellt sich heraus: Er hat längst darüber

nachgedacht. Ansonsten arbeite ich noch eng mit ChendoChap zusammen, das ist ebenfalls ein Pseudonym. Wir tauschen uns immer über den Code aus und versuchen, die Probleme des anderen zu lösen. Es gibt noch ein paar weitere Personen, aber einige wollen nicht genannt werden oder arbeiten schon länger nicht mehr an Konsolen.

**c't: Interessieren Sie auch andere Konsolen?**

**SpecterDev:** Bisher habe ich mir nur die Playstation-Konsolen angeschaut. Ich habe vor, mir die Switch und ein paar andere Geräte anzusehen, aber bisher bin ich dazu einfach nicht gekommen. An der Xbox möchte ich mich mal versuchen, weil ich glaube, dass ihr Sicherheitsmodell ein bisschen fortschrittlicher ist, als das der Playstation. Microsoft hat viel mehr Erfahrung mit seiner Azure-Cloud und seiner Virtualisierung. Sie sind schon lange



Foto: Wilhelm Drehling

**Auf der Hacker-Konferenz hardware.io in Amsterdam präsentierte SpecterDev zwei Schwachstellen in der PS5.**



dabei, während Sony in der Hinsicht eher ein neuer Akteur ist. Zum Beispiel konnte ich ohne große Mühe meine PS3 jailbreaken, dabei habe ich nichts Krasses gemacht, nur herumgespielt.

**c't: Mir ist klar, woher der Reiz eines Jailbreaks kommt. Wir haben zum Beispiel einen Taschenrechner gejailbreakt, um Doom darauf zu zocken [1]. Aber warum hacken Leute eine PS5?**

**SpecterDev:** Manche wollen Linux darauf laufen lassen. Ich habe kein großes Interesse daran, denn die Konsolen, vor allem die moderneren, benutzen leider sehr einfache CPUs. Sie sind also in mancher Hinsicht schlechter als billige PCs. Ich mag einfach die Herausforderung, das Design und die einzigartigen Subsysteme, die sie eingebaut haben. Ich finde es schön, die benutzerdefinierten Treiber und Sicherheitslösungen zu studieren, diese zurückzuentwickeln, um herauszufinden, worauf die Entwickler geachtet haben. Man sieht auf Konsolen Code, den man sonst nirgendwo sieht.

**c't: Haben Sie schon Code für Konsolen geschrieben?**

**SpecterDev:** Ich habe sehr viel Aufwand betrieben, Homebrew auf der PS4 zum Laufen zu bringen. Damit kann man eigene Software auf einer PS4 ausführen, so wie ich es in meiner Präsentation gezeigt habe – nicht zu verwechseln mit Homebrew von macOS. Ich habe eine Toolchain betreut, um PS4-Homebrew mit komplett quelloffenem Code zu erstellen, der keine Sony-Tools verwendet, sodass man sich keine Sorgen um Urheberrechtsverletzungen machen muss. Es ist klasse geworden.

**c't: Sie haben gerade Ihre Präsentation erwähnt (siehe [ct.de/yz1n](https://ct.de/yz1n)). Darin haben Sie zwei neue Schwachstellen gezeigt, mit der man die PS5 hacken kann. Was ist mit denen möglich?**

**SpecterDev:** Vereinfacht gesprochen ermöglichen beide Schwachstellen, den Hypervisor abzuschalten. Dieser verwaltet virtuelle Maschinen und schützt den Kernel. Mit den anschließend erlangten Kernel-Schreib- und Leserechten kann man auf dem Hauptchip oder den Haupt-x86-Kernen tun, was immer man will. Beide von mir vorgestellten Schwachstellen waren Probleme auf Logikpegel, also

keine klassischen Speicherkorruptionsprobleme, bei denen es zu einem Buffer Overflow oder so kommt. Es sind eher Designfehler. So teilen sich zum Beispiel Hypervisor und Gast unberechtigterweise Daten, die sie nicht gemeinsam nutzen sollten oder es werden Daten nicht vernünftig isoliert. Darauf basieren diese beiden Fehler, die ausgenutzt alle Sicherheitsmaßnahmen des Hypervisors ausschalten.

**c't: Was kann man dann mit der PS5 machen?**

**SpecterDev:** Einiges, mit dem ungehinderten Zugriff auf die Hardware kann man, wie schon vorhin erwähnt, Linux darauf booten. Oder man kann wie ich den Kernel patchen, um beliebigen Code aus-

denke, bevor ich mir also Gedanken über die höheren Firmware-Versionen mache, will ich ein besseres Verständnis vom gesamten System haben.

**c't: Haben Sie eine Reaktion von Sony auf Ihre Arbeit bekommen?**

**SpecterDev:** Nichts Offizielles auf jeden Fall. Manchmal liken Leute aus dem Playstation-Sicherheitsteam meine Tweets und auch in der Community sehe ich sie herumschleichen (lacht). Ich habe auch schon mit einigen Leuten von Sony persönlich gesprochen. Mein Eindruck, den ich bei all meinen Kontakten mit ihnen gewonnen habe, ist, dass sie es als eine Art freundschaftlichen Wettbewerb sehen. Vor allem, weil wir – also ich und die Leute, mit denen ich zusammenarbeite – nicht an

## »Man sieht auf Konsolen Code, den man sonst nirgendwo sieht.«

zuführen. Das ermöglicht eine Menge Forschungspotenzial für viele andere Chips und Dinge, die auf dem System sind, und das ist mein Hauptinteresse und der Grund, warum ich das gemacht habe.

**c't: Die Schwachstellen lassen sich aber nicht mit der neuen Softwareversion nutzen, oder?**

**SpecterDev:** Genau, die Lücken funktionieren nur bei den Versionen 2.50 oder darunter, aber die sind bereits ein paar Jahre alt. Für die Forschung sind die Lücken aber trotzdem interessant, denn ein großer Teil des Codes im Kernel bleibt über die Versionen gleich.

**c't: Und was sind jetzt die nächsten Schritte für Sie? Versuchen Sie etwa, die neue Version des Hypervisors zu hacken?**

**SpecterDev:** Ich bin da noch ein wenig unentschlossen. Einige der Leute, mit denen ich zusammenarbeite, wollen Angriffe für höhere Versionen finden. Ich möchte mich ihnen eigentlich anschließen, aber ich würde auch gerne versuchen, einige der anderen Chips auf dem Board anzugreifen. Zum Beispiel den SSD-Controller, Angriffe dazu wurden kürzlich auf der Security Analyst Summit vorgestellt. Ich

Piraterie interessiert sind oder versuchen, Sony zu schaden. Wir wollen nur das System knacken und sehen, was wir tun können.

**c't: Das klingt auf jeden Fall besser als so manch andere Firmen, die mit Jailbreakern oder Hackern feindselig umgehen.**

**SpecterDev:** Definitiv. In den frühen PS4-Tagen hatte Sony nur eine E-Mail, über die man sie kontaktieren konnte. Mittlerweile hat Sony aber auch ein Bug-Bounty-Programm, über das sie Belohnungen an Forscher auszahlen. Das ist eine positive Entwicklung. Sony versucht wirklich, in gutem Glauben mit Sicherheitsleuten zusammenzuarbeiten. Das ist super, denn das ist leider nicht überall der Fall. Ich habe das Gefühl, dass wir zumindest im Playstation-Bereich das Glück haben, dass Sony nicht so feindselig ist, wie vielleicht andere Firmen, deren Namen ich jetzt lieber nicht nennen möchte. Ich kann es also nur begrüßen. (wid@ct.de) **ct**

### Literatur

- [1] Wilhelm Drehling, Will it run Doom?, Doom auf einem grafikfähigen Taschenrechner installieren, c't 3/2024, S. 146

**Präsentation:** [ct.de/yz1n](https://ct.de/yz1n)



Bild: KI, Collage c't

# Ein Crash, der Igel rettet

## Wie bei c't ein Teststandard für sichere Mähroboter entsteht

**Mähroboter sollen den Rasen schneiden, aber keine Igel. Hersteller können das für ihre Modelle derzeit nicht seriös garantieren, denn es fehlt ein normiertes Prüfverfahren für Schutzmaßnahmen. Deshalb entwickeln Tierschutz, Dummy-Industrie und c't eines.**

Von Berti Kolbow-Lehradt

Unbeaufsichtigte automatische Rasenmäher sind zwar komfortabel, gefährden aber Kleintiere enorm. Das lässt sich vermeiden, wenn Mähroboter ihre Fahrtrichtung ändern, bevor Schlimmes passiert. Im Idealfall sorgt die Sensorik für den rettenden Schwenk. Bleibt es stattdessen beim Kollisionskurs, sollten die Stoßfänger den Widerstand richtig interpretieren und den Notstopp auslösen. Selbstverständlich ist beides bisher nicht.

Leseranfragen zeigen, dass Kaufinteressierte Roboter mit einem zuverlässigen Kleintierschutz bevorzugen. Hersteller greifen das als Verkaufsargument auf und bewerben mal subtil mit niedlichen Igelbildern, mal wörtlich, dass

Vierbeiner von dem angepriesenen Robotermodell nichts zu befürchten haben.

### Werbung und Wahrheit

Ob die Produkte Erwartungen und Versprechen erfüllen, untersucht c't in sporadischen Tests von Mährobotern. Auf eine Benotung dieser Teilprüfung verzichteten wir bisher (siehe ct 21/2023, S.106), auch

weil die Ergebnisse mangels naturgetreuer Igelatruppen aus unserer Sicht nur eingeschränkt reproduzierbar und auf die Realität übertragbar

waren. Die Materialeigenschaften der Igelatruppen unterschieden sich beim Körperbau und erst recht im Verhalten zu sehr von einem echten Tier.

Frisch aus  
**c't Nerdistan**



Diese Realitätslücke zu schließen, ist uns im Sinne einer umfassenden Verbraucherberatung und einer verantwortungsbewussten Techniknutzung wichtig. Zusammen mit dem Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung (IZW) in Berlin und der Crashtest-Spezialfirma CTS aus Münster arbeitet c't daher an einem Igel-Dummy, der sich für normierbare Mähroboter-Prüfungen zur Unfallsicherheit eignet. Mit dem Feldtest eines Prototyps erreichte das Projekt kürzlich eine wichtige Etappe.

### Feldtest als Pioniertat

Das Projektteam erprobte den Dummy auf einem Hannoveraner Gelände des Heise-Verlags nahe des Stammsitzes von c't. Dort verglich es unter kontrollierten Bedingungen, welche Verletzungen ein Mähroboterunfall dem bei CTS gebauten Dummy im Vergleich zu echten Igelkadavern zufügte. Ein ebenso unschöner wie notwendiger Schritt, um die Realitätsnähe der Attrappen wissenschaftlich zu belegen und sie gegebenenfalls noch zu verbessern. Hierfür musste kein Igel sterben, die Tiere waren zuvor in unterschiedlichen Auffangstationen an Krankheiten oder eines natürlichen Todes gestorben und wurden eigens für den vom IZW begleiteten Test eingefroren. Beim Ortstermin ging es nicht ums Testen, inwieweit ein Mähroboter den Igel ausweicht. Es ging darum, ob Dummy und Kadaver bei einem Unfall vergleichbare Schäden davon tragen. Das ist eine wesentliche Voraussetzung, damit der Nachbau Teil eines stan-

dardisierten Testverfahrens von Herstellern und Prüfinstitutionen werden kann. Dieses wiederum würde die Grundlage für ein Qualitätssiegel schaffen, das bei der Kaufentscheidung Orientierung bietet.

„Für Hersteller muss es das Ziel sein, erwiesenermaßen igelsichere Mähroboter zu entwickeln. Dafür unverzichtbar ist ein verbindlicher Crashtest, der zuverlässig ermittelt, ob und wie das Gerät ein Tier schädigt oder eben nicht. Nur so lässt sich gegenüber Kaufinteressierten glaubwürdig belegen, dass das Gerät auch für Tiere sicher ist“, sagt Dr. Anne Berger, beim IZW verantwortlich für das Gemeinschaftsprojekt.

Während in Mährobotern eingebaute Sicherheitsvorkehrungen für Menschen normiert sind, gibt es bislang keine Vorschriften zum Kleintierschutz, geschweige denn zu dessen Prüfung. Das Projekt von IZW, CTS und c't betritt daher regulatorisches Neuland. Für das zu entwickelnde Systemtestprotokoll bedarf es neben eines Dummies auch Vorgaben zu einer definierten Testumgebung. Dies ist einer der wenigen Aspekte, bei dem das Projekt an Grundlagenforschung anknüpfen kann.

Die Spezifikationen für einen Prüfstand hatte das IZW bereits mit einem Forschungsteam um die Igelforscherin Sophie Rasmussen an den Universitäten Oxford und Aalborg erarbeitet. Seit Anfang 2024 ist die Anleitung verfügbar. Sie ist wichtig, damit Prüfende unter vergleichbaren Bedingungen aussagekräftige Ergebnisse erzielen. In leicht modifizierter Form kam der Testaufbau auch in Hanno-

### c't kompakt

- Ob und wie gut ein Mähroboter Igel schützen muss, ist derzeit nicht normiert.
- c't beteiligt sich an der Entwicklung eines Crashtest-Dummys.
- Im Probelauf waren Prototypen so aussagekräftig wie Igelkadaver.

ver zum Einsatz. Ergänzt haben wir ihn vor Ort um ganz praktische Belange, nämlich wie man einen smarten Mähroboter dazu bringt, ein ausgewähltes Ziel anzusteuern, statt die Rasenfläche darum herum zu mähen. Dazu später mehr.

Beim Design des Dummys ist das Projektteam komplett auf sich gestellt. Ein von der Rasmussen-Gruppe parallel erarbeiteter Prototyp kommt seit Längerem nicht voran. Die bisherigen Erkenntnisse dazu sind unter Verschluss.

### Vom Huhn zum Igel

Der Dummy-Hersteller CTS musste bei der Entwicklung seiner Igelattrappe nicht bei null anfangen. Neben menschenähnlichen Puppen für nachgestellte Verkehrsunfälle entwickelte er bereits andere Tiermodelle. Mit seinen Silikon-Hühnern simulieren Luft- und Raumfahrtshersteller die Auswirkungen von Vogelschlag auf Turbinen und startende Raketen. Auch hier kommen bisher meist echte Tiere zum



Bild: Berti Kolbow-Lehrecht

Dr. Anne Berger und Jan Baer vom Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung sowie Peter Schimelpfenning von Dummy-Hersteller CTS bereiten einen Crashtestdurchlauf vor.



Bild: CTS / Finn Danker

Die getestete Version des Igel-Dummys (hinten) gibt es in drei Größenstufen und je zwei Körperhaltungen. Im Innern steckt jeweils das Skelett aus dem 3D-Drucker (vorne).



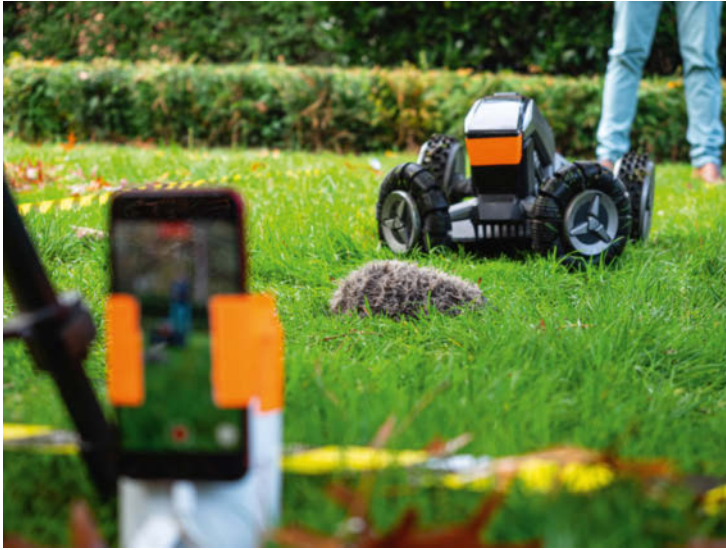


Bild: Bert Kolbow-Lehnardt

**Der manipulierte Rasenmäher wird direkt auf das Ziel gelenkt. Kameras dokumentieren den Zusammenstoß für die spätere Analyse am IZW.**



Bild: Bert Kolbow-Lehnardt

**Unter die Attrappenhaut geschaut: Skelett und Silikonhülle verschaffen den Dummys einen hohen Realitätsgrad.**

Einsatz, die für die international standardisierten Prüfverfahren geschlachtet, präpariert und mit hoher Geschwindigkeit auf die zu prüfenden Bauteile geschossen werden (etwa nach ASTM F330 - 21).

Als CTS-Chef Peter Schimmelpfennig von den Dummy-Plänen des IZW und c't erfuhr, bot er an, das Huhn zum Igel weiterzuentwickeln. Ein sehr frühes Exemplar verwendeten wir bereits beim Test des Mähroboters Mammotion Luba 2 AWD (c't 17/2024, S. 100). Für den größer angelegten Vergleich mit Igelkadavern kam jetzt zusätzlich eine zweite Version in Kugelform zum Einsatz, die das typische Einrollen von Igel in Gefahrensituationen simuliert. Im Kern sind die Dummy-Varianten gleich: Ein 3D-gedrucktes Skelett ist in eine gewebeähnliche und mit stacheligem Fell umhüllte Silikonform gekleidet. Durch diesen Aufbau wiegt der nachgebaute Igel etwa so viel wie sein Vorbild, übt einen vergleichbaren Widerstand aus und verformt sich ähnlich.

Äußere und innere Verletzungen lassen sich damit aussagekräftiger nachvollziehen als mit starren Igel-Modellen. Das hilft bei der Folgenabschätzung, sollte es trotz Schutz zur Kollision mit Gehäusekanten, Rädern oder den Mähmessern kommen. Details wie die stachelige Außenhaut lassen den Igel-Dummy sehr realistisch aussehen. Dadurch sollen sie später auch von Mährobotern, die mit Bilderkennung Objekte klassifizieren und daraufhin ein Ausweichmanöver planen, für Igel gehalten werden.

### Mäher-Hack

Für unser Crashtest-Szenario war es allerdings wichtig, dass der Mäher gerade nicht ausweicht. Schließlich kam es uns darauf an, das Verletzungsbild nach Kollisionen zu analysieren. Eine Herausforderung war es daher, einen Roboter absichtlich alle Alarmsignale ignorieren und bewusst einen Klingenkontakt herbeiführen zu lassen.

Als Versuchsgerät verwendeten wir den Robomäher Blade, den uns der Hersteller Ecoflow eigens für diesen Zweck zur Verfügung stellte. Er eignete sich besonders gut für die Testabsicht, weil das Design an der Front nur einen kleinen Kamm statt einer schützenden Haube besitzt. Dass der Roboter einen Igel „wegschiebt“, war damit unwahrscheinlich. Für den Test mussten wir den Mäher so manipulieren, dass seine gesamte Ausweichmanöver auslösende Sensorik, LiDAR und Kamera, versagt. Der Blade erwies sich auch wegen seiner Ausstattung mit Sensoren, Kameras und CAN-Bus als interessanter Kandidat. Die Kontrolle über die Motorsteuerung und den CAN-Bus zu übernehmen ist bei Crashversuchen für Unfallgutachten eine übliche Vorgehensweise, weiß Ingo Holtkötter vom mit CTS verbundenen Ingenieurbüro Schimmelpfennig + Becke, der uns bei der fachgerechten Mäherpräparation unterstützte.

Sein ursprünglicher Plan: Das Bussystem mit einem WLAN-fähigen Mikrocontroller vom Typ ESP32 koppeln. Steuerbefehle ließen sich so mit einem maßgeschneiderten Skript übermitteln. Der

Hardware-Hack wäre allerdings zeitaufwendig gewesen und war überraschenderweise zum Kapern der Motorsteuerung gar nicht nötig.

Durch Zufall zeigte sich: „Es genügte, die App-Einrichtung des Roboters zu beginnen, aber nach der erfolgreichen Bluetooth-Kopplung nicht abzuschließen“, so Elektronikspezialist Holtkötter. Dadurch ließ sich das Gerät zu Testzwecken bereitwillig mit der Original-App durch die Gegend fahren, ganz ohne es zu hacken.

Andere Mähbots verlangen, dass man sie in ein WLAN einbindet und mit einem Satellitensignal versorgt. Ecoflow sieht das nicht vor und erlaubt zudem, das Mähwerk während der manuellen Fernsteuerung zu starten. So war das Gerät optimal für den Dummy-Test nutzbar.

### Zum Unfall gezwungen

Ist der Dummy realistisch genug? Um das herauszufinden, steuerten wir den präparierten Mähroboter im Feldtest kontrolliert über zwölf Attrappen und 30 Kadaver. Sie waren unterschiedlich groß, um den Unfall mit jungen und erwachsenen Tieren zu simulieren. Abwechselnd waren sie seitlich, mit der Schnauze zum Mäher ausgerichtet oder in Kugelform platziert worden. Das entspricht den typischsten Verhaltensweisen, wenn Igel auf Mäher treffen – eine Erkenntnis der Berger- und Rasmussen-Teams aus Tests mit lebenden Tieren und messerlosen Robotern.

Nach jedem der provozierten Unfälle nahm Dr. Anne Berger eine Sichtprüfung





Unterschiedliche Größen und verschiedene Crash-Positionen helfen beim Vergleich der Verletzungsbilder von Dummys und Igelkadavern.

Bild: Bert Kolbow-Lehradt

vor. Das war angesichts teils schwerer Wunden an den Tierkörpern sowohl für die Forscherin als auch für das Projektteam emotional anspruchsvoll. Die Aussicht darauf, dass der Test hilft, solche Unfallfolgen zu minimieren, ließ sie den Anblick leichter verkraften.

Neben den äußerlich sichtbaren Verletzungen gilt es, auch die inneren zu untersuchen. Zu diesem Zweck durchleuchtet das IZW die Dummys und Tiere derzeit in Berlin. So röntgt ein Computertomograf diese und macht dabei Brüche oder Schnitt-

te an den Knochen der 3D-gedruckten und echten Skelette sichtbar. Eine statistisch detaillierte Analyse will das Forschungsteam 2025 veröffentlichen. Eine klare Tendenz zeichnete sich aber schon unmittelbar nach den Crashtests ab.

### Crashtest bestanden

Was sich aus den Unfallsimulationen bisher schließen lässt, bestätigt die grundsätzliche Tauglichkeit der künstlichen Igel. „Die Art der Verletzungen ist bei Dummys und Igelkadavern ähnlich“, be-



Bild: Bert Kolbow-Lehradt

Den von Ecoflow für den Dummy-Test bereitgestellten Mähroboter haben wir so präpariert, dass wir kontrolliert Unfälle in einem Crashtestszenario herbeiführen konnten.

# Make + Oxocard

Einfach einsteigen in Elektronik und Programmierung



- 🕒 In NanoPy programmieren
- 🕒 Stromkreise verstehen
- 🕒 Sensoren auswerten
- 🕒 Servo-Motor ansteuern
- 🕒 Projekte: Blinker, Lichtdimmer, Alarmanlage u.v.m.

Jetzt reinschauen!

 [shop.heise.de/make-oxocard24](https://shop.heise.de/make-oxocard24)

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.







23. Januar 2025

**dt**  
WEBINAR

# Wärmepumpentechnik für Einsteiger

Technik verstehen

Machbarkeit prüfen

Angebote beurteilen



Jetzt informieren:

[webinare.heise.de/waermepumpen](https://webinare.heise.de/waermepumpen)

6. März 2025

**dt**  
WEBINAR

# Photovoltaik für Einsteiger

Grundlagen verstehen

Angebote beurteilen

Selber bauen



Jetzt Ticket sichern:

[webinare.heise.de/photovoltaik](https://webinare.heise.de/photovoltaik)

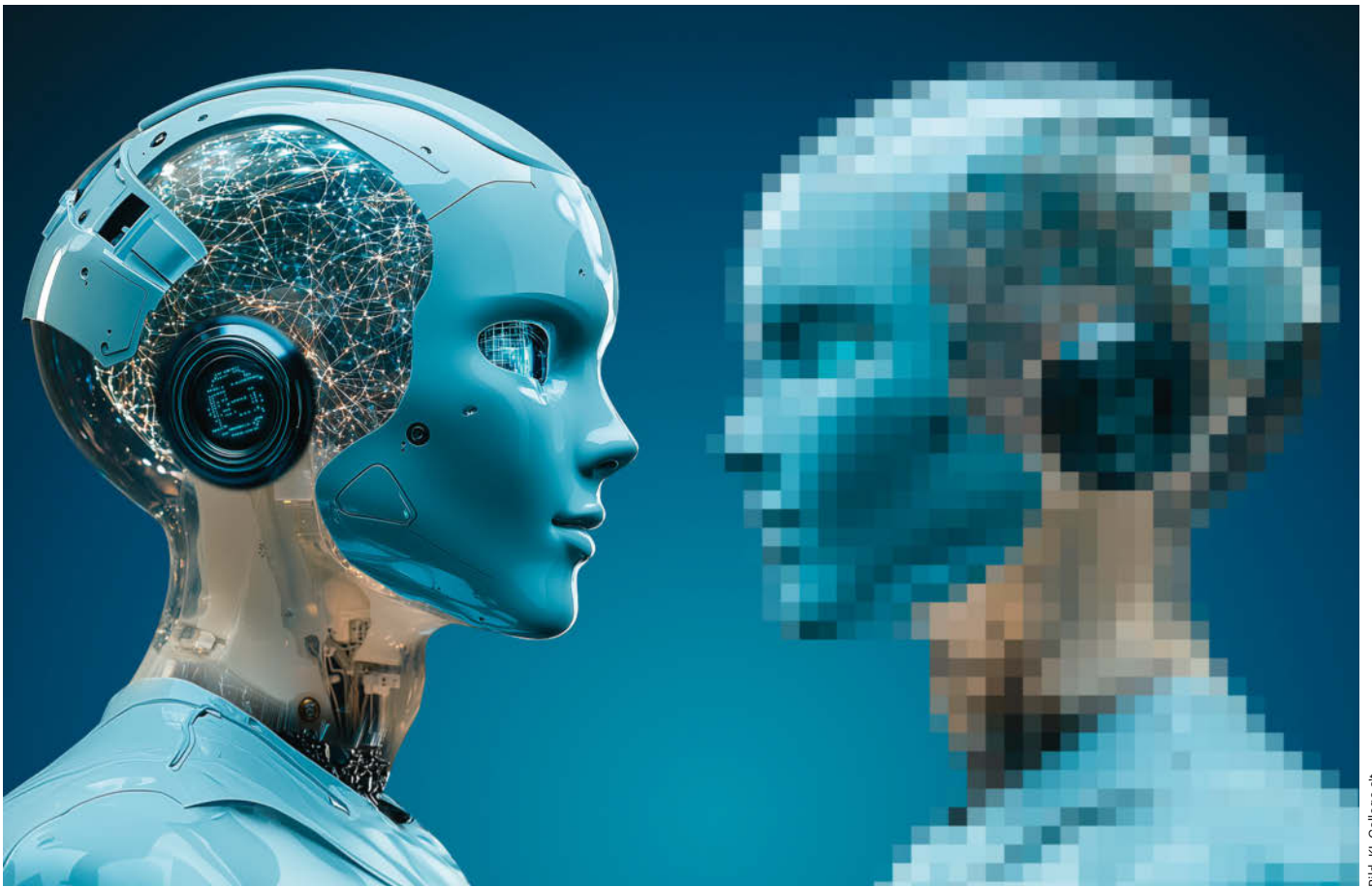


Bild: KI, Collage ct

# Komprimierte KI

## Wie Quantisierung große Sprachmodelle verkleinert

**Große Sprachmodelle wie ChatGPT benötigen große und teure Server und viel Energie. Man kann sie aber quantisieren, sodass sie mit viel weniger Speicher und Strom auskommen und sogar lokal auf einem Smartphone laufen. Wir erklären, warum quantisierte Modelle viel schneller antworten und trotzdem fast so schlau sind wie die großen Originale.**

Von René Peinl

**W**ährend der Hype etwas abgeflaut ist und sich Ernüchterung breit macht, steigt das Interesse an selbst betriebener

generativer KI. Frei verfügbare Modelle holen gegenüber kommerziellen KI-Angeboten immer mehr auf. Es spricht also einiges dafür, ein eigenes Large Language Model (LLM) zu Hause oder im Unternehmen zu hosten.

Dumm nur, dass die besten Modelle in der Regel auch die höchsten Anforderungen an die Hardware stellen und die meiste Energie verbrauchen. Ein Llama 3.1 mit 405 Milliarden Parametern wird wohl selbst für Freaks mit Power-Workstation im Arbeitszimmer oder Server im Hobbykeller jenseits der Möglichkeiten bleiben. Und auch ein Mittelständler wird sich zweimal überlegen, ob sich die Investition in zwölf H100-GPUs mit je 80 GByte RAM lohnt, denn schon eine davon kostet schlappe 30.000 Euro.



Zum Glück gibt es kleinere Modelle wie das Mistral Large 2 mit 124 Milliarden Parametern oder das Nvidia Nemotron mit 70 Milliarden Parametern, die dem großen Llama kaum nachstehen. Mit einem kleinen Trick lässt sich Mistral Large 2 auf einer einzigen 80-GByte-Grafikkarte (A100 oder H100) und Nemotron auf einer 48-GByte-GPU (zum Beispiel einer A6000 für rund 6.000 Euro pro Stück) betreiben. Der Trick heißt Quantisierung. Damit ist es inzwischen sogar möglich, Modelle mit der Leistung eines ChatGPT 3.5 lokal auf Smartphones zu betreiben. Dieser Artikel gibt einen Überblick über verschiedene Quantisierungsmethoden und welche Frameworks und Hardwareplattformen sie besonders effizient einsetzen.

## Training mit hoher Genauigkeit

Quantisierung bedeutet, dass man sich Zahlen, die mit vielen Bits in hoher Genauigkeit gespeichert sind, mit weniger Bits in geringerer Genauigkeit nähert. Für Sprachmodelle ist das deshalb interessant, weil es inzwischen empirische Belege dafür gibt, dass die Genauigkeit der Ausgaben von trainierten großen KI-Modellen auch dann kaum abnimmt, wenn sie mit weniger genauen Zahlen arbeiten.

Um das zu verstehen, müssen wir ein wenig ausholen. Tiefe neuronale Netze bestehen aus sehr vielen einzelnen Neuronen. Jedes dieser Neuronen multipliziert die eingehenden Zahlenwerte mit einem sogenannten Gewicht. Die Ergebnisse aller Eingaben werden miteinander verrechnet, im einfachsten Fall addiert. Überschreiten sie einen bestimmten Schwellenwert, werden sie an nachfolgende Neuronen weitergeleitet. Weicht die so erzeugte Ausgabe des gesamten Netzes von der erwarteten Antwort ab, wird ein Fehler im Ergebnis bestimmt. Dieser Fehler ist ein großer Vektor mit vielen Zahlen.

Die Abweichung zwischen den erwünschten Zahlen und den tatsächlichen Werten wird dann durch die einzelnen Neuronenschichten wieder zurück übermittelt und deren Gewichte ein kleines Stück in die gewünschte Richtung verändert. Wie weit das geht, gibt die sogenannte Lernrate mit Werten zwischen 0 und 1 an. Ist sie hoch (nahe 1), dann lernt das neuronale Netz diesen einen Trainingsfall sehr schnell und produziert das gewünschte Ergebnis.

Allerdings bedeutet eine hohe Lernrate auch, dass das Netz in vielen anderen Trainingsfällen schlechtere Ergebnisse erzielt. Daher wird in der Regel mit einer sehr niedrigen Lernrate (zum Beispiel  $2 \times 10^{-5}$ ) gearbeitet. Um mit vielen Trainingsfällen gute Ergebnisse zu erzielen, benötigt man sehr viele Trainingsläufe, bei denen die Fehlervektoren von Schritt zu Schritt kleiner werden.

Hier kommt die Genauigkeit ins Spiel. Würden die Gewichte ungenau gespeichert, könnten sie bei kleinen Lernraten aufgrund von Rundungsfehlern kaum nachjustiert werden. Weitere Trainingsläufe könnten das Modell dann nicht weiter verbessern. Deshalb wird beim Training meist mit voller Genauigkeit gerechnet. Das sind Gleitkommazahlen (floating point) mit 32 Bit (FP32).

Intelligente Trainingsbibliotheken können selbst entscheiden, wo sie genau

rechnen müssen und wo nicht und mit gemischter Genauigkeit arbeiten. Das heißt, sie verwenden dort, wo es notwendig ist, Zahlen mit FP32, ansonsten Zahlen mit halber Präzision (FP16). Das spart nicht nur Speicherplatz, sondern vor allem Rechenzeit. Denn grob gesagt geht eine Multiplikation doppelt so schnell, wenn man die Genauigkeit halbiert.

## Nach dem Training

Nach Abschluss des Trainings benötigen die Modelle im Betrieb (dem sogenannten Inferencing) keine hohe Genauigkeit. Deshalb wird zum Beispiel beim Inferencing immer nur mit FP16-Werten gerechnet, weil es praktisch keinen Unterschied zu FP32-Werten macht.

Um den Einfluss weiterer Quantisierungen zu untersuchen, veröffentlichte ein Forscherteam um Elias Frantar im März 2023 ein Konferenzpapier, in dem sie den damals neuen Quantisierungsalgorithmus GPTQ (Post Training Quantization for Generative Pre-trained Transformers) vorstellten. Mit ihm gelang es, verschiedene große Sprachmodelle wie BLOOM und OPT mit 175 Milliarden Parametern in nur wenigen Rechenstunden von 16 Bit auf 4 Bit zu reduzieren. Der Speicherbedarf sank um den Faktor 3,25, wodurch sie erstmals ein Modell mit 175 Millionen Parametern auf nur einer GPU betreiben konnten, was Anschaffungskosten, Stromverbrauch und Rechenzeit spart.

Als Maß für die Qualität der Antworten der Sprachmodelle verwendeten sie die Perplexität der Ausgaben. Sie misst die Unsicherheit eines Sprachmodells, einen Satz korrekt zu vervollständigen. Sie kann auch als „Überraschung“ des Modells interpretiert werden: Ist die Perplexität hoch, enthalten die Trainingsdaten kaum ähnliche Formulierungen wie die Ausgabe oder das Modell hat sie nicht gelernt. Die Perplexität (PPL) ist daher ein einfaches Maß zur Abschätzung des Qualitätsverlustes einer Quantisierung. Je kleiner der PPL-Wert, desto besser das Ergebnis.

## Perplexity-Vergleich von quantisierten LLMs

LLM-Größe	350M	1.3B	2.7B	6.7B	13B	30B	66B	175B
Original (16 Bit)	22,00	14,63	12,47	10,86	10,13	9,56	9,34	8,34
Quantisiert (4 Bit)	24,24	15,47	12,87	11,39	10,31	9,63	9,55	8,37
Unterschied (absolut)	2,24	0,84	0,4	0,53	0,18	0,07	0,21	0,03
Unterschied (prozentual)	10,2 %	5,7 %	3,2 %	4,9 %	1,8 %	0,7 %	2,3 %	0,4 %

Die Tabelle vergleicht die Perplexity-Werte von LLMs mit verschiedenen Parameterrößen von 350 Millionen (350M) bis 175 Milliarden (175B). Angegeben sind die Perplexity-Werte für 16-Bit-Genauigkeit und 4-Bit-Quantisierung. Je geringer die Perplexität, desto besser. (Quelle: <https://arxiv.org/pdf/2210.17323>)

## c't kompakt

- Sprachmodelle müssen hochpräzise trainiert werden. Im späteren Betrieb kann man die Genauigkeit per Quantisierung jedoch ohne großen Qualitätsverlust reduzieren.
- Gängige Quantisierungsverfahren reduzieren den Speicherbedarf der Gewichte von 16 Bit auf 4 Bit. Neuere Verfahren kommen sogar mit 2 Bit oder weniger aus.
- Quantisierte Modelle berechnen ihre Antworten schneller, was die Stromkosten senkt und sie auf lokalen Maschinen und langsameren Prozessoren laufen lässt.

Die Untersuchungen der Forscher zu GPTQ zeigten, dass sich die Perplexität bei einer 4-Bit-Quantisierung im Vergleich zu einer 16-Bit-Quantisierung bei großen Modellen mit 175 Milliarden Parametern um weniger als 0,4 Prozent verschlechtert.

Waren die Ausgangsmodelle dagegen kleiner und hatten nur 350 Millionen Parameter, verschlechterte sich die Ausgabeperplexität bei einer Quantisierung von 16 auf 4 Bit um über 10 Prozent. Bei kleinen Modellen geht eine so starke Quantisierung also mit erheblichen Qualitätsverlusten einher.

## Neue Zahlenformate

Für eine gute Quantisierung ist es wichtig, dass die Abweichungen zwischen den Gewichten mit hoher Genauigkeit und den quantisierten Werten nicht zu groß werden. Die meisten Werte bewegen sich in einem Intervall von -2 bis +2, daher ist in diesem Bereich eine besonders hohe Genauigkeit gefragt. Um diesen Zahlenbereich mit hoher Genauigkeit abzubilden, stellte ein Forscherteam um Haihao Shen von Intel und AMD im Mai 2024 angepasste Formate für 8-Bit-Gleitkommazahlen (FP8) vor.



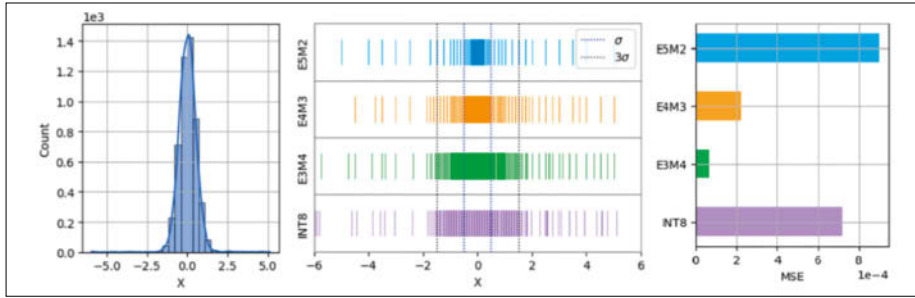


Bild: Haihao Shen, Intel, AMD

Die Bilder zeigen die statistische Verteilung von Fehlerwerten, wie sie bei der Quantisierung von KI-Modellen auftreten. Sie liegen meist im Intervall von  $-2$  bis  $+2$ , das sich mit 8 Bit als Gleitkommazahlen besonders gut abbilden lässt, die das Format E3M4 oder E4M3 statt E5M2 oder Integer (INT8) nutzen. Rechts sieht man die mittlere quadratische Abweichung, die beim grünen E3M4 unter 1 liegt.

FP8 verwenden acht Bits zur Darstellung von Gleitkommazahlen mit Vorzeichen (s), normalisierter Mantisse (M) und Exponent (E) nach der vereinfachten Formel  $(-1)^s \times M \times 2^{(E - \text{Bias})}$ , wobei die Mantisse Werte zwischen 1 und 2 annimmt. Je nach Zahlenraum, den man damit abbilden will, kann man abseits des Vorzeichenbits die übrigen sieben Bits unterschiedlich auf den Exponenten und die Mantisse verteilen. Der Bias ist ein je nach Anzahl der Exponentenbits festgelegter Wert, um positive wie negative Exponenten ohne weiteres Vorzeichenbit zu erhalten.

Da man keine hohen Werte benötigt, eignen sich die Formate E4M3 und E3M4 deutlich besser als E5M2, da sie Absolutwerte bis 448 beziehungsweise 30 mit höherer Genauigkeit darstellen. Gewichte im Intervall von  $-2$  bis  $+2$  können sie deutlich genauer speichern und die Quantisierungsfehler drastisch reduzieren. Nvidia-Grafikkarten ab der Ada-Lovelace-Generation (RTX 4xxx, H100 und andere) unterstützen diese FP8-Formate nativ und können damit quantisierte Modelle sehr schnell ausführen.

### Quantisierung für mobile Geräte

Da GPTQ bei kleinen bis mittelgroßen Modellen mit relativ hohen Qualitätsverlusten einhergeht, stellte ein internationales Forscherteam um Ji Jin im Frühjahr 2024 ein verbessertes Verfahren namens AWQ (Activation-Aware Weight Quantization) vor. Zusammen mit AWQ entwickelten die Forscher eine Laufzeitumgebung namens TinyChat, mit der sie ein Llama-2-Modell auf 13 Milliarden Parameter verkleinerten, sodass es erstmals auf einer einzigen mobilen GPU mit 8 GByte Speicher und einer Leistungsaufnahme von nur 15 Watt lief. Bei einer

Quantisierung auf 4 Bit verschlechterte sich die Perplexität der Ausgabe gegenüber der großen 16-Bit-Version auch bei den relativ kleinen Modellen nur um wenige Prozentpunkte.

Um dies zu erreichen, bedienten sich die Forscher eines Tricks. Sie beließen etwa 0,1 bis 1,0 Prozent der besonders häufig aktivierten Gewichte im Modell bei der vollen 16-Bit-Genauigkeit und reduzierten den großen Rest auf 4 Bit. Es gibt nämlich nicht nur einen Gewichtstyp in neuronalen Netzen, sondern verschiedene Parametertypen. Bei einigen spielt die Genauigkeit eine größere Rolle, bei anderen eine geringere. Dementsprechend werden die Parameter mit mehr oder weniger Bits gespeichert. Auf dem Weg dorthin mussten die Forscher allerdings eine Reihe von Hürden überwinden, die sie in ihrem Forschungspapier näher beschreiben. Sie finden alle hier aufgeführten Studien unter [ct.de/ygt1](https://ct.de/ygt1).

Ein guter Indikator für die benötigte Speichergröße im GPU-RAM ist die jeweilige Dateigröße der Modelle. Für das Inferencing auf der GPU sollte man 10 bis 20 Prozent Puffer zur Dateigröße hinzurechnen. Dies hat sich als Faustregel bewährt. Beispielsweise läuft das Modell Mistral Large 2 mit 65 GByte Dateigröße (4 Bit AWQ) auf einer 80-GByte-GPU halbwegs ordentlich.

### Tempomacher

Die Quantisierung soll aber nicht nur den Speicherbedarf reduzieren, sondern auch die Berechnungen beschleunigen. Bei Sprachmodellen misst man die Ausgabe-geschwindigkeit in Token pro Sekunde (T/s). Ein Token ist durchschnittlich etwa vier Zeichen lang.

AWQ und GPTQ haben gemeinsam, dass sie nicht besonders schnell auf CPUs

laufen. Ihr volles Potenzial entfalten sie auf CUDA-Kernen, die für schnelle Berechnungen auf Nvidia-Grafikkarten optimiert sind. Dabei muss die ganze Kette aus Hardware, Treiber, CUDA Framework, Kernel, Programm-bibliothek (zum Beispiel PyTorch) und neuronalem Netz stimmen, damit die Beschleunigung greift. Passt der Kernel oder die PyTorch-Variante nicht zur CUDA-Version, wird es sofort deutlich langsamer.

Die AWQ-Entwickler konnten ihre geschrumpften Modelle mithilfe optimiertem CUDA-Kernel gegenüber GPTQ sogar deutlich beschleunigen. So katapultierten sie laut ihrer Untersuchung beispielsweise das frei verfügbare Modell Mistral 7B mit einer AWQ-Quantisierung auf 4 Bit in ihrer eigens entwickelten Laufzeitumgebung TinyChat auf eine Ausgabe von 38 T/s. Im Vergleich dazu lief eine mit Auto-GPTQ quantisierte Version mit der Transformer-Bibliothek von Huggingface nur mit 14 T/s.

Ein Teil des Unterschieds ist auf die Optimierung des Codes in den beiden Laufzeitumgebungen zurückzuführen. So erreichte die 16-Bit-Version des Sprachmodells Falcon 7B mit der Transformer-Bibliothek von Huggingface in einem weiteren Test mit einigen Codeoptimierungen immerhin 53 T/s. Sie blieb jedoch hinter der AWQ-Quantisierung zurück, die mit 124 T/s mehr als doppelt so schnell war.

Derzeit ist das Zahlenverhältnis der auf der Internetplattform Huggingface veröffentlichten Modelle, die mit GPTQ und AWQ quantisiert wurden, noch relativ ausgeglichen. Im November fanden wir unter den insgesamt 1,1 Millionen Modellen etwa 5000 GPTQ-quantifizierte und 4000 AWQ-quantifizierte Modelle. Das Verhältnis wird sich aber in Zukunft aufgrund der Performancevorteile wahrscheinlich zugunsten von AWQ verschieben.

### Quantisierung für CPUs

Während GPTQ und AWQ vor allem für Nvidias GPUs optimiert sind, nutzt das Quantisierungsverfahren GGUF (Georgi Gerganov Unified Format) Optimierungen, um auch auf CPUs akzeptable Geschwindigkeiten zu erreichen.

Der KI-Entwickler Georgi Gerganov nutzt mit seinem auf GitHub veröffentlichten Projekt llama.cpp, in dessen Kontext GGUF und dessen Vorgänger GGML entstanden sind, die Fähigkeiten moder-

ner CPUs aus. Dazu gehören die Erweiterungen AVX, AVX2, AVX512 und AMX. Die Advanced Matrix Extensions (AMX) sind Intels neueste Befehlssatzerweiterungen. Sie beschleunigen die Ausführung von Matrixmultiplikationen, wie sie für neuronale Netze entscheidend sind.

Es ist aber auch möglich, eine oder mehrere Schichten des neuronalen Netzes auf die GPU auszulagern (Offloading) und damit die Performance weiter zu steigern. Denn GPU-Recheneinheiten sind für Matrixmultiplikationen noch weitaus besser optimiert als CPUs mit Vektorerweiterungen. So schafft ein moderner AMD Ryzen 7 7800x3D oder ein Intel Core i7 14700k mit dem Modell Mistral 7B nur knapp 10 T/s. Ein Apple M3 Pro schafft mit gut 20 T/s etwa die doppelte Geschwindigkeit. Eine mobile Geforce 4060 GPU im Notebook verdoppelt die Geschwindigkeit auf 38 T/s. Noch schneller sind jedoch Desktop-GPUs wie die AMD RX 6800XT mit 16 GByte oder die Nvidia RTX 4070 Super. Sie rechnen mit 52 T/s beziehungsweise 58 T/s etwa fünf- bis sechsmal so schnell wie eine moderne CPU.

Aufgrund der guten CPU-Optimierung durch die populäre LLM-Laufzeitumgebung ollama hat sich GGUF zum heimlichen Star der KI-Szene entwickelt. Wenn man bei Huggingface nach Modellen mit GGUF-Quantisierung sucht, findet man nicht weniger als 46.000 Treffer. Ein weiterer Grund für die Beliebtheit ist, dass die Modelle in der Regel nicht nur in einer 4-Bit-Variante vorliegen, wie es bei AWQ und GPTQ der Fall ist. Vielmehr gibt es meist eine ganze Reihe verschiedener Versionen, die von 8 Bit bis 2 Bit reichen.

## Weitere Alternativen

Als weiteres Quantisierungsformat ist noch Bits&Bytes (bnb) zu erwähnen, das auf Huggingface mit etwa 4000 Modellen vertreten ist. Diese sind allerdings im Vergleich schnarchlangsam, weshalb sich das bnb-Format nur für erste Experimen-

**Während eine plumpe Rundungsmethode das quantisierte Modell OpenFlamingo-9B zu der Beschreibung verleitet, der Mann würde einen Baby-Elefanten auf dem Arm halten, erklärte das mit AWQ quantisierte Modell, dass der Mann und seine Tochter mit einem Elefanten posieren.**



Bild: Ji Jin, MIT

te mit Modellen eignet, die in keinem anderen Quantisierungsformat verfügbar sind.

Im Februar 2024 stellten KI-Forscher um Shumin Ma von Microsoft Research ein Verfahren vor, das Gewichte mit jeweils nur einem sogenannten Trit speichert. Dieses kann in einem ternären System die Werte 1, 0 und -1 annehmen. Ein Trit benötigt etwa den 1,585-fachen Speicherplatz ( $\log_2(3)$ ) eines Bits. Damit hat Microsoft im Vergleich zu einem Modell mit FP16 eine Verkleinerung um den Faktor 3,55 erreicht. Das ist nur geringfügig besser als bei einer 4-Bit-Quantisierung mit AWQ oder GGUF (Faktor 3,2). Das Trit-Verfahren könnte trotzdem in Zukunft eine größere Rolle spielen. Zumal Microsoft auch ein entsprechendes Framework vorgestellt hat, das die Ausführungsgeschwindigkeit solcher hochquantisierter Modelle optimiert.

## Modellvergleich

Angesichts der großen Fortschritte bei der Quantisierung von Sprachmodellen stellt sich die Frage, ob es für mobile Geräte mit begrenzten Ressourcen besser ist, ein kleines Modell mit wenigen Parametern und hoher Genauigkeit der Einzelgewichtungen oder ein größeres Modell mit vielen

Gewichtungen geringerer Genauigkeit zu verwenden.

Dazu haben wir in der Tabelle die Performance von kleinen Modellen (Qwen 2.5 1.5B und SmoLLM V2 1.7B) in verschiedenen Benchmarks mit Modellen verglichen, die mit einer 4-Bit-Quantisierung etwa doppelt so viele Parameter haben, aber deutlich weniger Speicherplatz benötigen (Llama 3.2 3B und Phi 3.5 mini 3.8B).

Es wird schnell klar, dass ein Phi 3.5 mini in der quantisierten Version selbst bei einem Genauigkeitsverlust von 10 Prozent gegenüber der FP16-Version immer noch deutlich besser abschneidet als ein SmoLLM v2. Und auch das in einigen Bereichen dem SmoLLM überlegene Qwen 2.5 1.5B steckt es noch locker in die Tasche, obwohl es weniger Speicher benötigt und bei entsprechender Hardwareunterstützung schneller ist.

Mit der Android-App „H2O AI Assistant“ kann man auf leistungsfähigen Android-Geräten selbst ausprobieren, wie gut das funktioniert. Auf dem Asus Zenfone 9 des Autors lief ein Phi 3.5 mini mit geschätzten 2 Token pro Sekunde. Das ist nichts für Ungeduldige, aber angesichts der einfachen Inbetriebnahme und der Tatsache, dass es komplett lokal auf dem Smartphone läuft, eine beeindruckende Leistung. Die Qualität der Antworten ist oft besser als bei der ersten Version von ChatGPT (v3.5), die vor gerade einmal zwei Jahren veröffentlicht wurde und die Fachwelt in Erstaunen versetzte. Ohne Quantisierung wäre das undenkbar.

(hag@ct.de) **ct**

**Studien zu Quantisierungsverfahren:**  
[ct.de/ygt1](https://ct.de/ygt1)

## Leistungsvergleich von quantisierten LLMs

	Milliarden Parameter	Quantisierung	Dateigröße	MMLU	ARC	HumanEval	IfEval
SmoLLM v2 1.7B	1,7	16 Bit	3,4 GByte	35,97	61,55	20,76	18,48
Qwen 2.5 1.5B	1,5	16 Bit	3,1 GByte	60,90	54,70	37,20	29,00
Llama 3.2 3B	3,2	4 Bit	2,0 GByte	63,4	78,6	52	77,4
Phi 3.5 mini 3.8B	3,8	4 Bit	2,4 GByte	69,00	84,60	62,80	57,75

Die Ergebnisse der vier Benchmarks MMLU, ARC, HumanEval und iFEVAL liegen auf einer Skala von 1 bis 100, größere Werte sind besser. Im Vergleich schneiden die beiden großen, auf 4 Bit quantisierten Modelle Llama 3.2 und Phi 3.5 mini deutlich besser ab als die kleineren Modelle SmoLLM und Qwen, die mit nur halb so vielen Parametern ohne starke Quantisierung arbeiten und deutlich mehr Speicherplatz benötigen. (Quelle: Huggingface)





Bild: KI, Collage c't

# Erinnerungskultur

## Skriptgesteuert Nachrichten an Teams-Chats senden

In Ihrem Unternehmen finden wichtige Versammlungen per Teams statt, aber mancher Kollege verpasst sie, weil er mit dem Kalender auf Kriegsfuß steht? Dann erinnern Sie ihn doch vorab per Chatnachricht an den Termin. Besonders bequem geht das mit einem Skript.

Von Oliver Lau

Erfahrungsgemäß fällt es so einigen Menschen schwer, mit einem Terminkalender umzugehen oder sich im Wust von Einladungen per Mail, Einladungen per Chat und Einladungen per Exchange zurechtzufinden. In der Folge verpassen sie Videokonferenzen oder Ähnliches.

Wenn Sie als bevorzugtes Kommunikationsmittel Teams benutzen, könnten Sie die betreffenden Leute in einem Kanal zusammenfassen und gelegentlich Erinnerungsnachrichten dorthin schicken. Aber wollen Sie wirklich x Nachrichten in

immer kürzer werdenden Abständen (2 Tage vorher, 6 Stunden vorher, 1 Stunde vorher, 15 Minuten vorher, jetzt!) per Hand senden?

Besser ist es, das einem Skript zu überlassen. Das Folgende zeigt am Beispiel eines simplen Shell-Skripts, wie das geht. Es lässt sich leicht in andere Sprachen übertragen.

### Webhook und Flow

Das Skript triggert einen sogenannten Webhook. Als Webhook bezeichnet man einen Vorgang, der durch den Aufruf einer



## ct kompakt

- Wiederkehrende Bedienschritte in Microsoft Teams kann man mit sogenannten Flows automatisieren.
- Flows lassen sich zum Beispiel über Webhooks, also den Aufruf einer URL, triggern.
- Auf diesem Weg kann man skriptgesteuert schick formatierte Nachrichten (Adaptive Cards) an Kanäle oder Gruppenchats schicken.

URL gestartet wird. Im Beispielszenario ist der Vorgang ein Flow in Teams. Ein Flow besteht im Minimalfall immer aus einem Trigger (Webhook-Aufruf, User hinzugefügt ...) und einer Aktion (Nachricht schicken, Terminplaner starten ...), aber auch mehrere Aktionen sind möglich. Einmal eingerichtet kann man ihn immer wieder starten. Außer über Webhooks kann man einen Flow auch mit anderen Ereignissen triggern, zum Beispiel automatisiert Begrüßungsnachrichten an User schicken, wenn sie in ein Team aufgenommen werden, auf Erwähnungen bestimmter Personen oder Stichwörter reagieren und vieles mehr.

Der im Folgenden eingerichtete Flow versendet eine sogenannte Adaptive Card an einen Teams-Kanal. Eine Adaptive Card kann man sich wie ein Mini-GUI vorstellen, das Texte, Bilder und Schaltflächen enthalten darf. Die Adaptive Card erhält ihr Aussehen nicht mithilfe von HTML und CSS, sondern von einer JSON-Datei mit einer vorgegebenen Struktur; dazu weiter unten mehr. Wir benutzen die Adaptive Card, um die Daten für die Terminerinnerung hübsch aufzubereiten.

Um einen neuen Flow anzulegen, klicken Sie in der linken Seitenleiste des Teams-Fensters auf das Dreipunkte-Menü, dann auf „Workflows“ und in der sich öffnenden Workflows-App auf „+ Neuer Flow“. Mit ein bisschen Glück sehen Sie unter den eingeblendeten Vorlagen bereits die richtige: „Den Empfang einer Webhook-Anforderung in einem Kanal veröffentlichen“. Besser verständlich ist das englische Original „Post to a channel when a webhook request is received“.

Falls Sie die Vorlage nicht sehen, suchen Sie nach ihr mit dem Stichwort „webhook“ rechts oben im Eingabefeld. Es erscheint dann auch eine, mit der Sie einen Flow für einen Gruppenchat statt eines Kanals einrichten können. Welche Sie wählen, hängt von Ihrem Einsatzszenario ab. Das Folgende funktioniert in beiden Szenarien.

Wenn Sie die Vorlage fürs Posten an einen Kanal wählen, öffnet sich ein Dialog, in dem Sie dem Flow einen selbst-erklärenden Namen geben können; alternativ belassen Sie es bei der Vorgabe. Darunter sollten Sie den Hinweis sehen, dass der anzulegende Flow Microsoft Teams verwendet. Bei anderen Flows könnten dort weitere Einträge stehen, etwa Outlook, wenn man sich für die Flow-Vorlage entschieden hat, um eine eingehende Mail an einen Chat weiterzuleiten, oder SharePoint für die Vorlage, User über neue Dateien in SharePoint zu informieren.

Mit Klick auf „Weiter“ wählen Sie zuerst das Team und dann den Kanal, in den der Webhook posten soll. Für erste Gehversuche ist es sinnvoll, nicht ein bestehendes Team anzugeben, sondern eines für Testzwecke einzurichten, etwa ein Team „Webhook Testing“ mit einem Kanal namens „Hook-Test“. Nun noch ein Klick auf „Flow erstellen“ und Teams zeigt Ihnen die URL des Webhooks. Die sieht etwa wie folgt aus:

```
https://prod-90.westeurope.logic.azure.com:443/workflows/FLOW_ID/triggers/manual/paths/invoke?api-version=2016-06-01&sp=%2Ftriggers%2Fmanual%2Frun&sv=1.0&sig=ACCESS_TOKEN
```

Der Hostname ist einer von vielen möglichen und hängt unter anderem davon ab, wo auf der Erde Sie den Flow eingerichtet



„Post to a channel when a webhook request is received“ heißt es im Original auf Englisch. Klicken Sie auf diese Kachel, wenn Sie einen Flow erzeugen wollen, der beim Triggern eines Webhook eine Adaptive Card an einen Teams-Kanal schickt.

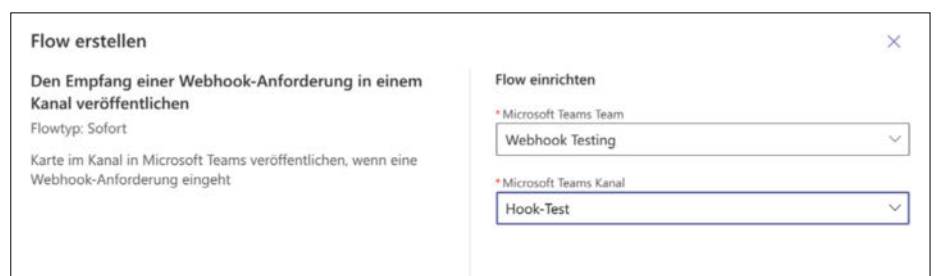
haben. FLOW\_ID ist eine Hexadezimalzahl mit der eindeutigen Kennung des Flows und ACCESS\_TOKEN eine Zeichenfolge mit Authentifizierungsinformation; wer die URL kennt, kann den Webhook ohne weitere Authentifizierung auslösen. Als Entwickler müssen Sie dafür sorgen, dass sie keinem Unbefugten in die Hände fällt. Überlegen Sie also zweimal, ob es eine gute Idee ist, derlei Geheimnisse zum Beispiel bei API-Test-Diensten wie Postman einzugeben.

### Triggern

Den Webhook unter dieser URL (im folgenden Beispiel gekürzt) können Sie nun mit einer simplen HTTP-POST-Anfrage triggern, etwa mithilfe des Kommandozeilenwerkzeugs cURL:

```
curl --request POST \
  --header "Content-Type: application/json" \
  -d @devops-auftakt.json \
  "https://prod-90.westeurope...."
```

Da der Webhook die Nutzlast, also die Adaptive Card, im JSON-Format erwar-



Im zweiten Dialogfenster bestimmen Sie, in welchem Kanal die Adaptive Card landen soll.

tet, soll cURL den Content-Type-Header der Anfrage mit dem Wert „application/json“ senden. Die zu sendenden Daten liest cURL aus der Datei devops-auftakt.json.

Falls Sie diese Zeilen in eine Datei speichern wollen, um sie als Skript auszuführen, und die Datei obendrein unter eine Versionsverwaltung wie Git stellen wollen, tun Sie gut daran, die URL als Variable, zum Beispiel unter dem Namen WEBHOOK\_URL, in einem vom Skript getrennten Dotfile zu definieren:

```
WEBHOOK_URL="https://prod-90.↵
↵westeurope...."
```

Dotfiles beginnen immer mit einem Punkt, womit Dateimanager sie meist nicht auflisten. Wenn das Dotfile zum Beispiel „.devops-hook“ heißt und in Ihrem Home-Verzeichnis liegt, holen Sie die Definition der Variable wie folgt per source ins Skript:

```
source ~/.devops-hook
# hier der Aufruf von curl
```

## POST-Karten

Nun müssen Sie nur noch die Nachricht mit der Adaptive Card erstellen. Den Aufbau der JSON-Datei hat Microsoft erfreulich gut dokumentiert (siehe ct.de/ykph). Den Code für unser Beispiel sehen Sie im Listingkasten rechts.

Auf der obersten Ebene erwartet der eingerichtete Webhook zwei Felder: "type" muss immer "message" sein, "attachments" enthält eine Liste von Adaptive Cards, die in der Nachricht erscheinen sollen. "contentType" hat stets den Wert "application/vnd.microsoft.card.adaptive"; "contentUrl" muss null sein.

Die Liste im Feld "body" unterhalb von "content" beschreibt schließlich den Inhalt der Adaptive Card. Das erste ist ein Textblock in großer Schrift ("size": "large") im Stil einer Überschrift ("style": "heading"); der Text soll in der nächsten Zeile fortgesetzt werden, wenn er nicht in eine Zeile passt ("wrap": true).

Das dritte Element ist ein "FactSet", eine zweispaltige Tabelle mit dem jeweiligen "title" in der ersten Spalte und dem "value" in der zweiten.

Zusätzlich zum "body" kann man unterhalb von "actions" Schaltflächen einbauen. Im Beispiel ist es ein Knopf, der eine URL öffnet. Tippt oder klickt der

```
{
  "type": "Message",
  "attachments": [
    {
      "contentType": "application/vnd.microsoft.card.adaptive",
      "contentUrl": null,
      "content": {
        "type": "AdaptiveCard",
        "body": [
          {
            "type": "TextBlock",
            "size": "large",
            "weight": "bold",
            "text": "DevOps",
            "style": "heading",
            "wrap": true
          },
          {
            "type": "TextBlock",
            "text": "Diese Nachricht soll dich daran erinnern, ↵
            ↵dass bald unsere große Jahresauftaktversammlung ↵
            ↵stattfindet:",
            "wrap": true
          },
          {
            "type": "FactSet",
            "facts": [
              {
                "title": "Datum",
                "value": "16.01.2024"
              },
              {
                "title": "Uhrzeit",
                "value": "15:30"
              },
              {
                "title": "Ort",
                "value": "Teams"
              }
            ]
          }
        ]
      },
      "actions": [
        {
          "type": "Action.OpenUrl",
          "title": "Meeting-Kanal öffnen",
          "url": "https://teams.microsoft.com/l/channel/..."
        }
      ]
    }
  ]
}
```

Eine Adaptive Card definieren Sie bequem im JSON-Format. Das im Kanal landende Resultat sehen Sie im Bild oben auf der nächsten Seite.

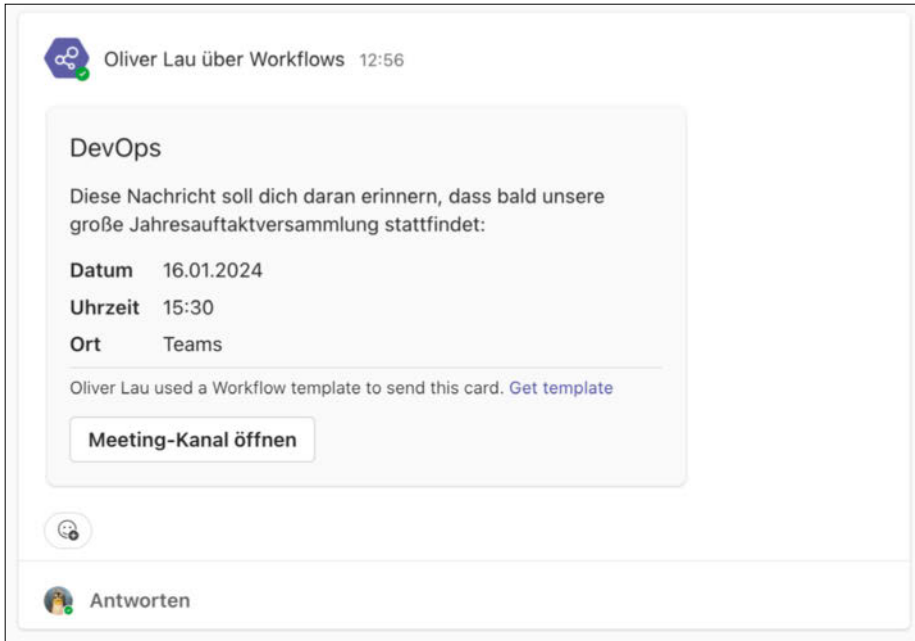
Empfänger darauf, landet er im unter "url" stehenden Teams-Kanal. Die URL eines Teams-Kanals bekommt man heraus, indem man mit der Maus über den Kanalnamen fährt, auf das erscheinende Dreipunkte-Menü klickt und dann auf „Link zum Kanal erhalten“.

Weil Bilder die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, experimentieren Sie doch mal damit, ein Objekt wie folgendes in den "body" einzufügen:

```
{
  "type": "Image",
  "url": "http://adaptivecards.io/↵
  ↵content/cats/1.png"
}
```

## Ausblick

Das wars auch schon. Mit dem Microsoft-Tool Power Automate können Sie alternativ zu Teams Ihre Flows zusammenkli-



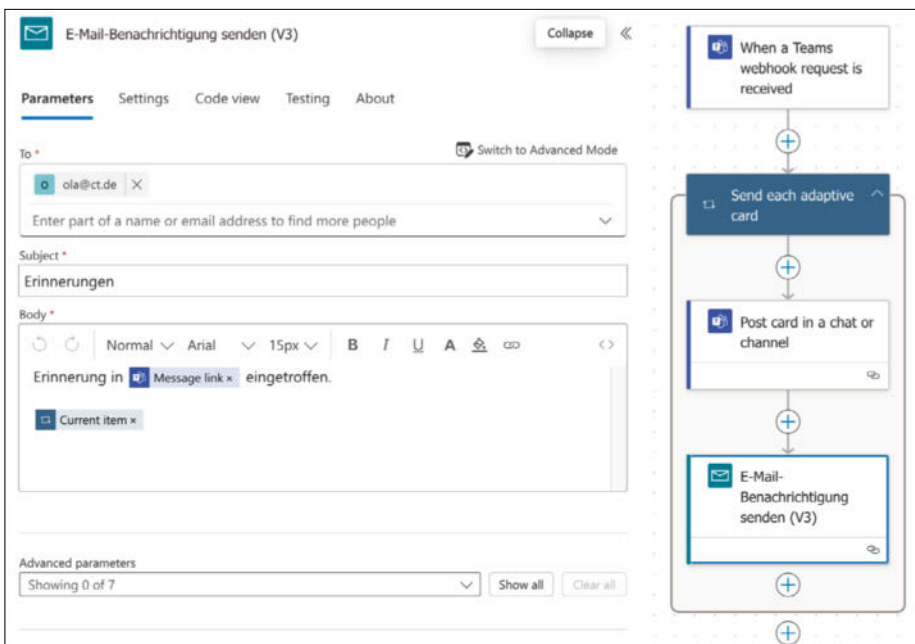
Wenn Sie die JSON-Daten von der vorangehenden Seite an den Webhook des Flows schicken, erscheint die Adaptive Card im damit verknüpften Teams-Kanal.

cken und dabei tiefer in die Details einsteigen. Die umfangreiche Onlinehilfe unterstützt Sie dabei (siehe ct.de/ykph).

Neben dem vorgestellten rudimentären Shell-Skript finden Sie eine Version für Python im GitHub-Repository zu diesem Artikel (siehe ct.de/ykph), die einen Tag, eine Stunde, zehn Minuten und 30 Sekunden vor dem Termin den Webhook triggert.

Wenn Ihnen das nicht flexibel genug ist, gedulden Sie sich noch ein bisschen. In einem kommenden Artikel stellen wir ein Web-Frontend und ein in Go programmiertes Backend für das Erinnerungshelferlein vor. (ola@ct.de) **ct**

**Quellcode bei GitHub, Doku zu Webhooks und Adaptive Cards: ct.de/ykph**



In Microsoft Power Automate kann man Flows bequem zusammenklicken. Für diesen Screenshot haben wir den im Artikel definierten Flow zu Experimentierzwecken um eine Aktion ergänzt, die eine Mail mit den JSON-Daten der per Webhook eingetroffenen Adaptive Card sendet.

# Vorsicht ist besser als Nachsicht!

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



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

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

... und noch viel mehr hilfreiche Artikel



[shop.heise.de/ct-securityeinstieg24](https://shop.heise.de/ct-securityeinstieg24)

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





Bild: KI, Collage ct

# Quantencomputing to go

## Auf dem Weg zum mobilen Superrechner

**Noch füllen Quantencomputer ganze Räume. Doch bereits bevor der erste leistungsfähige Quantenrechner existiert, will die bundeseigene Agentur für Innovation in der Cybersicherheit (Cyberagentur) die ersten mobilen Geräte entwickeln lassen. Forscher verfolgen verschiedene Ansätze, um sich dieser Herausforderung zu stellen.**

Von Sabrina Patsch

**D**ie ersten Computer waren vor 80 Jahren schrankgroße Monster. 35 Jahre dauerte es bis zum ersten Desktop-PC, keine zehn Jahre später folgte der erste Laptop. Die Miniaturisierung von Technik ist ein natürlicher Schritt, der nun auch dem Quantencomputer bevorsteht. Doch anders als beim klassischen Computer streben Entwickler im Quantencomputing bereits nach mobilen Geräten, noch bevor Quantencomputer irgendein relevantes Problem lösen können – egal welcher Größe.

Nach einer Ausschreibung vergab die Agentur für Innovation in der Cybersicherheit (Cyberagentur) im vergangenen September drei Aufträge an internationale

Technologieunternehmen, um einen mobilen Quantencomputer zu entwickeln. Die Cyberagentur ist Bestandteil der nationalen Sicherheitsstrategie der Bundesrepublik Deutschland, sie wurde 2020 gemeinsam vom Bundesverteidigungsministerium und dem Bundesinnenministerium gegründet. 35 Millionen Euro investiert sie über 30 Monate, um die Entwicklung mobiler Geräte für Sicherheits- und Verteidigungsszenarien zu fördern. Das Projekt soll Deutschland auf dem Gebiet der mobilen Quantencomputer an die Weltspitze bringen und die digitale Souveränität des Landes stärken, so die Cyberagentur.

## c't kompakt

- Die Kühlung, das Vakuum und die Elektronik heutiger Quantenrechner benötigen extrem viel Platz.
- Erste tragbare Geräte gibt es bereits seit einigen Jahren. Sie sind jedoch noch auf eine Handvoll Qubits beschränkt und eignen sich nur zu Demonstrationszwecken.
- Die Cyberagentur hat einen Wettbewerb gestartet, für den internationale Technologieunternehmen versuchen, einen mobilen Quantencomputer mit mindestens 50 Qubits zu entwickeln.

Warum benötigen Quantenrechner überhaupt so viel Platz, wenn ihre fundamentalen Bauteile, die Qubits, aus winzigen Quantenelementen bestehen? Was machen Hersteller mobiler Quantencomputer anders? Sind diese Geräte tatsächlich ein adäquater Ersatz für raumfüllende Supermaschinen? Und wäre es nicht sinnvoller, erst nützliche Geräte zu entwickeln und sie anschließend zu verkleinern?

Nein, meint Sebastien Luber, Senior Director für Technologien und Innovation bei Infineon Technologies und Mitglied des QUTAC (Quantum Technology & Application Consortium). „Ein portabler Quantencomputer hat ganz andere Anforderungen an die Plattformarchitektur, da nicht alle technologischen Ansätze gleichermaßen für diesen Zweck geeignet sind“, sagt er. „Daher ist es hilfreich, diese Anforderungen frühzeitig zu berücksichtigen. So können wir für zukünftige leistungsfähige Quantencomputer auch mobile Anwendungen ermöglichen.“ Der

Halbleiterhersteller Infineon entwickelt selbst Elektronik, Komponenten und Module für Quantencomputer und kooperiert mit verschiedenen Hardware-Unternehmen für Quantentechnologie.

### Unabhängig mit mobilen Quantencomputern

In vielen Szenarien wird es auch in Zukunft ausreichen, wenn Anwender über eine Cloud auf Quantenrechner in einem zentralen Rechenzentrum zugreifen. Luber kann sich jedoch auch Anwendungen vorstellen, in denen ein mobiles Gerät von Vorteil wäre, „sei es, um unabhängig von Netzwerken Berechnungen durchzuführen oder möglicherweise sogar in weiterer Zukunft Quantencomputer direkt in Fahrzeugen einzusetzen“.

Die mobilen Geräte der Cyberagentur sollen vor allem für Sicherheit und Verteidigung eingesetzt werden. Um die Cybersicherheit zu stärken, will die Agentur innovative Vorhaben mit hohem Risiko und Disruptionspotenzial durchführen; dazu zählt der mobile Quantencomputer. Roman Bansen, Leiter der Abteilung Quantentechnologien bei der Cyberagentur, erläutert: „Mobile Systeme können unabhängig von einer Datenanbindung an stationäre Rechenzentren operieren.“ Dies sei speziell in Krisen- oder Verteidigungsfällen essenziell. „Gleichzeitig bieten mobile Quantencomputer potenziell auch für zivile Anwendungen erhebliche Vorteile.“ Wie große Geräte eignen sich auch mobile Quantencomputer beispielsweise für die Lösung komplexer Logistikszenarien und zur sicheren Verschlüsselung [1], die wiederum kritische Infrastrukturen schützen kann.

### Raumfüllende Megamaschinen

Aktuell füllen Quantencomputer noch ganze Labore. Schuld daran ist aber nicht



Bild: Switch Science/SpinQ

**Der Gemini Mini ist der kleinste der drei SpinQ-Quantencomputer und mit zwei Qubits ausgestattet.**

der Quantenprozessor selbst: Der IBM-Chip Heron mit 133 Qubits ist kaum größer als eine Briefmarke. Doch steckt er in einem fast sieben Meter breiten und vier Meter hohen Schrank namens IBM Quantum System Two. In dem futuristisch angehauchten Koloss verstecken sich die zum Betrieb notwendige Elektronik, Kryo- und Vakuumtechnik sowie klassische Serverarchitektur.

Supraleitende Qubits funktionieren nur bei sehr tiefen Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt:  $-273$  Grad Celsius. Um diese Betriebstemperatur zu erreichen, stecken die Prozessoren in einem Kryostat, das mit flüssigem Helium gekühlt wird. Auch andere Qubit-Architekturen [2], wie Atome oder Ionen, funktionieren bei sehr tiefen Temperaturen besser, da Wärmestrahlung die empfindlichen Qubit-Zustände stört. Darüber hinaus benötigen Qubits Schutz vor weiteren Störungen, etwa durch mechanische Vibrationen, unerwünschte Strahlung und Kollisionen mit Atomen und Molekülen aus der Luft. Daher platziert man sie häufig im Vakuum und isoliert sie von ihrer Umgebung. Um die Qubits präzise zu kontrollieren, benötigen Forscher zudem noch Elektronik und Dutzende Kabel. All das

**Das IBM Quantum System Two steht in New York und enthält drei Heron-Prozessoren.**



Bild: Ryan Lavine for IBM





Bild: Ferdinand Schmidt-Kaler

**Ferdinand Schmidt-Kaler ist Professor am Institut für Physik der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz. Sein Start-up neQxt wurde von der Cyberagentur ausgewählt, um einen mobilen Quantencomputer zu bauen.**

braucht Platz und so füllen Quantencomputer schnell ganze Räume.

### Erste tragbare Quantencomputer von SpinQ

Bereits im Januar 2020 präsentierte das Unternehmen SpinQ den weltweit ersten programmierbaren Desktop-Quantencomputer. Die chinesische Firma aus Shenzhen nahe Hongkong wurde 2018 gegründet und widmet sich der Popularisierung und Industrialisierung von Quantencomputern. Das 44 kg schwere Gerät mit dem Namen Gemini besitzt zwei Qubits und kostet umgerechnet 40.000 Euro. Im September 2021 stockte das Unternehmen mit dem SpinQ Triangulum auf drei Qubits auf. Im darauffolgenden Januar veröffentlichte es den Gemini Mini, den es als weltweit ersten tragbaren Quantencomputer vermarktete. Das Gerät wiegt 14 kg, ist mit zwei Qubits ausgestattet und kostet umgerechnet 8000 Euro. Seit Dezember 2022 sind alle drei Geräte kommerziell verfügbar.

Als Qubits nutzt SpinQ den Kernspin von Molekülen, den man sich vereinfacht als Drehung der Atomkerne um die eigene Achse vorstellen kann. Mithilfe elektrischer und magnetischer Felder können Wissenschaftler den Kernspin – und damit das Qubit – manipulieren. Die gleichen Methoden nutzt auch die Magnetresonanztomografie (MRT), um dreidimensionale Abbildungen von Geweben und Organen anzufertigen. Obwohl derartige Quantencomputer in den Anfän-

gen der Quantentechnologie erstmals den Shor-Algorithmus zur Zerlegung von Primzahlen ausgeführt haben [3], scheitern diese Geräte an der Skalierung. Die Qubits liegen in Molekülen so dicht beieinander, dass sie sich nur schwer einzeln ansprechen lassen. Dies begrenzt die Zahl von Qubits auf maximal 10 bis 15 – zu wenig, um relevante Probleme zu lösen. SpinQs Quantencomputer mit zwei bis drei Qubits eignen sich daher eher für den Einsatz in Schulen, um das Konzept von Quantencomputern zu demonstrieren.

### Im Auftrag der Cyberagentur

Nun will die Cyberagentur den Bau eines mobilen Quantencomputers auch in Deutschland vorantreiben. Ihre Vertragspartner haben sich verpflichtet, ihre Qubits und die Peripherie – also Elektronik, Optiken oder andere Gerätschaften, die zu deren Betrieb benötigt werden – so weit zu verkleinern und zu stabilisieren, dass der Quantencomputer bei gleichbleibender Rechenleistung auch außerhalb eines Labors funktioniert. Das finale Gerät muss gewisse Maßstäbe erfüllen: Maximal einen Kubikmeter groß und 300 Kilogramm schwer darf es sein, 3000 Watt Leistung darf es ziehen und mindestens 50 Qubits soll es haben. Damit würde das Gerät gerade so in einen Familien-Van mit umgeklappter Rückbank passen und halb so viel wiegen wie eine Kuh – „tragbar“ sind diese Geräte also nur, wenn ein bis zwei Kollegen aus dem Fitnessstudio mit anpacken. Trotzdem wären sie damit flexibler als heutige Geräte. Überdies sollen sie weitere Vorteile gegenüber heutigen Geräten liefern: Sie sollen ohne die Fachkenntnis eines Physikers in Betrieb zu nehmen und robust gegenüber Störungen sein, zum Beispiel in üblichen Rechenzen-

tren ohne Isolation oder hochpräzise Temperaturkontrolle.

### Ionen-Quantencomputer aus Mainz

Ausgewählt hat die Cyberagentur drei Projekte, die unterschiedliche Ansätze verfolgen, um diese Ziele zu erreichen. Im ersten Projekt maQue wollen Forscher des Start-ups neQxt gefangene Ionen nutzen, um ein mobiles System zu entwickeln. neQxt ist eine Ausgründung der Arbeitsgruppe von Physikprofessor Ferdinand Schmidt-Kaler der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz und profitiert damit von einer jahrzehntelangen Erfahrung im Bereich von Ionenfallen-Quantencomputern. Das Start-up deckt das gesamte Spektrum von Hardware bis Software ab.

Ionen sind geladene Atome, die Physiker in speziell designten Fallen einfangen können. Die Elektroden der Falle erzeugen elektrische Felder und halten das geladene Teilchen so an einem Ort fest. „Die Ionen schweben da drinnen im freien Raum“, erklärt Schmidt-Kaler. Kein anderes Material ist im Weg und könnte die Ionen stören, wenn sie als Qubits agieren. Im Unterschied zu künstlichen Materialien, wie supraleitenden Qubits, haben Ionen außerdem den Vorteil, dass sie von Natur aus identisch sind – so können sich keine Fabrikationsfehler einschleichen.

Für das Design der Falle gibt es verschiedene Ansätze. Einige Gruppen fangen Ionen auf der Oberfläche spezieller planarer Mikrochips, Schmidt-Kaler hingegen nutzt dreidimensionale Fallen und fängt die Teilchen im Inneren. Goldelektroden in etwa 200 Mikrometern Abstand fangen die Kalzium-Ionen. Die Ausrichtung des Spins des äußersten Elektrons des Ions, ob es nach oben oder unten zeigt, kodiert ein Qubit. Bis zu hundert Ionen

**Das Mainzer Start-up neQxt nutzt als Qubits Ionen, die es in einer dreidimensionalen Falle speichert. Die Pixelbilder sind experimentelle Messdaten und verdeutlichen die Position der Ionen, im realen Experiment sind sie nicht mit bloßem Auge erkennbar.**

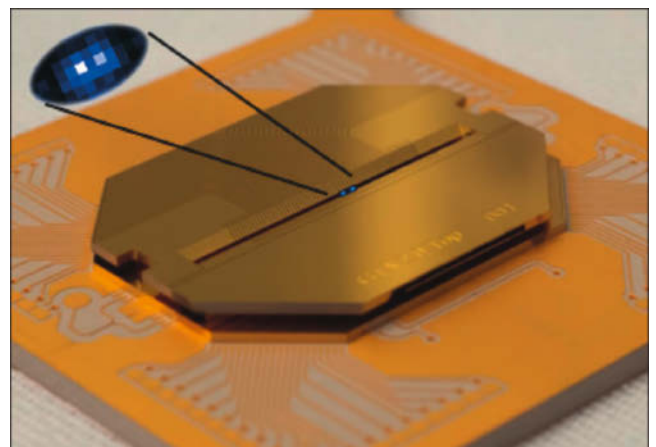


Bild: neQxt



**Der Quantenchip von Quantum Brilliance besteht aus mehreren Schichten. Sie tragen nicht nur die Qubits, sondern bieten auch Mittel, diese zu kontrollieren.**

gattern auf. Gemeinsam wollen die Unternehmen ihre Quantenprozessoren weiterentwickeln.

### Diamant-Qubits aus Australien

Einen gänzlich anderen Ansatz verfolgt das deutsch-australische Start-up Quantum Brilliance. Es will gemeinsam mit ParityQC (Parity Quantum Computing) aus Innsbruck im Projekt Diamonds-MQC (mobiler Quantencomputer aus Qubits in Diamanten) einen mobilen Quantencomputer aus Qubits in Diamanten entwickeln. Ideale Diamanten bestehen aus einem regelmäßigen Gitter aus Kohlenstoffatomen. In dieses Gitter schleichen sich in der Realität jedoch Fehler ein, wie Leerstellen, zusätzliche oder fremde Atome. Ein für das Quantencomputing nützlicher Gitterfehler ist das Stickstoff-Fehlstellen-Zentrum oder kurz NV-Zentrum (nitrogen-vacancy center). Hier wurde einerseits ein Kohlenstoffatom durch ein Stickstoffatom ersetzt und andererseits fehlt direkt daneben ein Kohlenstoffatom. Diese Kombination verhält sich wie ein künstliches Atom, aus dem Forscher ein Qubit konstruieren können.

Im Unterschied zu einigen anderen Architekturen sind NV-Zentren, wie auch Ionen, sehr robust gegenüber äußeren Störungen wie Wärmestrahlung oder mechanischen Vibrationen, sodass sie auch bei Raumtemperatur effizient arbeiten. Da die entsprechende Technik zur Kühlung und Isolation der Qubits entfällt, verbraucht ihr Betrieb weniger Energie und die Maschinen selbst sind robuster, wenn sie transportiert werden sollen. Sie eignen sich somit gut für den mobilen Einsatz.

Die Herausforderung bei der Arbeit mit NV-Zentren war bisher ihre Herstel-



**Dr. Mark Mattingley-Scott ist Europachef des deutsch-australischen Start-ups Quantum Brilliance.**

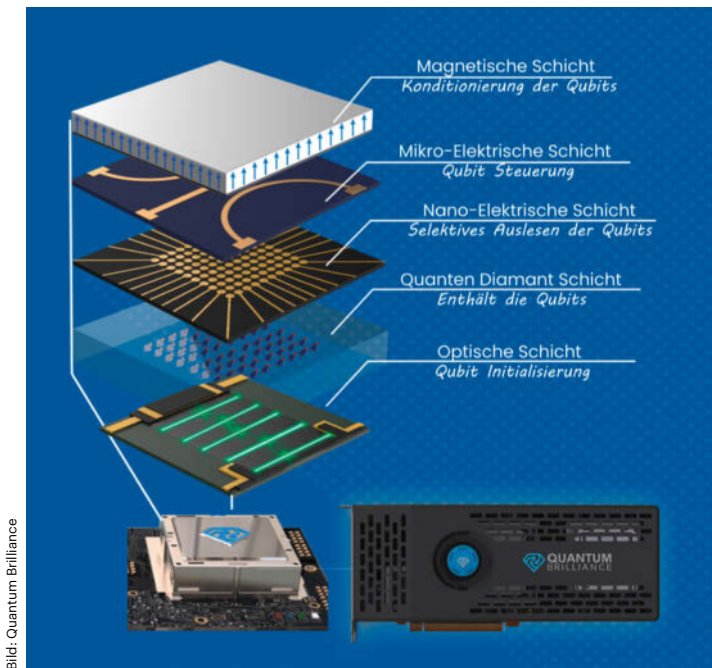


Bild: Quantum Brilliance

wollen die Forscher so in einer Linie anordnen; sie formen einen Ionenkristall. In Zukunft will das Team von einer Linie zu einer zweidimensionalen Struktur übergehen. „Da kreuzen wir dann mehrere Fallen. So können wir später die Zahl der Ionen so weit über hundert skalieren“, sagt der Forscher. Wie Züge am Bahnhof könnten sie die Ionenkristalle dann darin verschieben. „Wir können Züge aneinanderhängen, Weichen stellen, Kreuzungen nutzen und so die Position der Ionen kontrollieren.“ Forscher nennen das Ionen-Shuttling. „So können wir die Architektur sehr flexibel während der Laufzeit des Quantencomputers anpassen – je nachdem, was der Algorithmus benötigt.“

„In einer dreidimensionalen Falle sind die Ionen sicher eingeschlossen“, sagt Schmidt-Kaler. Schweben die Ionen hingegen über der Oberfläche eines Mikrochips, könnten sie viel leichter nach oben hin abhauen. Auf der anderen Seite sei es schwieriger, dreidimensionale Fallen herzustellen. „Den Prototyp für die Cyberagentur stellen wir in einem speziellen Reinraum her. Der ist ideal dafür ausgestattet, unsere Fallen zu bauen.“ Der Reinraum stammt aus der Förderung des BMBF im Rahmen der Quantentechnologieförderung, die Firma neQxt mietet und nutzt ihn. Diese Spezialisierung erschwert allerdings die Serienfertigung der Quantenprozessoren. „Heute schrauben zehn Leute zwei Jahre an einem Quantencomputer. Das ist nicht vergleichbar mit der Serienfertigung normaler Computer-

chips“, sagt der Physiker. Der Aufbau einer Pilotlinie sei dann der nächste Schritt. Helfen soll dabei eine Initiative im Rahmen des europäischen Chips-Acts.

### Quanten- und Supercomputer vereint

Schmidt-Kalers Vorstellungen über mobile Quantencomputer decken sich mit der Idee der Cyberagentur. „Ich will einen transportablen Quantencomputer, den ich an ein Rechenzentrum transportieren kann“, sagt er. „Der Hauptrechner ist und bleibt ein Hochleistungsrechner, dem der Quantencomputer an den richtigen Stellen zuspiziert.“ So erledige jeder Computer die Aufgabe, für die er am besten geeignet sei. Schmidt-Kalers Gruppe war die erste in Deutschland, die erfolgreich einen Quantencomputer mit einem Supercomputer, dem MOGON II in Mainz, verbunden hat. „Um Verzögerungen in der Kommunikation zwischen den beiden zu vermeiden, ist es am besten, wenn die Geräte nebeneinanderstehen“, sagt er. Außerdem sei man unabhängig von externer Infrastruktur, wie etwa der Datenverbindung und Glasfaserkabeln.

Auch die Unternehmen im zweiten Projekt der Cyberagentur nutzen Ionen, um einen mobilen Quantencomputer zu entwickeln. Infineon schloss sich mit dem englischen Start-up Oxford Ionics zusammen, ihr mobiler Ionenfallen-Quantencomputer soll den Namen MinIon tragen. Oxford Ionics stellte erst kürzlich einen neuen Rekord für die Güte von Quanten-



Bild: Quantum Brilliance

Diese gerenderte Grafik zeigt, wie der Quantenbeschleuniger von Quantum Brilliance und ParityQC aussehen könnte. Er soll leistungsfähige GPUs schlagen können und dabei nur etwa so groß werden wie eine Grafikkarte.

lung. Dafür bringen Forscher häufig Stickstoffatome während des Wachstums des Kristalls in das Diamantgitter ein. Entsteht neben einem Stickstoffatom eine Leerstelle, bilden sie gemeinsam ein NV-Zentrum. Dieser Prozess ist aber zufällig und die genaue Position der Qubits kann nicht kontrolliert werden. Quantum Brilliance hat nun eine Methode entwickelt, die Qubits reproduzierbar und deterministisch herzustellen. Ausgangspunkt sind hochreine, industriell hergestellte Diamanten. Darauf platzieren die Wissenschaftler eine Schicht Wasserstoffatome. Mit einem Rastertunnelmikroskop stanzen sie Löcher in diese Schicht und platzieren Stickstoffatome darin. Anschließend entfernen sie den Wasserstoff. „Der wichtigste Schritt ist die Erzeugung des ersten Qubits“, sagt Mattingley-Scott, Europachef von Quantum Brilliance. „Das ist das Schöne an einer deterministischen Methode: Wenn man weiß, wie man ein Qubit herstellt, kann man beliebig viele machen.“

Mit dieser Methode kann das Unternehmen NV-Zentren mit einem Abstand von wenigen Nanometern präzise erzeugen. Auf einen Chip mit einer Größe von vier mal vier Millimetern passen also theoretisch fast eine Billion Qubits. Bis sie all diese nutzen können, werde es jedoch noch einige Jahre dauern, sagt Mattingley-Scott. Für das Projekt der Cyberagentur

will das Unternehmen erst einmal 25 Qubits bereitstellen. „Dies wird die erste Maschine mit deterministisch platzierten NV-Zentren sein, die industriell hergestellt werden kann“, sagt er. Sogenannte Development Kits des Unternehmens sind bereits kommerziell verfügbar: Der Quantum Brilliance Gen1 mit zwei Qubits passt in eine handelsübliche 19"-Schublade in Rechenzentren. Doch das Start-up plant seine Hardware noch weiter zu verkleinern, der finale Quantenprozessor soll nicht größer sein als eine handelsübliche Grafikkarte.

### Eine Frage der Messlatte

Das Ziel von Quantum Brilliance ist es nicht, die besten Supercomputer zu schlagen. „Die Frage ist doch: Womit vergleichen wir Quantenhardware? Wenn der beste Supercomputer der Maßstab ist, dann ist Quantenüberlegenheit eine wirklich harte Nuss“, sagt Mattingley-Scott. „Mit Qubits muss man ganz schön viel jonglieren, singen und tanzen, um diese Leistung zu übertreffen.“ Sei der Maßstab hingegen eine GPU, sähe die Situation anders aus. „Wenn ich ein Gerät habe, das kleiner ist als eine Handtasche und schneller oder akkurater rechnet als eine GPU, dann habe ich bereits einen Business-Case.“ Er spricht daher von „quantum utility“ statt von „quantum supremacy“

– der Quantenprozessor müsse nützlich sein, nicht zwangsläufig besser als der beste klassische Computer.

Um ihr Ziel zu erreichen, arbeitet Quantum Brilliance mit ParityQC zusammen, dem weltweit einzigen Unternehmen für Quantenarchitektur. Die Produkte des Start-ups stehen an der Schnittstelle zwischen dem Nutzer und der Quantenhardware. „Der Anwender möchte zum Beispiel ein CNOT-Gatter ausführen“, also eine spezielle Quantenoperation, die zwei Qubits miteinander korreliert, „aber was man auf Qubit-Ebene braucht, ist eine Kombination aus Radiofrequenz-, Mikrowellen- und Laserpulsen mit präzise ausgewählten Frequenzen, Längen und Intensitäten“, erklärt Mattingley-Scott. „ParityQC baut speziell für unsere Hardware einen Compiler, der zwischen diesen beiden Szenarien übersetzt.“

### Auf dem Weg zum Quanten-Laptop?

Welche Architektur für den Bau eines mobilen Quantencomputers letztendlich besser geeignet ist – ob NV-Zentren, Ionen oder eine ganz andere Variante – könnte das Projekt der Cyberagentur zeigen. Mit einer Laufzeit von nur 30 Monaten dürften die ersten Ergebnisse nicht lange auf sich warten lassen. Doch sind die Projekte der Cyberagentur nicht die einzigen, die das Ziel mobiler Quantencomputer verfolgen. Auch andere Start-ups, wie etwa die deutschen Unternehmen SaxonQ und XeedQ, geben an, mobile Geräte entwickeln zu wollen.

Ob sich aus diesen Geräten jedoch tragbare Maschinen für den alltäglichen Gebrauch entwickeln werden, etwa quantengetriebene Laptops oder Smartphones, ist fraglich. „Wofür brauche ich einen Chip mit einer Million Qubits in meinem Laptop oder meinem Telefon? Heute habe ich keine Ahnung“, sagt Mattingley-Scott. Doch das habe man auch nicht gewusst, als die ersten klassischen Computer entwickelt wurden. „Ich weiß, dass die Menschheit nützliche Anwendungen finden wird.“ (spa@ct.de) **ct**

### Literatur

- [1] Sabrina Patsch, Quantencomputer-Ökosystem, Die Vorbereitungen auf das Quantenzeitalter haben begonnen, c't 27/2024, S. 126
- [2] Sabine Hossenfelder, Rechnen mit Qubits im Jahr 2021, Sechs technische Konzepte für Quantencomputer, c't 17/2021, S. 124
- [3] Jens Marre, Nach anderen Regeln, Einstieg in die Welt der Quantenalgorithmen, iX 2/2022, S. 122



# Make:

## JETZT IM ABO GÜNSTIGER LESEN



GRATIS!



### 2x Make testen mit über 30 % Rabatt

#### Ihre Vorteile im Plus-Paket:

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

Für nur 19,40 € statt 27-€

Jetzt bestellen:  
[make-magazin.de/miniabo](http://make-magazin.de/miniabo)







Robert Leslie / TED AI

# „Chatbots werden die Welt nicht tiefgreifend verändern“

**Deepmind-Forscherin Raia Hadsell: KI muss Fundamentales bewirken**

Deepmind ist Googles KI-Schmiede. Mit AlphaGo hat das Londoner Start-up die Strategiespielszene aufgemischt, mit AlphaFold die Proteinfaltung revolutioniert. In den Natur- und Geowissenschaften kann Machine Learning künftig Großes bewirken, erklärt die stellvertretende Leiterin der Forschungsabteilung Raia Hadsell im c't-Interview auf der TED-AI-Konferenz in Wien.

Von Andrea Trinkwalder

**c't:** Frau Hadsell, Sie sind Vice President of Research bei Google Deepmind, also im Forschungsvorstand. Diese Google-Tochter war bislang sehr autark und wurde jetzt mit dem Google-Brain-Team verschmolzen. Wie kann man sich Ihre Aufgabe und die Ihres Teams vorstellen?

**Raia Hadsell:** Deepmind ist unser auf künstliche Intelligenz fokussiertes Unternehmen, wir betrachten es als den KI-Maschinenraum von Google. Wir sind eine kleinere Gruppe mit Sitz in London. Innerhalb von Deepmind haben wir ein Team, das Gemini und die anderen generativen Medienmodelle entwickelt und einführt. Es konzentriert sich darauf, diese in gro-

ßem Maßstab zu entwickeln und einzusetzen. Außerdem leite ich die Grundlagenforschung. Dabei handelt es sich um eine Gruppe von Ingenieuren und Wissenschaftlern, die an geschätzt hundert verschiedenen Themen arbeiten. Sie alle haben aber mit der anspruchsvollen Frage zu tun, wohin sich die KI in vielen verschiedenen Bereichen als Nächstes entwickeln wird. Dabei geht es sowohl um domänenspezifische Bereiche wie Robotik, Nachhaltigkeit und Wettervorhersage als auch um die nächsten KI-Entwicklungen, die für Gemini und andere Modelle erforderlich sind.

**c't:** Derzeit kreist aber die ganze Welt um die großen Sprachmodelle, oder?

**Hadsell:** Chatbots und Sprachmodelle sind natürlich erstaunlich. Sie sind unglaublich beeindruckend, leistungsstark und vielseitig. Aber wir selbst sind bereits Meister der Sprache und des Wissens. Chatbots werden uns sicherlich effizienter, produktiver oder fähiger machen, aber sie werden nicht notwendigerweise tiefgreifende Veränderungen bewirken. Diese gelingen, wenn wir KI für Aufgaben einsetzen, die Menschen nicht so gut können: so wie AlphaFold für die Proteinfaltung, Machine-Learning-Systeme für die Wettervorhersage und Klimamodellierung sowie zur Modellierung der Erde in Bezug auf die Artenvielfalt.

**c't: AlphaFold gehört zu den Machine-Learning-Modellen, die herausstechen, weil es die Forschung und die Biologie fundamental voranbringen konnte. Worin unterscheidet es sich prinzipiell von weniger einflussreichen Modellen?**

**Hadsell:** Es ist einer der, wie wir es nennen, Wurzelknoten des Problems. Es gibt eine Menge Probleme in der Biologie, und sie bauen aufeinander auf. Die Proteine befinden sich ganz unten, an der Basis. Sie sind der Wurzelknoten. Wenn man solche Probleme lösen kann, eröffnen sich viel mehr Möglichkeiten, darauf aufzubauen. Ich denke, dass wir die Auswirkungen von AlphaFold bereits sehen, aber dessen Einfluss auf die biologische Forschung wird auch noch in das nächste Jahrzehnt hineinreichen, weil es ein solch grundlegendes Modell ist.

Das Gleiche gilt für das Verständnis des Wetters: Ich arbeite auch an GraphCast, weil das ein ganz anderer Weg ist, das Wetter vorherzusagen. Auch hier sehe ich die kurzfristige Wettervorhersage als Grundlage, auf der man dann andere Technologien aufbauen kann.

**c't: Wobei GraphCast und andere KI-Modelle die Wetter- und Klimamodellierung noch nicht auf ähnliche Weise revolutionieren wie AlphaFold die Proteinfaltung. Sie sind vor allem deutlich schneller als die numerischen Simulationen, aber qualitativ nicht notwendigerweise überlegen. Wetterexperten vermissen die Erklärbarkeit und vor allem die Möglichkeit, Variationen einer Vorhersage zu erstellen. Könnte es eine Lösung sein, beide Ansätze – die Mustererkennung und das physikalische Wissen – zu kombinieren?**

**Hadsell:** Ich denke, dass die Wiedereinführung der Physik in den reinen KI-Ansatz zur Wettervorhersage sehr wertvoll sein wird. Das wird auch dazu beitragen, die Vorhersage und die Modellierung zu erweitern, sodass man anfangen kann, Klimaveränderungen zu betrachten und nicht nur die zweiwöchige Wettervorhersage. Die Einbeziehung der Physik und das Treffen in der Mitte ist also definitiv etwas, woran wir arbeiten, und ich denke, dass andere auch daran arbeiten.

Sie haben recht, dass GraphCast in gewisser Weise nur eine den konventionellen physikalischen Ansätzen vergleichbare Leistung hat und lediglich schneller ist. Aber jetzt haben wir ein neues Modell namens GenCast. GenCast wurde gerade veröffentlicht und ist wesentlich genauer als die klassischen Simulationen. Es ist sogar noch schneller und effizienter, und es ist sogar probabilistisch. Das bedeutet, dass wir Ensembles generieren können [mehrere mögliche, unterschiedlich wahrscheinliche Szenarien, Anm. d. Red.]. Die Möglichkeit, Ensembles zu erzeugen, war tatsächlich ein wichtiges fehlendes Element für den praktischen Einsatz. Es könnte jetzt also für die großen Wetterämter attraktiv sein, dieses Modell anstelle der physikalischen Ansätze zu verwenden. Dennoch würde ich zustimmen, dass es für eine Weile eher eine ergänzende Methode sein wird. Die Wetterexperten werden nun vermutlich auch versuchen, herauszufinden, welche der beiden Methoden sich für welche Situationen am besten eignet.

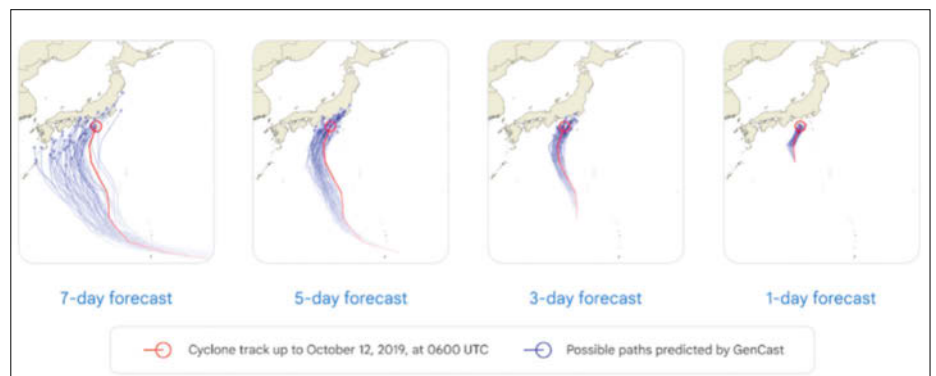
**c't: Gibt es grundlegende Erkenntnisse oder Konzepte, die Sie von AlphaFold für GraphCast übernehmen konnten, oder handelt es sich um komplett unterschiedliche Modelle?**

**Hadsell:** Es gibt Gemeinsamkeiten zwischen all diesen Modellen, aber nur auf einer sehr rudimentären Ebene. Sie alle verwenden entweder Transformer- oder Diffusion-Technik oder eine Kombination aus beidem. In diesem Sinne sind also einige der zentralen architektonischen Elemente zwischen Gemini, AlphaFold und GenCast absolut ähnlich.

Aber dann wird es für die verschiedenen Bereiche sehr unterschiedlich. GraphCast gründet auf einem neuronalen Graphennetzwerk. Dieses eignet sich dazu, lokale Veränderungen, lokale Beobachtungen und deren Ausbreitung zu untersuchen, um die Vorhersage für ein größeres Gebiet zu ändern. Bei Proteinen handelt es sich um einen ganz anderen Raum.

**c't: Die Architektur, die zum Beispiel für die Bilderkennung verwendet wird, das Deep Convolutional Neural Network (tiefes Faltungsnetz, CNN), ist perfekt auf die Verarbeitung von Bildern zugeschnitten. Graphennetzwerke eignen sich perfekt für die Wettervorhersage und Transformer für Text- und Bildgeneratoren. Muss man also durch die Wahl der Architektur bereits einiges an Vorwissen einbringen?**

**Hadsell:** Ich meine, ein Teil der Herausforderung besteht darin, das beste Modell zum jeweiligen Zeitpunkt zu finden. Das ändert sich mit der Zeit. GraphCast ist inzwischen von GenCast abgelöst worden. GenCast ist ein reines Diffusionsmodell. Es ist kein neuronales Graphennetzwerk. Und sogar bei der Bilderkennung können wir jetzt sehr gute Ergebnisse erzielen, indem wir reine Transformer verwenden, anstelle der Faltungsnetze.



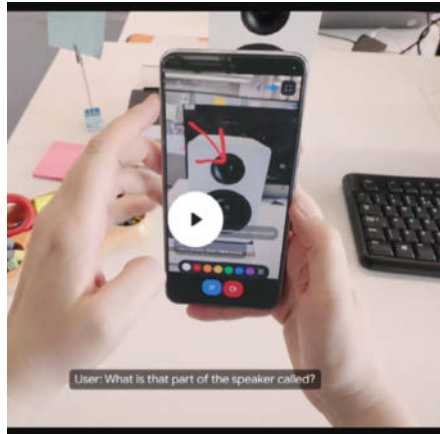
**2019 stellte sich für Meteorologen die Frage: Wohin wird sich Taifun Hagibis bewegen? Das Machine-Learning-Wettermodell GenCast sagt für solche Ereignisse mehrere mögliche Szenarien vorher, ähnlich wie klassische Simulationen.**

**c't:** Das weckt die Hoffnung, dass man mit den Transformern tatsächlich eine generelle Lösung für KI-Probleme gefunden hat. Oder glauben Sie, dass es grundsätzliche Einschränkungen gibt, die zu schwer zu überwinden sind?

**Hadsell:** Transformer sind sehr leistungsfähig und sehr allgemein, und sie haben sich bei einer Vielzahl von Problemen als nützlich erwiesen, aber das Feld verändert sich ständig. Ich bin sicher, dass dies noch nicht die endgültige Architektur ist. Es wird etwas Besseres geben, das auf den Markt kommt.

**c't:** Menschen nutzen die Daten, die sie sehen, viel effizienter. Sie benötigen nicht das gesamte im Internet gespeicherte Wissen, um Transferleistungen zu erbringen. Einer Ihrer Forschungsschwerpunkte liegt auf kontinuierlichem Lernen. Sehen Sie darin eine mögliche Lösung?

**Hadsell:** Wir Menschen lernen sehr effizient, weil wir eines nach dem anderen lernen, richtig? Wir lesen ein Kapitel aus einem Lehrbuch und dann ein weiteres und können all diese Informationen im Laufe der Zeit verinnerlichen, schrittwei-



**Project Astra ist ein multimodales Mixture-of-Agents-Modell, das zum ständigen Begleiter und Welterklärer werden soll. Als Herzstück fungiert das Sprachmodell Gemini.**

**siert, via Vorhersage für die nächsten Wörter; echtes Transferlernen findet nicht statt.**

**Hadsell:** Eine Möglichkeit, diese Schwäche auszugleichen, besteht darin, eine Art Kurzzeitgedächtnis für das große Sprachmodell anzulegen: Man kann alle Eingaben in das Netzwerk speichern und dann bei Bedarf darauf zugreifen, also so ge-

## „Wie gelingt es dem Menschen, relevantes Wissen nicht zu vergessen, während er sich Neues aneignet? Das ist immer noch ein ungelöstes Rätsel.“

se. Das macht uns effizienter in Bezug auf die Anzahl der Wörter, die wir aufnehmen müssen, um ein bestimmtes Thema zu verstehen. Anders als neuronale Netze, die alles zusammenmischen und im Grunde alles auf einmal verarbeiten müssen. Ich glaube also, dass wir dazu übergehen müssen, auch KI-Modelle schrittweise und kontinuierlich zu trainieren.

Aber eine Frage bleibt: Wie genau gelingt es dem Menschen, sich so schnell neues Wissen anzueignen und dabei nicht zu vergessen, was er zuerst gelernt hat? Also das relevante Wissen zu erhalten. Das ist immer noch ein ungelöstes Rätsel.

**c't:** Welches sind die wichtigsten Ideen, um das gelernte Wissen nutzbringender zu verarbeiten? Im Moment wird das ja hauptsächlich statistisch reali-

nannte Retrieval Augmented Generation (RAG) verwenden. RAG-Verfahren ermöglichen es einem Sprachmodell, frühere, gespeicherte Eingaben als Kontext für das zu verwenden, was es als Nächstes generieren soll.

**c't:** Sie haben sich als Wissenschaftlerin bei Deepmind auch mit dem Reinforcement Learning (bestärkendes Lernen) beschäftigt. Wie sehen Sie die Rolle dieser Technik in der Zukunft, insbesondere beim Verbessern der großen Sprachmodelle?

**Hadsell:** Ich habe Reinforcement Learning genutzt, um Roboter zu trainieren, und zwar in Simulationsumgebungen und auch physisch, um zu lernen, wie sie Aufgaben lösen können. Reinforcement Learning ist

etwas, das ursprünglich als Theorie entwickelt wurde anhand der Erkenntnisse, die wir aus der Kognitionswissenschaft, der Neurowissenschaft und der Verhaltenspsychologie gewonnen haben: Menschen und Tiere lernen sehr zielorientiert, wenn sie explizite Belohnungen bekommen, etwa eine bessere Note in einem Test -, aber auch aus intrinsischer Motivation, um die eigene Neugier zu befriedigen oder Interessen nachzugehen.

Reinforcement Learning ist nach wie vor eine sehr wertvolle Theorie, aber wir wollen die großen Sprach- und Vision-Modelle als Ausgangspunkt verwenden. Durch ihre Art des Auswendiglernens verstehen Sprachmodelle Texte und Bilder. Reinforcement Learning könnte diese Lernmethode ergänzen und bewirken, dass die KIs zielgerichtet arbeiten, sodass ein Sprachmodell nicht nur das nächste Token vorhersagt, sondern versucht, eine Aufgabe zu erkunden und zu lösen. Basierend auf einer Belohnung weiß es, wenn es etwas erreicht hat und lernt daraus.

**c't:** Reinforcement Learning, also bestärkendes Lernen, könnte also als zentrale Technik in einem multimodalen oder Multi-Agenten-Modell fungieren, um die Handlungen der einzelnen Komponenten zu lenken?

**Hadsell:** Ein Modell in einen Agenten zu verwandeln, der tatsächlich eine Aufgabe oder ein Problem in der Welt lösen kann: Einige der Technologien, die derzeit entwickelt werden, sind dazu in der Lage. Auf der diesjährigen I/O [Googles Entwicklerkonferenz, Anm. d. Red.] haben wir ein Modell namens Astra vorgestellt. Es verleiht Gemini Augen, Ohren und eine Stimme und befähigt es, sich mit uns durch unsere Welt zu bewegen, uns besser mit Informationen zu versorgen. Dieser Agent ist ein ständiger Begleiter: Er sieht deine Welt und versteht zum Beispiel, dass du gerade frühstückst und darüber nachdenkst, was du mit deinem Tag anfangen willst. Er sieht deinen Hund, sieht deine Katze, sieht, wie du dich fühlst. Es ist eine ganz andere Beziehung als die zum klassischen Sprachmodell, und ich glaube, dass solche Assistenten für die Menschen in ihrem Leben auf verschiedene Weise sehr wertvoll sein können. (atr@ct.de) **ct**

**Forschungsberichte und Projektseiten:**  
[ct.de/y35q](https://ct.de/y35q)





# DDUX

Konferenz für Digital Design und UX Professionals  
Dortmund • 25./26. Juni 2025

## Digital Design. Verbindet.

Ganzheitlich gut gestaltete digitale Produkte und Lösungen sind der Schlüssel für erfolgreiches Business. Das erfordert **spezifisches Know-how** und **neue Konzepte** der Zusammenarbeit von **Produktentwicklern, Technologieexpertinnen** und **UX Designern**.

Jetzt  
**Frühbucher-  
tickets**  
sichern

Workshops am 27. Juni 2025

[www.dd-ux.de](http://www.dd-ux.de)

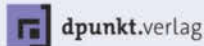
Veranstalter



MAIBORNWOLFF



Mit freundlicher Unterstützung der  
Wirtschaftsförderung der Stadt Dortmund



Kooperationspartner



VERBAND-  
DEUTSCHER  
INDUSTRIE  
DESIGNER



UIG UNTERNEHMEN STÄRKEN  
NUTZENDE BEGEISTERN



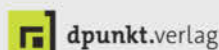
# Die Konferenz für Enterprise-JavaScript

Mannheim • 7./8. Mai 2025

Jetzt  
**Blind-Bird-  
Tickets**  
sichern!

[enterjs.de](http://enterjs.de)

Veranstalter



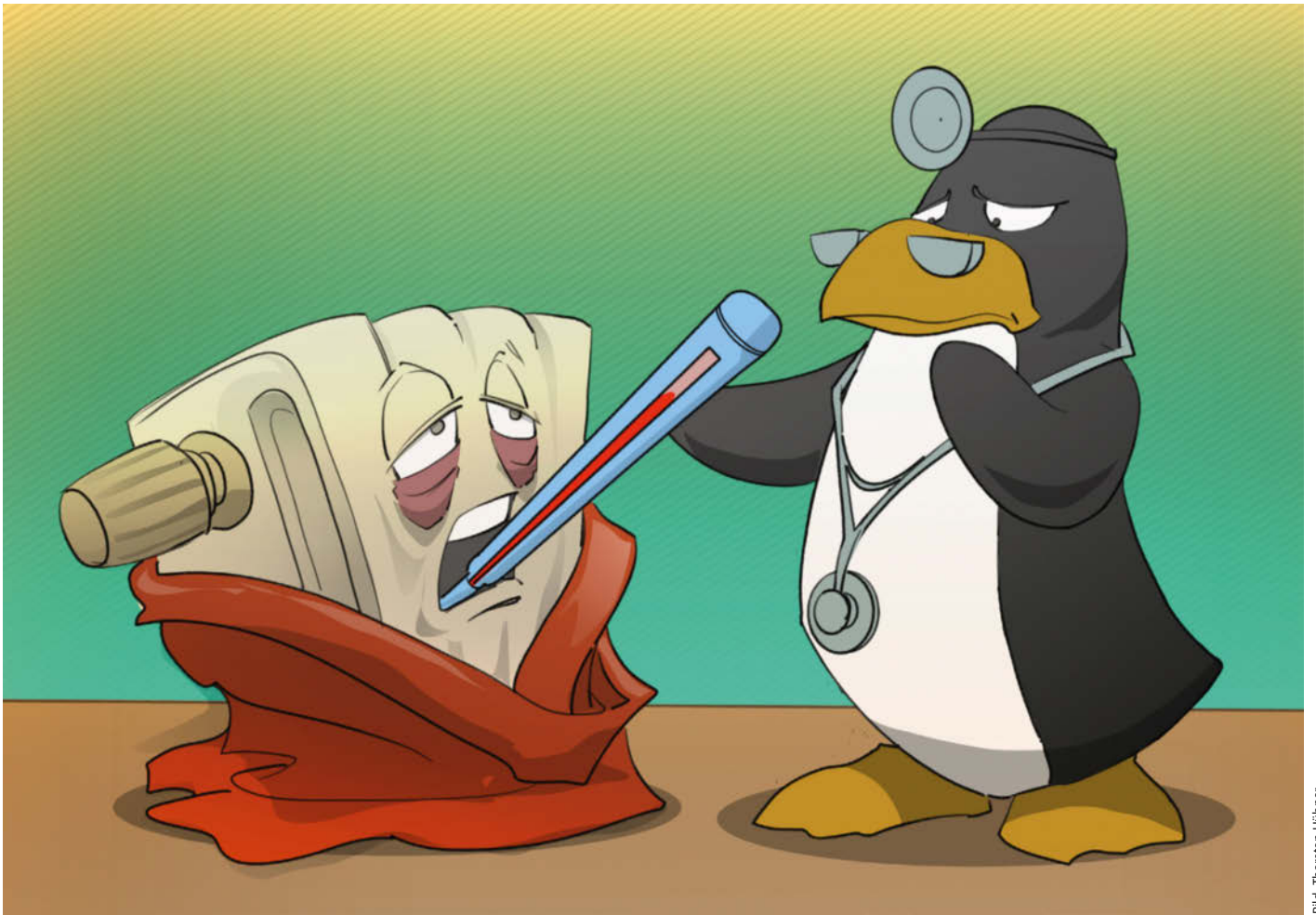


Bild: Thorsten Hübner

# Raumklimawandel

## Effiziente Heizungssteuerung mit Homematic IP und Raspi

**Eine automatische Heizungssteuerung über smarte Heizungsthermostate spart Emissionen und Heizkosten, ohne dass es dabei unbehaglich wird. Wir erklären, wie Sie mit Homematic-IP-Komponenten und RaspberryMatic auf dem Raspi trotz aller Komplexität Ihr Heim vernetzen.**

Von Mirko Dölle

**G**as geben in den eigenen vier Wänden wird zum Luxus, zu den kletternden Brennstoffkosten kommt der jährlich stei-

gende CO<sub>2</sub>-Preis. Ohne Heizung geht es aber auch nicht, es drohen Schimmel und Bauschäden durch eindringende Feuchtigkeit. Mechanische Thermostate machen es schwer, Räume ausreichend und zu den Zeiten zu beheizen, wo die Energie tatsächlich benötigt wird. Vernetzte Heizungssteuerungen wie Homematic IP mit elektronischen Heizkörperthermostaten und an Ihren Tagesablauf angepassten Heizprofilen helfen, die Wohnung nur dann zu wärmen, wenn Sie auch etwas davon haben.

Homematic IP Wireless hat den Vorteil, dass Sie keine Kabel quer durchs Haus verlegen müssen, weil nahezu alle Komponenten batteriebetrieben laufen kön-

nen. Die hier gezeigten Lösungen lassen sich also schnell und ohne Handwerkerunterstützung in praktisch jeder Wohnung umsetzen. Das System ist aber offen gestaltet, man kann jederzeit nachträglich verkabelte Komponenten einbinden. Wie

bei allen Funklösungen kann man aber auch bei Homematic IP Wireless mit Instabilitäten rechnen, etwa weil eine Au-

ßenwand nach einem Regenschauer nass ist und deshalb das Funksignal stärker dämpft als bei Sonnenschein. Da Homematic-IP-Komponenten aber stets bidirektional kommunizieren, würden länger andauernde Verbindungsunterbrechungen in der Zentrale gemeldet. Falls Sie ohnehin gerade Kabel verlegen, können



Sie Komponenten mit Homematic IP Wired einsetzen. Diese sind aber genauso wenig Gegenstand dieses Artikels wie Geräte mit dem älteren Homematic-Protokoll, etwa Funkrauchmelder.

## Sparen ohne Reue

Damit nicht auf der einen Seite Heizenergie eingespart wird, um sie auf der anderen Seite mit einer stromhungrigen Steuerung zu vergeuden, haben wir uns für einen möglichst energiesparenden Aufbau mit dem Raspberry Pi Zero W entschieden, der im Betrieb als Zentrale gerade einmal ein halbes Watt Leistung aufnimmt – das sind im Jahr weniger als 5 kWh Stromverbrauch, was beim aktuellen Strommix in Deutschland nur rund 2 kg CO<sub>2</sub>-Ausstoß bedeutet.

Wie hoch das Einsparpotenzial bei den Heizkosten ist, hängt von Ihrem Verhalten ab. Das Ziel einer intelligenten Heizungssteuerung ist aber nicht, dass Sie künftig frieren, sondern dass nur dann geheizt wird, wenn Sie auch etwas davon haben. Dafür gibt es neben verschiedenen Homematic-IP-Heizkörperthermostaten auch Schalter und Sensoren wie Wandthermostate, Fensterkontakte und Radar-Bewegungsmelder. Zusätzliche Komponenten wie Schaltsteckdosen mit Leistungsmesser ermöglichen Ihnen außerdem, elektrische Verbraucher zu schalten oder auf bestimmte Ereignisse zu reagieren.

Um nicht auf Cloud-Dienste angewiesen zu sein, haben wir uns für die Distribution RaspberryMatic auf dem Raspberry Pi entschieden. Doch die Vernetzung ist mit RaspberryMatic äußerst komplex und für Einsteiger ohne Hilfe kaum zu durchdringen. Dieser Artikel soll helfen, die richtige Hardware auszuwählen und die ersten Homematic-IP-Komponenten in Betrieb zu nehmen.

Der besonders sparsame und mit 13 Euro billige, allerdings auch wenig leistungsfähige Raspi Zero W ist nur für kleine Installationen etwa in einer Etagenwohnung geeignet. Einen Neukauf würden wir nicht empfehlen: Greifen Sie besser zum Nachfolger Raspi Zero 2 für knapp 18 Euro, der bereits mit 64-Bit-Prozessorkernen bestückt ist und bei praktisch gleicher Leistungsaufnahme deutlich mehr schafft als der Zero W. Allerdings unterstützen die WLAN-Module beider Zero lediglich 2,4-GHz-WLAN, für 5-GHz-WLAN müssen Sie mindestens zum Raspi 4 greifen – der mit über 2,5 Watt allerdings auch erheblich stromhungriger ist. Der Raspi 4 ist

dafür auch in der Lage, komplexe Installationen in großen Häusern zu steuern. Damit wird sich ein weiterer Artikel in einer der folgenden Ausgaben beschäftigen.

## Raspi, wechsele dich

Falls Sie ohnehin einen Raspi Zero in Ihrem Gerätefundus haben, spricht nichts dagegen, damit zu beginnen. Sollte der sich als zu schwach erweisen, lässt sich ein Backup der Konfiguration anlegen und auf dem neuen Raspi einspielen. Auch umgekehrt können Sie zunächst auf einem Raspi 4 loslegen und später austesten, ob nicht auch ein Raspi Zero 2 genügt. Wir haben mittels Backups mehrfach erfolgreich die Hardware-Basis gewechselt.

Einfach die MicroSD-Karte von einem Raspi in den anderen umzustecken funktioniert hingegen nicht, Sie müssen stets mit einer Neuinstallation von RaspberryMatic starten. Denn das Open-Source-Projekt bietet je nach Hardware-Plattform unterschiedliche Varianten der Heimautomatisierungsdistribution an. Wir empfehlen für die Installation den Imager der Raspberry Pi Foundation (Download siehe [ct.de/yh4b](http://ct.de/yh4b)), um das Bootmedium herzustellen. Ist das korrekte Raspi-Modell ausgewählt, finden Sie RaspberryMatic im Menü „OS wählen“ unter „Other specific-purpose OS“/„Home assistants and home automation“.

Anders als bei Raspberry Pi OS bietet der Imager jedoch nicht an, die Voreinstellungen von RaspberryMatic anzupassen. Das müssen Sie nachträglich von Hand erledigen, wenn Sie das Web-Front-



**Klein und sparsam: Für Etagenwohnungen genügt bereits ein Raspi Pico W mit Homematic-IP-Modul als Zentrale für ein intelligentes Heizsystem. Große Installationen brauchen ein leistungsfähigeres Modell.**

## ct kompakt

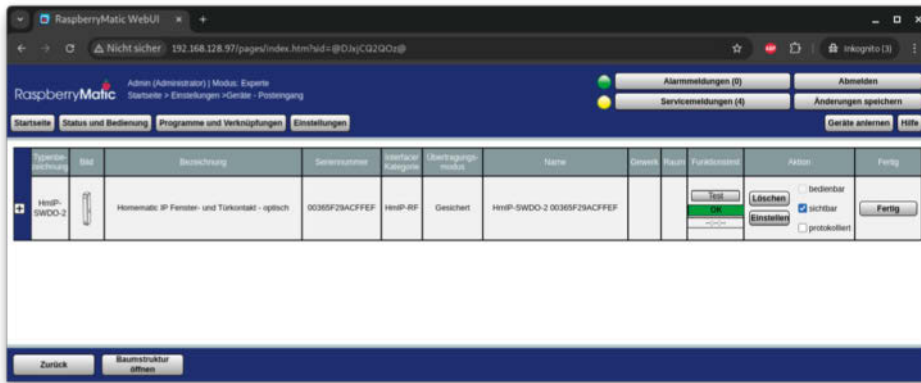
- Mit Homematic IP Wireless können Sie eine intelligente Heizungssteuerung kabellos und ohne Handwerker in jeder Wohnung nachrüsten.
- Bereits ein Raspi Zero W genügt für einfache Vernetzungen, das System lässt sich aber jederzeit auf größere Modelle übertragen.
- Der Einstieg ist nicht leicht, besonders das Web-Frontend ist überfrachtet und kaum zu überschauen. Dafür lassen sich höchst flexible Lösungen implementieren.

end von RaspberryMatic via WLAN bedienen wollen. Dazu legen Sie auf der ersten Partition der MicroSD-Karte mit einem beliebigen Texteditor eine Datei mit dem Namen SetupWIFI an, die genau zwei Zeilen enthält: In der ersten muss der Name (SSID) des WLANs stehen und in der zweiten das Passwort. Sollten sich die Zugangsdaten später ändern, legen Sie die Datei einfach neu an. Dadurch wird beim nächsten Start die WLAN-Konfiguration aktualisiert und die Datei gelöscht.

Zum Anbinden der Homematic-IP-Komponenten benötigen Sie zusätzlich ein Funkmodul. Davon gibt es mehrere, wir empfehlen den Bausatz HM-MOD-RPI-PCB des Elektronikversenders ELV für knapp 20 Euro. Dieser ist besonders kompakt und lässt sich mit allen Raspi-Modellen verwenden – manche andere Funkadapter passen nur auf einen Raspi 3. Die erforderlichen Lötarbeiten beschränken sich darauf, das fertig aufgebaute HmIP-Funkmodul mit sechs Lötstellen mit einer Adapterplatine und diese dann mit einem zwölfpoligen Pfostenstecker zu verlöten – kein Hexenwerk, auch mit ungeregeltem LötKolben und breiten Lötspitzen machbar.

Steckt das Funkmodul auf dem Raspi, können Sie ihn in Betrieb nehmen und die Konfiguration über das Web-Frontend beginnen. Die Adresse dafür lautet standardmäßig <http://homematic-raspi>, alternativ über die IP-Adresse, die der Raspi von Ihrem Router zugewiesen bekommt. Das Web-Frontend ist altbacken und wirkt aus der Zeit gefallen, ohne Responsive Design ist es mit Mobilgeräten mitunter schwierig zu bedienen. Es ist ein Expertensystem,





**Hat der Anlernvorgang geklappt, finden Sie die neue Homematic-IP-Komponente im Posteingang. Wichtig ist, die angezeigte Seriennummer mit der SGTIN des Aufklebers zu vergleichen, damit sicher ist, dass das korrekte Gerät angelernt wurde.**

augenscheinlich von Experten für Experten entwickelt, ohne Konzessionen an Einsteiger.

### WLAN stabilisieren

Ist der Raspi per WLAN angebunden, führt Sie gleich der erste Weg in die Tiefen des Systems: Standardmäßig ist „WLAN Power Save“ aktiviert, sodass der Raspi sich nach einer Weile aus dem Funknetz verabschiedet. Aktivieren Sie unter „Einstellungen“ / „Systemverwaltung“ / „Sicherheit“ zunächst den SSH-Zugang und speichern die Einstellung. Anschließend gehts mit `ssh root@homematic-raspi` etwa von der Power-Shell aus auf die RaspberryMatic, das Passwort ist das gleiche wie für das Web-Frontend.

Um das Root-Dateisystem vor Beschädigungen zu schützen, ist es standardmäßig nur lesbar eingebunden. Folgender Befehl hebt den Schreibschutz auf:

```
mount -o remount,rw /
```

Anschließend fügen Sie der Netzwerkkonfiguration den Befehl an, der Power Save deaktiviert:

```
echo "post-up iw wlan0 set power_save off" >> /etc/network/interfaces
```

Danach sind das Wiedereinschalten des Schreibschutzes und ein Neustart fällig:

```
mount -o remount,ro /
reboot
```

### Gut aufgehoben

Erst jetzt sollten Sie damit beginnen, die Homematic-IP-Komponenten auszupa-

cken. Um sie zu vernetzen, gibt es mehrere Möglichkeiten. Die wichtigsten sind ein Access-Point nebst Homematic-IP-App auf dem Smartphone oder eine Zentrale (CCU, Central Control Unit), etwa RaspberryMatic auf dem Raspi. Das Anlernen der Geräte setzt verschiedene Informationen voraus: Am Karton aller Homematic-IP-Komponenten sitzt ein Aufkleber mit der 24-stelligen SGTIN im Klartext und als QR-Code. Den QR-Code benötigen Sie, um die Komponente mit der Homematic-IP-App zu koppeln, alternativ geht es über die letzten vier Stellen der SGTIN als PIN. Eine Kopie des Aufklebers befindet sich zwar üblicherweise im Batteriefach auf der Rückseite des Geräts, allerdings so eingeklebt, dass man die Batterie herausnehmen und den Anlernprozess daher unterbrechen muss, um ihn lesen oder fotografieren zu können. Bei bereits montierten Heizkörperthermostaten ist das auf der Unterseite, ideal für Limbo-Tänzer. Heben Sie den Karton deshalb gut auf.

Das Gleiche gilt für sämtliche papierernen Bedienungsanleitungen aller Geräte, auch die sollten Sie archivieren. Denn dort liegt ein weiterer Aufkleber zwischen den Seiten, manchmal so gut versteckt, dass er erst auftaucht, wenn man die Bedienungsanleitung gründlich ausschüttelt. Auf diesem Sticker steht neben der SGTIN auch noch der Key der Homematic-IP-Komponente, wiederum im Klartext und als QR-Code; damit lässt sich das Gerät bei der RaspberryMatic anlernen, falls keine Internetverbindung besteht. Dieser Aufkleber ist unersetzlich, wird aber gerne beim Auspacken übersehen und dann entsorgt – fatal, wenn man mehrere gleiche Geräte gekauft hat und normalerweise

höchstens eine Bedienungsanleitung aufheben würde.

Sie müssen aber nicht in Panik verfallen, falls der Sticker mit dem Geräteschlüssel verschollen ist: Man kann die Komponente weiterhin mit RaspberryMatic verbinden (Näheres dazu gleich), muss dann aber den Automatik-Modus benutzen. Außerdem muss der Raspi dabei mit dem Internet verbunden sein, um den Key beim Hersteller abrufen zu können.

### Lernprogramm

Neue Geräte anzulernen ist ein zeitkritischer Vorgang, der Vorbereitung braucht. Ab Werk ist entweder ein Batteriepol mit einem herausziehbaren Plastikstreifen isoliert oder die Batterien müssen erst eingelegt werden. Bereiten Sie das Gerät so weit vor, dass Sie den Streifen jederzeit herausziehen oder die (letzte) Batterie unmittelbar einlegen können. Dann klicken Sie im Web-Frontend von RaspberryMatic rechts oben auf „Gerät anlernen“, stellen die Stromversorgung her und klicken auf „HmIP Gerät anlernen“. Das Einschalten quittiert das Gerät damit, dass die Homematic-Taste einmal orange und einmal grün aufleuchtet. Anschließend blinkt die Taste im Zehn-Sekunden-Abstand orange, bis der Anlernvorgang abgeschlossen ist; das signalisiert das Gerät mit einmaligem grünen Aufleuchten.

Das Endgerät bleibt für 3 Minuten im Anlernmodus, der Raspi nur 60 Sekunden. Sollte die Zeit abgelaufen sein, so drücken Sie beim Endgerät einmal kurz die Homematic-Taste und klicken beim Raspi erneut auf „HmIP Gerät anlernen“, um von vorne zu beginnen. Das gilt auch für den Fall, dass die Homematic-Taste am Ende des Anlernvorgangs rot aufleuchtet; dann ist irgend etwas schiefgegangen und Sie müssen von vorn anfangen.

Ein möglicher Fehler ist, dass die Komponente nicht auf die Werkseinstellungen zurückgesetzt wurde. Sollte das Koppeln auch beim zweiten Versuch scheitern, führen Sie deshalb wie im Handbuch beschrieben einen Werks-Reset durch. Bei den meisten Homematic-IP-Geräten bedeutet das: Batterie raus, Homematic-Taste für einige Sekunden gedrückt halten, Batterie einlegen, für mindestens 4 Sekunden weiter gedrückt halten (oranges Blinken), Taste loslassen und gleich wieder für mindestens 4 Sekunden drücken, bis die LED einmal grün aufleuchtet.

Hat das Anlernen geklappt, ändert sich die Beschriftung der Taste „Postein-

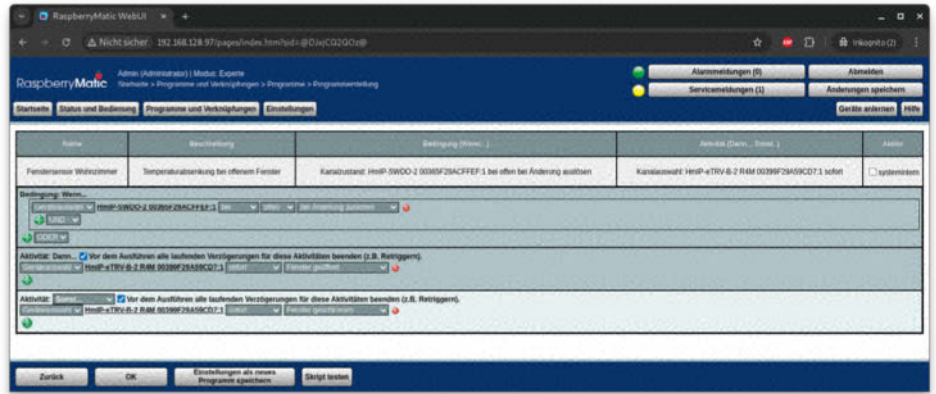
gang (0)“ unterhalb des Anlernfensters in „Posteingang (1)“. Klicken Sie darauf, um die Daten des gerade angelegten Geräts zu prüfen. Wichtig ist vor allem die Seriennummer, die das Web-Frontend anzeigt: Diese muss exakt mit den letzten Stellen der SGTIN übereinstimmen, die letzten vier Stellen der Seriennummer bilden also auch gleichzeitig die PIN zum Anlernen in der App. Stimmt die Seriennummer, können Sie das Gerät mit einem Klick auf „Fertig“ der Geräteliste hinzufügen.

Gelegentlich passiert es jedoch, dass Geräte mit falschen, nicht zur Seriennummer passenden Aufklebern ausgeliefert werden. Dann stimmen auch PIN und Key nicht. Zwar können Sie das Gerät dann über den Automatik-Modus bei RaspberryMatic anmelden und benutzen, außerdem über die Seriennummer die PIN für die Anmeldung in der App ablesen, Sie werden aber nie den Key zum Anlernen ohne Cloud in Erfahrung bringen können. Klicken Sie deshalb im Posteingang von RaspberryMatic auf „Löschen“, woraufhin die Komponente in den Werkzustand zurückversetzt wird, bevor Sie die Batterien entfernen und das Gerät für den Rückversand wieder verpacken. Hier zahlt sich die mindestens zweiwöchige Rückgabemöglichkeit von Online-Einkäufen aus, die man nicht weiter begründen muss.

## Klimaprogramm

Die Heizzeiten eines Thermostats etwa lassen sich in der Geräteübersicht unter „Einstellungen“/„Geräte“ in der Spalte „Aktionen“ durch einen Klick auf den Button „Einstellen“ anpassen. Wollen Sie überprüfen, welche Temperatur der Thermostat gerade misst oder kurzfristig die Raumtemperatur höher stellen, so wählen Sie dazu das Gerät in der Liste im Menü „Status und Bedienung“/„Geräte“ aus. Dort lässt sich zum Beispiel auch den Urlaubsmodus aktivieren, um die Tagesprogramme für einen längeren Zeitraum auszusetzen.

Um Homeatic-Komponenten zu verbinden, gibt es zwei grundsätzliche Möglichkeiten: Programme und direkte Verknüpfungen. Als Beispiel soll ein Fenstersensor dienen, der den Heizungsthermostat automatisch drosselt, solange das Fenster offen steht. Dazu müssen zunächst der Heizungsthermostat, im Beispiel ein HmIP-eTRV-B-2, und der Fenstersensor, ein HmIP-SWDO-2, mit RaspberryMatic verbunden worden sein.



**Mit wenigen Mausklicks haben Sie ein Programm erstellt, das bei offenem Fenster die Solltemperatur am Heizungsthermostat senkt.**

Klicken Sie unter „Programme und Verknüpfungen“ auf „Programme & Zentralverknüpfungen“, um in die – noch leere – Liste der Programme zu gelangen. Mit einem Klick auf „Neu“ legen Sie ein neues an. Für einen besseren Überblick sollten Sie ihm einen sprechenden Namen geben, etwa „Fenstersensor Wohnzimmer“, und auch eine Beschreibung verfassen, was das Programm tut.

Das eigentliche Programm besteht aus Bedingungen, „wenn“ und „dann“ sowie „sonst“, was aber auch leer bleiben darf, und Aktionen. Wenn der Fenstersensor HmIP-SWDO-2 in den Zustand „offen“ wechselt, dann soll der Heizungsthermostat HmIP-eTRV-B-2 in den „Fenster geöffnet“-Modus schalten. Ansonsten ist, wenn der Zustand wechselt, das Fenster geschlossen und der Heizungsthermostat wechselt in den „Fenster verschlossen“-Modus. Die Abbildung oben zeigt das Programm.

Mit „OK“ speichern Sie das Programm, es ist daraufhin sofort aktiv. Um es zu testen, wählen Sie aus dem Menü „Status und Bedienung“ die „Geräte“ und klicken dort auf den Heizkörperthermostat, den Sie mit dem Fenstersensor verknüpft haben. In den Gerätedaten beobachten Sie nun beim „Fensterstatus“, ob er von „Verschlossen“ auf „Offen“ wechselt und wieder zurück, wenn Sie das Fenster probenhalber öffnen und wieder schließen.

## Besser direkt

Die Programmlösung hat zwei Nachteile: Sie belastet den Raspi und die Temperaturabsenkung funktioniert nur dann, wenn die RaspberryMatic in Betrieb ist. Im Fall des Fenstersensors gibt es eine bessere Lösung, die Direktverknüpfung zwischen Sensor und Thermostat – etwas, das die

Homeatic-IP-App mit dem Access-Point nicht zu leisten vermag, sondern nur mit einer CCU wie der RaspberryMatic konfiguriert werden kann. Dazu entfernen Sie zunächst in der Programmübersicht den Haken bei „aktiv“ oder löschen das Programm gleich.

Rufen Sie nun über „Programme und Verknüpfungen“ die Liste „Direkte Verknüpfungen“ auf. Je nachdem, welche Geräte Sie zuvor bei RaspberryMatic angelehrt haben, erscheinen hier bereits etliche fest verdrahtete Direktverknüpfungen. Bei den Schaltsteckdosen ist das etwa die Verknüpfung der Bedientaste am Gerät mit dem Schaltaktor, sodass sich die Steckdose per Tastendruck ein- und ausschalten lässt. Die Liste ist extrem schwer zu lesen und verstehen, da sie lediglich aus Gerätebezeichnungen, Seriennummern und Kanalnummern besteht. Klarnamen und Raumzuordnungen fehlen, immerhin wird eine Skizze des Geräts eingeblendet, wenn Sie mit dem Mauszeiger über den Gerätenamen fahren.

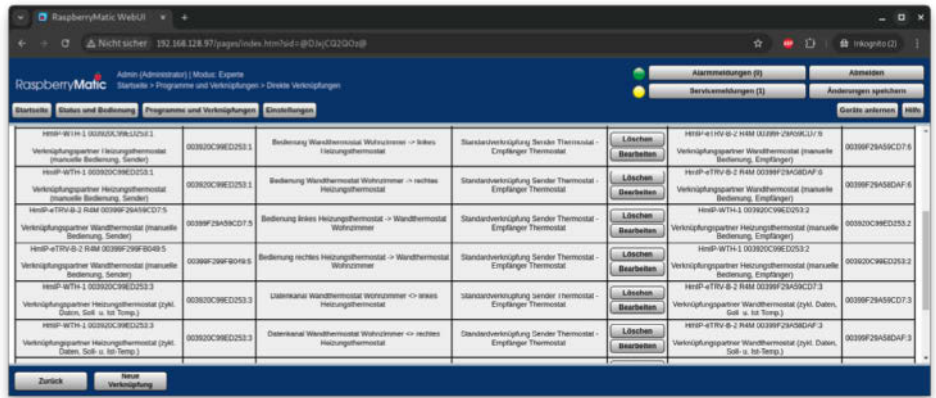
Klicken Sie auf „Neue Verknüpfung“, um den Fenstersensor mit dem Heizungsthermostat direkt zu verbinden. Es erscheint eine Liste sämtlicher Geräte mit sämtlichen Kanälen – und Letztere gibt es reichlich. Schon der Fenstersensor hat zwei Kanäle, der Heizungsthermostat acht und mancher Wandtaster kommt auf bis zu 16 Kanäle. Eine Hilfestellung, welcher Kanal auszuwählen ist, bietet das Web-Frontend nicht, sondern lediglich eine Beschreibung, welche Funktion ein bestimmter Kanal hat. Zu verknüpfen ist Kanal 1 des Fenstersensors mit der Beschreibung „Tür-/Fensterkontakt“.

Ein Klick auf „Auswahl“ fördert eine Liste aller Geräte und Kanäle zutage, mit denen sich der gewählte Kanal verknüpfen

lässt. Hier taucht beim Heizungsthermostat nur noch Kanal 4 mit der Beschreibung „Verknüpfungspartner Tür-/Fensterkontakt“ auf. In der dann folgenden Zusammenfassung geben Sie einen aussagekräftigen Namen, um später in der Liste den Überblick zu behalten. Ein Klick auf „Erstellen“ erzeugt die Verknüpfung, sie ist sofort aktiv. Ob sie korrekt arbeitet, können Sie wie beim Programm über „Status und Bedienung“ überprüfen.

Der große Vorteil einer Direktverknüpfung ist, dass sie von der CCU unabhängig arbeitet. Sie könnten den Raspi herunterfahren und dennoch würde der Heizungsthermostat ein offenes Fenster über den Sensor erkennen. RaspberryMatic dient nur noch dazu, die Direktverknüpfungen einzurichten.

Ein Nachteil: Per Direktverknüpfung können Sie immer nur einen Kanal eines Geräts mit einem anderen Kanal verbinden. Soll zum Beispiel der Wandthermostat an der Wohnzimmertür mit den Heizungsthermostaten zweier Heizkörper im selben Raum verknüpft werden, so müssen Sie dafür ein halbes Dutzend Direktverknüpfungen anlegen: Zwei Datenverbindungen für Soll- und Ist-Temperaturen



**Bei Direktverknüpfungen kommunizieren die Homematic-IP-Komponenten ohne Umweg über eine Central Control Unit miteinander. Eine CCU wie RaspberryMatic wird nur fürs Einrichten benötigt. Das ist allerdings sehr komplex, es braucht ein halbes Dutzend Verknüpfungen, damit ein Wandthermostat und zwei Heizungsthermostate zusammenarbeiten.**

zwischen dem Wandthermostat und den beiden Heizungsthermostaten, die Verknüpfung der Temperatureingabe vom Wandthermostat mit den Empfängern der beiden Heizungsthermostate und umgekehrt die Temperatureingabe beider Heizungsthermostate mit dem Empfänger des Wandthermostats. So werden die Einstellungen, die Sie am Wandthermostat vor-

nehmen, auf die beiden Heizungsthermostate übertragen. Umgekehrt wandert die Temperaturänderung an einem Heizungsthermostat zum anderen und dem Wandthermostat.

Die Schwierigkeit besteht darin, den ersten Kanal für eine Direktverknüpfung auszuwählen. Zwar zeigt das Web-Frontend als Partner nur noch geeignete Geräte und Kanäle an, mit denen eine sinnvolle Verknüpfung möglich wäre, doch beim ersten Kanal gibt es keine Unterstützung. Hier hilft das über 250 Seiten starke Homematic-IP-WebUI-Handbuch weiter (Download siehe ct.de/yh4b), dort finden Sie eine detaillierte Beschreibung aller Einstellmöglichkeiten der verschiedenen Komponenten inklusive der Kanalbeschreibungen für Verknüpfungen.

**Fazit**

Heizkosten sparen ist möglich, aber leicht fällt der Einstieg in die eigene automatische Heizungssteuerung mit der RaspberryMatic auf einem Raspi nicht. Vor allem das komplizierte Web-Frontend, in dem Seriennummern und kryptische Gerätename dominieren, machen es schwer, den Überblick über die eigenen Geräte und ihre Verknüpfungen zu behalten. Hat man diese Hürde überwunden, steht mit der Vielzahl an Homematic-IP-Komponenten ein Baukastensystem zur Verfügung, mit dem Sie nicht nur Ihre Heizkosten in den Griff bekommen, sondern durch Heimautomatisierung zusätzlichen Komfort schaffen können. (mid@ct.de) **ct**

**Homematic-IP-WebUI-Handbuch: ct.de/yh4b**

**Gerätefirmware aktualisieren**

Gelegentlich veröffentlicht der Hersteller Firmware-Updates für die Homematic-IP-Komponenten. Erwarten Sie in dem Fall keine Trommeln und Trompeten, der Hinweis versteckt sich in dezentem Hellgrau unterhalb der RaspberryMatic-Versionsnummer auf der Startseite des Web-Frontends. Das zeigt ihn aber nur, wenn das Update mit der aktuellen Version der RaspberryMatic kompatibel ist. Gibt es für diese ein Update, spielen Sie das zuerst ein und halten dann erneut nach Updates für die Geräte Ausschau.

Ein Klick auf die Meldung, dass Firmware-Updates verfügbar sind, öffnet ein Fenster, in dem Sie die Modelle und Anzahl der betroffenen Geräte sowie die aktuell installierte und die verfügbare Version finden. Wichtig ist der Link, mit dem die neue Versionsnummer unterlegt ist; er führt Sie zum Download des Firmware-Archivs. Haben Sie das Archiv heruntergeladen, klicken Sie auf den Link für „Geräte-Firmware“ und landen damit im Menü „Einstellungen“/„Geräte-Firmware – Übersicht“/„Geräte-Firmware“.

Dort klicken Sie auf „Neu“ und wählen das zuvor heruntergeladene Firmware-Archiv des Endgeräts aus, ohne es zuvor zu entpacken. Passt das Firmware-Archiv zur Version von RaspberryMatic, kommt die Bestätigung, dass der Upload erfolgreich war.

Damit befindet sich die Firmware aber erst auf dem Raspi. Der Transport zum Gerät erfolgt im Hintergrund und dauert üblicherweise etliche Stunden, kann bei vielen, nicht ständig verknüpften Geräten oder schlechter Funkanbindung aber auch einige Tage brauchen. Schauen Sie einfach am nächsten oder übernächsten Tag wieder in die Übersicht der Geräte-Firmware, ob dort in der Spalte „Aktion“ ein Update-Button auftaucht, und klicken Sie ihn an, um das Update abzuschließen.

Die Updates beheben nicht nur Fehler, sondern bringen mitunter auch neue Funktionen mit. Es lohnt sich deshalb, anschließend die Einstellungen der aktualisierten Geräte auf neue Features hin zu prüfen.



**SPECIAL:  
JETZT BESTELLEN!**

# GUTE ARCHITEKTUR SCHAFFT KLARHEIT!

So geht saubere, moderne Softwarearchitektur



**Ein Muss  
für  
Entwickler**



Kommunikation ist für Entwickler-Teams sehr wichtig – aber man muss nicht alles zerreden. Wie man gute Softwarearchitektur für sich selbst sprechen lässt und sogar deren Wirkung auf die Gesellschaft berücksichtigen kann, lesen Sie in diesem ix-Developer Sonderheft.

- ▶ Methodisches Vorgehen bei Evolutionärer Architektur
- ▶ Monolithen, Modulithen und Microservices
- ▶ Architektur mit LLMs entwerfen
- ▶ Pragmatische Architekturdokumentation mit Canvas

... und noch viel mehr hilfreiche Artikel

**GLEICH  
REINSCHAUEN!**



[shop.heise.de/ix-softwarearchitektur24](https://shop.heise.de/ix-softwarearchitektur24)

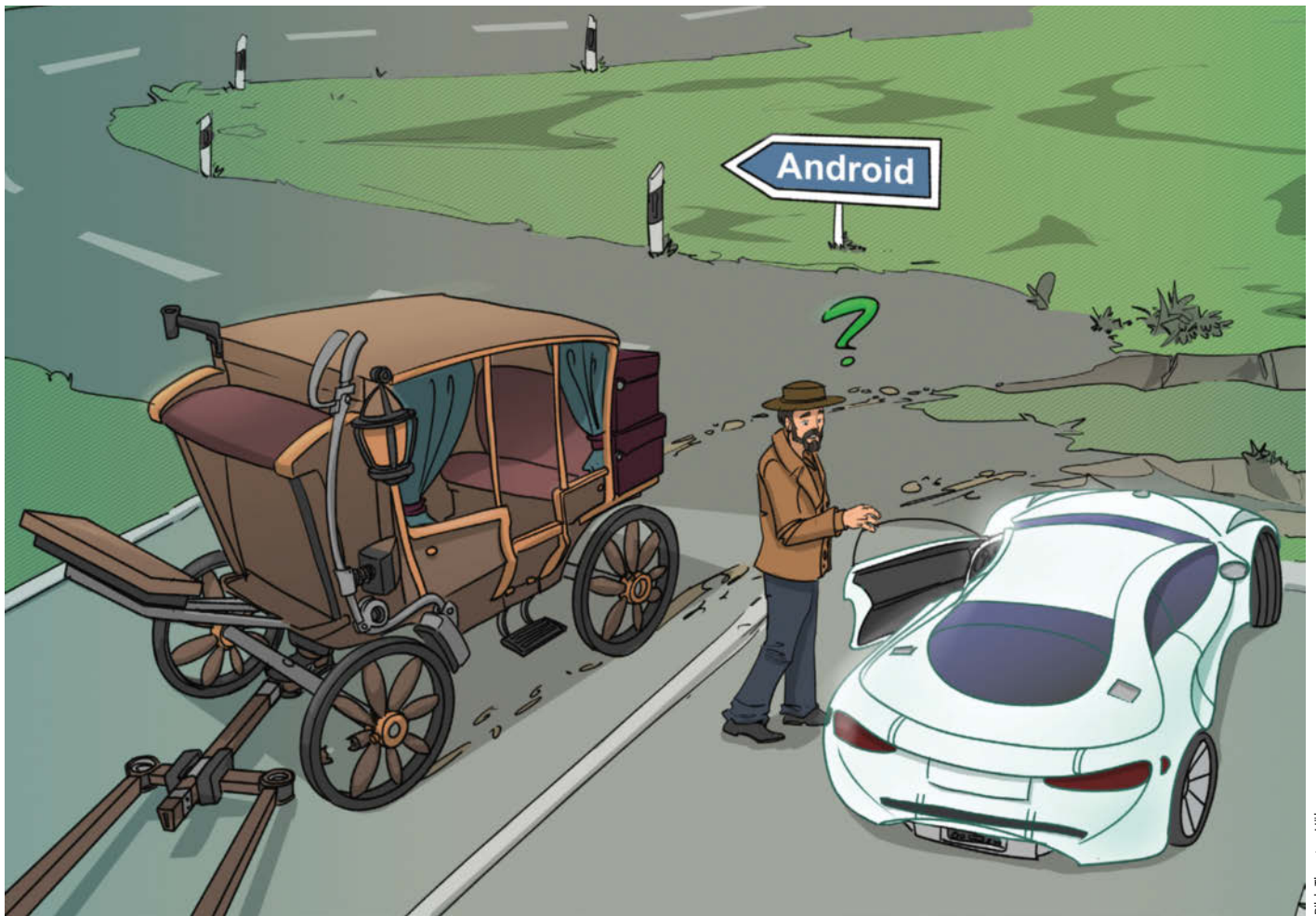


Bild: Thorsten Hübner

# Appgezeichnet

## Android-Oberflächen reaktiv programmieren mit Jetpack Compose

**Die Entwicklung von grafischen Oberflächen in reaktivem Coding liegt im Trend und ist mit Jetpack Compose auch unter Android verfügbar. Der Umstieg vom herkömmlichen imperativen Ansatz ist nicht ganz einfach, lohnt sich aber.**

Von Andreas Linke

**G**oogle hat das Framework Compose schon vor einigen Jahren als Teil des Android-Entwicklungspakets Jetpack vorgestellt und seitdem immer weiter ausgebaut. Inzwischen ist die Technik ausgereift

und zum Oberflächenstandard für neue Android-Apps geworden. Dropbox, Zalando, der Google Play Store oder Threads von Meta sind prominente Beispiele für Apps, die mit der modernen UI-Technologie gebaut wurden. Compose-Apps laufen ab Android 5 (SDK 21).

Das Framework setzt ein reaktives Programmiermodell um (manchmal auch deklarativ genannt), bei dem sich das UI automatisch anpasst, wenn sich einzelne Attribute des Datenmodells ändern. Die Art, wie man damit Oberflächen entwickelt, unterscheidet sich deutlich vom herkömmlichen Ansatz.

Traditionell erzeugen Entwickler die UIs meist mit einem grafischen Editor, der das Ergebnis in einem proprietären Format, oft einer XML-Datei, abspeichert. Zur Laufzeit lädt die App die grafische

Oberfläche aus der XML-Datei (in Android mit `inflate`) und verändert sie anschließend per Code, beispielsweise mit `findViewById(R.id.text).setText(text)` oder `button.setEnabled(false)`.

Dieses imperative Vorgehen funktioniert am besten bei einfachen, relativ statischen UIs. Viele moderne Oberflächen sind jedoch komplex und responsiv, passen sich an den verfügbaren Platz an, blenden Elemente bei Bedarf mit Animationen ein oder aus und zeigen Attribute an verschiedenen Stellen gleichzeitig an. Wenn Coding und Oberflächenbeschreibung getrennt gehalten werden, verliert man leicht den Überblick. Auch fällt es mit einer Versionsverwaltung wie Git schwerer, Änderungen nachzuvollziehen.

Seit einigen Jahren gibt es daher den Trend, UIs komplett im Programmcode zu



deklarieren und die Reaktion auf Änderungen einem Framework zu überlassen. Web-Frameworks wie React oder Flutter/Dart setzen schon lange darauf; auch Apple verwendet mit SwiftUI ein solches reaktives Programmiermodell. Dabei steuern die Entwickler das UI nicht mehr explizit, sondern beschreiben den Aufbau in verschachtelten Funktionen, Closures genannt. Es gibt keine Ids für die UI-Elemente mehr, und daher hat man keine Möglichkeit, das UI von Codestellen außerhalb der Deklaration zu beeinflussen. Stattdessen erkennt das Framework automatisch Änderungen an den Parametern oder dem Modell, identifiziert den betroffenen Teil des UI und aktualisiert ihn.

### Bingo

Als Beispiel-App haben wir das bereits 2010 in einer Artikelserie zur Android-Programmierung (siehe c't 22/2010, S. 188) verwendete Buzzword-Bingo neu implementiert. Die Techniken haben sich seit damals verändert, das Spielprinzip bleibt zeitlos: Wer bei einem Meeting oder Vortrag aufmerksam bleibt und zuerst fünf Buzzwords waagrecht, senkrecht oder diagonal gehört hat, gewinnt.

Compose-Unterstützung ist in Android Studio standardmäßig für neue Projekte aktiviert und wird im build.gradle über buildFeatures {compose = true} eingeschaltet, zusätzlich werden diverse Bibliotheken aus den JetPack-Packages libs.androidx.\* eingebunden.

Der grundsätzliche Aufbau einer Android-App mit Activities und Fragments bleibt erhalten, doch die Verwaltung von AppBar und Menüs sowie die Reaktion auf Lifecycle-Änderungen erfolgen nun im Compose-Code. Die Activity wird von CompoundActivity abgeleitet. Das einfachste Compose-UI könnte so aussehen:

```
@Composable
fun HelloWorld() {
    Text("Hello World!")
}
```

In einer Activity wird es wie folgt eingebunden:

```
class MainActivity :
    ComponentActivity() {
    override fun onCreate(
        savedInstanceState: Bundle?
    ) {
        super.onCreate(savedInstanceState)
        setContent { HelloWorld() }
    }
}
```

Die @Composable-Annotation wird von einem Compiler-Plug-in ausgewertet, das hinter den Kulissen Kotlin-Code hinzufügt. Anders als gewohnt schreibt man Composable-Funktionen üblicherweise groß, obwohl sie keine Klassen sind. Das soll verdeutlichen, dass diese Funktionen UI-Elemente erzeugen beziehungsweise repräsentieren.

Das Framework bietet die üblichen Elemente wie Text, Button, TextField, Image und Canvas, aus denen sich beliebig komplexe UIs zusammensetzen lassen.

### Auslegungssache

An Layouts stehen Column und Row zur Verfügung, die den vertikalen und horizontalen LinearLayouts entsprechen. Zusammen mit dem leeren Element Box und dem Abstandhalter Spacer lassen sich damit schon viele typische Oberflächenstrukturen umsetzen. Für Listen gibt es LazyColumn, das nur die gerade auf dem Bildschirm sichtbaren Zeilen rendert und deutlich einfacher zu verwenden ist als der herkömmliche ListView-Ansatz mit ViewHolders und Adaptern. Für komplexere zweidimensio-

## c't kompakt

- Die klassische Methode, UIs in XML zu definieren und zur Laufzeit zu laden sowie zu manipulieren, stößt an Grenzen.
- Jetpack Compose erlaubt eine modernere und nach der Eingewöhnung übersichtlichere und robustere Oberflächengestaltung.
- Anfangs besonders ungewohnt sind die State-Objekte, an denen das Framework erkennt, welche UI-Teile neu aufzubauen sind.

nale Layouts gibt es LazyVerticalGrid und LazyHorizontalGrid.

Die meisten Composables verwenden Closures, die erst bei Bedarf aufgerufen werden. Eine einfache, scrollbare Liste würde etwa so aussehen:

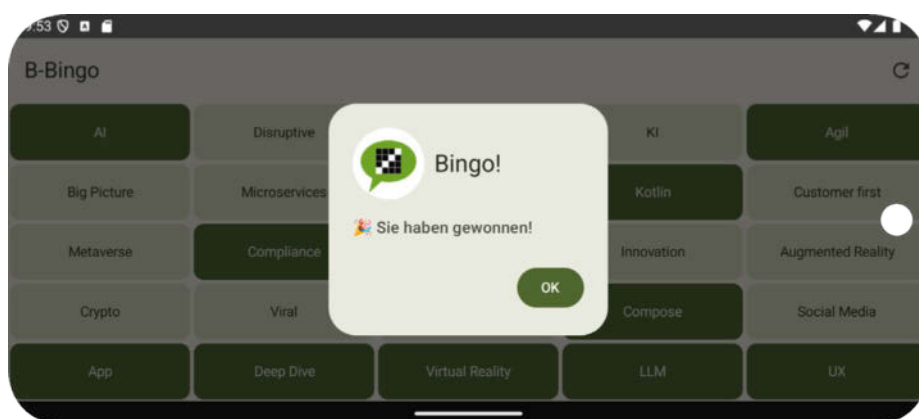
```
val elements = (0..100).map {"$it"}
LazyColumn {
    items(elements) {
        element -> Text(element)
    }
}
```

Dabei wird die Closure {element -> Text(element)} nur für die gerade sichtbaren Items ausgeführt und generiert nur die nötigen Composables.

Bei komplexeren Layouts werden die ineinandergeschachtelten Closures schnell unübersichtlich. Daher zerlegt man die Oberfläche typischerweise in kleinere Teile. Das erleichtert auch das spätere Refactoring, falls man das UI erweitern oder umstrukturieren möchte. Zu beachten ist lediglich, dass Composables nur innerhalb anderer Composables verwendet werden können.

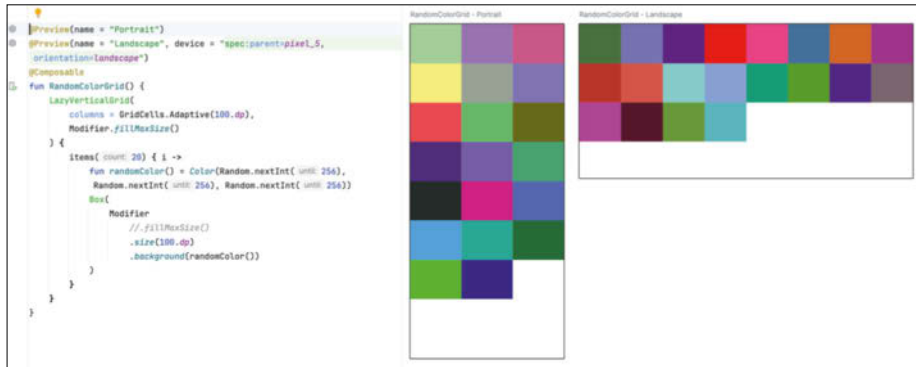
Damit die Anwendung flüssig läuft, werden immer nur die Composables vom Framework neu berechnet und dargestellt, deren Parameter sich geändert haben. Diese Recomposition funktioniert nur, wenn der Composable-Code keine Seiteneffekte auslöst; dazu später mehr.

Die eingebauten Composables haben eigene Parameter, etwa den anzuzeigenden Text oder einen Handler für Aktionen. Darüber hinaus gibt es einen generischen Parameter modifier, mit dem allgemeine Eigenschaften wie Größe, Einrückung



Die Beispiel-App implementiert ein einfaches Buzzword-Bingo-Spiel.





**Live Previews beschleunigen die Entwicklung von Composables.**

(padding) oder Hintergrundfarbe gesetzt werden. Diese Modifier können verkettet werden, wobei die Reihenfolge wichtig ist. Beispielsweise färbt `Modifier.padding(all = 20.dp).background(Color.Red)` das Padding nicht rot, hingegen `Modifier.background(Color.Red).padding(all = 20.dp)` schon.

Eine Falle lauert bei den Modifiern `maxWidth()` und `maxHeight()`, die das Pendant zu `fillParent` in `LinearLayouts` sind. Sie dürften häufig zum Einsatz kommen, um allen verfügbaren Platz auszunutzen. Auf den ersten Blick sieht ihr optionaler Parameter `fraction` so aus, als ob man damit Elemente auf einer Zeile oder Spalte gleichmäßig verteilen könnte:

```
Button(
    {...},
    Modifier.fillMaxWidth(fraction=0.5f)
) { Text("A") }
Button(
    {...},
    Modifier.fillMaxWidth(fraction=0.5f)
) { Text("B") }
```

Das funktioniert aber nicht, weil sich die verfügbare Breite, auf die sich `fraction` bezieht, mit jedem Element verringert. Der erste Button erhält noch korrekt 50 Prozent der Gesamtbreite, der zweite jedoch nur 50 Prozent davon, also 25 Prozent. Stattdessen verwendet man `weight()`, wenn mehrere Elemente gleichmäßig um Platz konkurrieren sollen.

```
Button(
    {...},
    Modifier.weight(1f)
) { Text("A") }
Button(
    {...},
    Modifier.weight(1f)
) { Text("B") }
```

Zum visuellen Debuggen kann `border` hilfreich sein: `Modifier.border(BorderStroke(1.dp, Color.Red))` zeichnet einen schmalen roten Rahmen um das Element.

Mit `Surface` und `AppTheme` erhält die Oberfläche ein Material-Design. Zusammen mit `Scaffold` (Gerüst) und `TopAppBar` entsteht daraus eine typische, zeitgemäße Android-App.

```
setContent {
    AppTheme {
        Surface {
            Scaffold(topBar = {
                TopAppBar(
                    title = { ... },
                    actions = { ... })
            }) {
                padding ->
                Column(Modifier.padding(padding)) {
                    HelloWorld()
                }
            }
        }
    }
}
```

**Vorschau**

Da es für die codebasierten Oberflächen keinen grafischen Editor mehr gibt, der in Android Studio sowieso nie besonders gut war, ist eine möglichst schnelle Vorschau wichtig. `Compose` führt dafür die `@Preview`-Annotation ein, die vor `Composables` stehen kann und dafür sorgt, dass deren Darstellung live in Android Studio während des Editierens aktualisiert wird, ohne dass man die App auf einem Gerät oder in einem Emulator starten muss. Die Vorschau lässt sich über den Button oben rechts neben den Editor-Tabs einblenden, sobald man das Projekt einmal gebaut hat.

Previews funktionieren nur für `Composables` ohne Parameter. Bei den meisten UI-Teilen wird man daher ein spezielles

`Composable` mit Beispieldaten für den Preview bauen. In unserem Bingo-Projekt enthält die Datei `samples.kt` zahlreiche Previews, um verschiedene Aspekte von `Compose` zu verdeutlichen.

`@Preview` kann selbst Parameter enthalten und mehrfach hintereinander geschrieben werden, etwa für die parallele Darstellung im Hoch- und Querformat.

Auch die alte und die neue Welt zu verbinden ist möglich: Mit dem `Composable Android View` lassen sich herkömmliche Views über einen Callback einbinden. Die `update`-Closure am Ende wird aufgerufen, sobald eine `Recomposition` stattfindet, also sobald sich darin verwendete Variablen des `Composables` ändern.

```
AndroidView(
    factory = {
        context -> ImageView(context)
    }
) {
    view -> view.
        setImageResource(resourceId)
}
```

Das Gegenstück, der `View ComposeView`, erlaubt die Einbindung von `Composables` in existierende `View`-Hierarchien.

**Merkhilfe**

`Composables` müssen idempotent sein, also mit denselben Eingangsparametern immer dieselbe Anzeige erzeugen. Sie dürfen keine Seiteneffekte auslösen. Das heißt, dass sie keine Variablen außerhalb ihres `Scopes` ändern sollten, weil sonst die `Runtime` nicht erkennt, welche Teile des UIs sie neu berechnen muss. Das übliche Arbeiten mit Instanzvariablen an einer `Activity` oder einem `Fragment` funktioniert daher nicht mehr.

Um trotzdem auf Aktionen wie einen Button-Klick zu reagieren, verwendet `Compose` sogenannte `State`-Objekte und einen Weg, deren Zustand über mehrere Funktionsaufrufe (`Recomposition`) zu erhalten. Die Syntax dafür ist etwas gewöhnungsbedürftig und die richtige Verwendung mit einigen Tücken gespickt.

Man erzeugt ein `State`-Objekt per `val isBingo = remember { mutableStateOf(false) }`. Dabei ist `remember` Teil von `Compose` und sorgt dafür, dass die `Runtime` das dahinterstehende Objekt auch bei mehrfachem Aufruf der Funktion nicht jedes Mal neu instantiiert, sondern cacht. Diese sogenannte `Memoization` lässt sich feingranular über Parameter steuern.

`remember` ist selbst ein Composable, kann also nur innerhalb von Composables verwendet werden. Es ist damit ein Beispiel dafür, dass Composables nicht nur sichtbare UI-Elemente sein können, sondern auch unsichtbare, die Verwaltungsaufgaben übernehmen. Das `remember`-Konstrukt kann man auch nutzen, um aufwendige Initialisierungen nur einmal vorzunehmen, etwa das Erzeugen eines Paint-Objects.

`mutableStateOf` erzeugt ein State-Objekt mit dem Typ des dahinter angegebenen Initializers. Das kann mit `mutableStateListOf()` auch eine Liste von Objekten sein. Das Compose-Framework reagiert dann auf Änderungen des State-Objekts. Wichtig dabei: Das Framework wertet nur Zuweisungen des Objekts selbst aus, nicht Änderungen an seinen Properties oder Child-Objekten. Statt Properties zu ändern, muss man also ein neues Objekt mit den neuen Properties erzeugen und dem State-Objekt zuweisen.

Bei Datenobjekten beispielsweise, die als `data class` definiert werden, kann man dafür die automatisch generierte `copy`-Methode verwenden, um dem State-Objekt eine Kopie mit teilweise geänderten Werten zuzuweisen. In unserem Bingo-Beispiel mit dem zweidimensionalen Array `val selected: Array<BooleanArray>` muss man aber darauf achten, eine tiefe Kopie, also inklusive des inneren Arrays, zu erzeugen.

Nur die Zuweisung eines State-Objekts triggert eine Recomposition. Aktionen in aufgerufenen Funktionen muss man daher immer bis herauf zur Deklaration des State-Objekts propagieren. Bei komplexeren UIs mit vielen Aktionen führt das leicht zu einer länglichen Parameter-Liste von Callbacks.

Schreibt man dann in so einem Callback beispielsweise `isBingo.value = true`, führt das Framework die Recomposition aus, erzeugt also das enthaltende Composable und alles darin neu; in diesem Fall beispielsweise `if (isBingo.value) {AlertDialog(...) {...}}`.

Mit dem Kotlin-Konstrukt `by`, das `get`- und `set`-Methoden einer Variablen an den dahinter stehenden Delegate weiterleitet, kann man noch etwas eleganter `var isBingo by remember { mutableStateOf(false) }` schreiben und dann später `isBingo` wie eine normale Variable verwenden, etwa `isBingo = true` oder `if (isBingo) ...`. Wenn dieses Coding Compiler-Fehler erzeugt, fehlen meist die Imports für die Delegate-

```
Extensions: import androidx.compose.runtime.getValue and import androidx.compose.runtime.setValue.
```

Im Beispielpjekt verwenden wir `remember` mit einem `mutable state` zum einen, um die einmal geladene Wortliste bei Bedarf neu zu mischen. Zum anderen werden die ausgewählten Bingo-Felder und der Zustand, ob Bingo erreicht wurde, gespeichert und aktualisiert.

## Verpackung

Die App hat noch einen Schönheitsfehler: Dreht man das Gerät ins Querformat, erfolgt eine Recomposition auf oberster Ebene und alles wird neu initialisiert.

Geht es nur um kleine Datenmengen wie in unserem Beispiel, gibt es dafür mit `rememberSaveable` eine elegante Lösung. Sie funktioniert genau wie `remember`, speichert das Object jedoch analog zu `onSaveInstanceState` so, dass es auch Konfigurationsänderungen wie Rotation oder Veränderung der Fenstergröße übersteht. Voraussetzung ist, dass sich das Object in einem Bundle persistieren kann.

Mit dem `Parcelize`-Plugin kann man einfache Datenklassen ohne manuelles Eingreifen speicherbar machen, sodass `rememberSaveable` sie annimmt. Dazu fügt man im zum Modul gehörigen `build.gradle` plugins `{id("kotlin-parcelize")}` hinzu und schreibt `@Parcelize` vor die zu serialisierende Klasse:

```
@Parcelize
data class Bingo(
    var words: List<String>,
    val selected: Array<BooleanArray>
) : Parcelable
```

Und schon kann `rememberSavable` den Zustand des Bingo-Feldes bei Konfigurationsänderungen automatisch speichern und wieder auslesen.

## Fazit

Compose ist ein modernes und mächtiges deklaratives Framework zur Erstellung von Android-Oberflächen. Wer bisher imperative UI-Programmierung gewöhnt ist, muss umdenken. Die neue Art, Oberflächen im Code zu beschreiben, ist zunächst ungewohnt und fühlt sich nach Kontrollverlust an. Auf längere Sicht lohnt sich der Umstieg jedoch, weil das Coding kompakter und ohne Seiteneffekte robuster und übersichtlicher wird. Es gibt noch viele weitere spannende Aspekte in Compose, etwa zu Animationen, Gestensteuerung

## Collections statt Schleifen

In modernen Sprachen wie Kotlin können viele Operationen und logische Prüfungen elegant mit den auf Collections definierten Funktionen ausgeführt werden.

So gibt `collection.all {...} true` zurück, wenn alle Elemente die in der Closure `{...}` aufgeführte Bedingung erfüllen. Analog liefert `collection.any { it } true` zurück, wenn mindestens ein Element `true` ist. Zusammen mit `map {...}` und einem Range lässt sich damit die Prüfung, ob in mindestens einer Zeile unserer zweidimensionalen Bingo-Matrix alle Elemente ausgewählt sind, kompakt schreiben als:

```
(0..<5).map {
    y -> selected[y].all { it }
}.any { it }
```

Dabei ergibt das innere `selected[y].all { it } true`, wenn alle Felder der Zeile `y` selektiert sind. Mit klassischen for-Schleifen müsste man diesen Test deutlich umständlicher formulieren, etwa:

```
for (y in 0..<5) {
    var isBingo = true
    for (x in 0..<5) {
        if (!selected[y][x]) {
            isBingo = false
            break
        }
    }
    if (isBingo) return true
}
```

Welche Code-Variante man bevorzugt, hängt von den persönlichen Vorlieben und der Erfahrung des Entwicklers ab. Prinzipiell hilft die Verwendung von Collection-Funktionen dabei, die Intentionen des Entwicklers klarer zu verdeutlichen und typische Schleifenfehler zu vermeiden.

oder rund um State und asynchrone Requests. Aber das ist ein Thema für einen anderen Artikel. (jow@ct.de) **ct**

**Mehr zur reaktiven Programmierung:**  
[ct.de/yvyp](https://www.ct.de/yvyp)

# VoIP für unterwegs

## Festnetzanschlüsse am Smartphone nutzen

**Mit den richtigen Apps ist man auch unterwegs auf seiner Festnetznummer erreichbar und telefoniert zum Festnetztarif über mobiles Internet oder WLAN. Ein Festnetztelefon braucht man dann nicht mehr.**

Von Urs Mansmann

Echte Festnetzanschlüsse gibt es schon seit vielen Jahren nicht mehr. Das Festnetz ist komplett auf Voice over IP (VoIP) umgestellt, es ist also zu einem Internetdienst geworden. Der heimische VoIP-Router kommuniziert mit der Telefonvermittlung und den angerufenen Anschlüssen per Internet. Auf der Hardwareseite bietet er Schnittstellen zu Festnetztelefonen, üblicherweise per DECT oder Analoganschluss. An älteren Routern der Oberklasse findet man auch noch ISDN-Anschlüsse.

Einen solchen Festnetzanschluss kann man auch ohne Festnetzapp nutzen. Routerhersteller AVM etwa bietet für Smartphones den Client „Fritz!App Fon“ an. Mit dieser App wird das Smartphone zum Schnurlostelefon und kommuniziert mit der Fritzbox per WLAN. Die App bietet eine Anrufliste und Zugriff aufs Telefonbuch der Fritzbox. Dieses wiederum können Sie mit Ihrem Telefonbuch unter Android oder iOS synchronisieren, sodass Sie Ihre Kontakte auch von Ihren Festnetztelefonen aus nutzen können.

Wenn Sie die App das erste Mal mit Ihrer Fritzbox verbinden, müssen Sie bei der Einrichtung zunächst das Passwort für den Zugang zur Benutzeroberfläche des Routers eingeben. Sind dort mehrere Telefonnummern hinterlegt, wählen Sie eine Hauptrufnummer, die die App für abgehende Festnetztelefonate verwenden soll. Anschließend bestätigen Sie die Einrichtung durch Eingeben eines Codes an

einem bereits angemeldeten Telefon oder durch Drücken einer Taste an der Fritzbox. Die App zeigt Ihnen an, unter welcher internen Nummer der neue Anschluss erreichbar ist.

In den Einstellungen können Sie die App mit weiteren Fritzboxen verbinden und festlegen, ob die App auf eingehende Anrufe reagiert. Die Verbindung mit mehreren Boxen kann sinnvoll sein, beispielsweise wenn Sie eine Zweitwohnung haben oder wenn im Büro ebenfalls eine Fritzbox steht.

### Festnetznummern konfigurieren

In der Grundeinstellung reagiert die App auf Anrufe unter allen Festnetznummern, die auf der Fritzbox eingerichtet sind. Wenn Sie das nicht wünschen, können Sie die Bedienoberfläche der Fritzbox öffnen und die Geräteeinstellungen unter Tele-

fonie/Telefoniegeräte ändern. Editieren Sie den Eintrag „FRITZ!App Fon (<Smartphonename>)“ indem Sie auf das Stiftsymbol klicken und wählen Sie bei „Ankommende Anrufe“ die Option „Nur auf folgende Rufnummern reagieren“. Nun setzen Sie Haken, bei welchen Nummern die App klingeln soll.

Sobald Sie Ihr WLAN verlassen, verliert die App den Kontakt zur Fritzbox und zeigt dann auch an, dass die Telefonie inaktiv ist. Falls Sie auch unterwegs erreichbar sein wollen, müssen Sie ein VPN in Ihr Heimnetz einrichten, über das Ihr Smartphone eingebunden wird und eine interne IP-Adresse erhält. Der Tunnel sorgt nicht nur dafür, dass Sie unterwegs Festnetzgespräche über Ihre Fritzbox führen können, sondern ermöglicht Ihnen auch beispielsweise Zugriff auf Smart-Home-Geräte im LAN, die sonst übers Internet nicht erreichbar sind.

Die Verbindung ist verschlüsselt, so dass Lauscher in fremden WLANs keine Chance haben, Inhalte oder Zieladressen Ihrer Kommunikation mitzulesen, selbst wenn beispielsweise Apps Daten im Klartext übertragen oder Webseiten kein SSL nutzen. Außerdem können Sie aus dem Ausland auf Inhalte zugreifen, die nur von Deutschland aus abrufbar sind und somit das sogenannte Geoblocking umgehen. Der Nachteil einer VPN-Verbindung ist, dass die Datenverbindung langsamer wird, weil jedes Datenpaket vom und fürs Smartphone über Ihre Fritzbox laufen muss. Ein langsamer Upstream der Fritzbox bildet einen Flaschenhals für Downloads am Handy.

### VPN per WireGuard

Die Fritzbox kann VPN-Tunnel per IPsec oder WireGuard bereitstellen. WireGuard ist in jeder Hinsicht die bessere Wahl, weil der Tunnel sich leichter einrichten lässt und die Verbindung in der Praxis auch unter widrigen Umständen robust ist. Um einen solchen Tunnel herzustellen, sollten Sie zunächst die App von WireGuard auf Ihrem Smartphone einrichten. Anschlie-

Telefoniegerät am Anschluss "LAN/WLAN" ?

IP-Telefon Anmelddaten

Die Rufnummer, die Sie unter "Ausgehende Anrufe" angeben, bestimmt die Standard-Verbindungsart und die abgehende Rufnummer des IP-Telefons.

Name FRITZ!App Fon (Google Pixel 8 Pro)

Ausgehende Anrufe  
03222

Hinweis: Dieses Telefon darf nur ausgehende Anrufe ins Inland tätigen. Ändern

Ankommende Anrufe

auf alle Rufnummern reagieren

nur auf folgende Rufnummern reagieren

140

032

(Rufnummer für ausgehende Gespräche)

542

696

051

340

511

340

032

Obernehmen Verwerfen

**In der Fritzbox kann man festlegen, unter welchen Rufnummern die Smartphone-App erreichbar ist.**



Send wählen Sie auf der Benutzeroberfläche der Fritzbox unter Internet/Freigaben die Registerkarte „VPN (WireGuard)“ und klicken auf „Verbindung hinzufügen“. Wählen Sie die Option Einzelgerät. Geben Sie der Verbindung einen Namen und bestätigen Sie die Ausführung per Code an einem bestehenden Festnetztelefon oder durch Tastendruck an der Fritzbox.

Nun wird Ihnen ein QR-Code angezeigt, der alle Informationen zur Einrichtung enthält. Diesen scannen Sie auf dem Smartphone mit der WireGuard-App und speichern danach die Konfiguration unter einem Namen für den Tunnel. Ein- und ausschalten können Sie den Tunnel auf dem Smartphone unter Android 15 über „Einstellungen/Netzwerk & Internet/VPN“. Optional können Sie auch eine Kachel im Pulldown-Menü mit einem VPN-Zugang belegen. Unter iOS finden Sie den VPN-Schalter unter Einstellungen/Allgemein/VPN. Bei iOS geht es ebenfalls übers Menü „Einstellungen“ und am schnellsten per Suche nach „VPN“.

Solange die VPN-Verbindung steht und die App für das FritzFon aktiv ist, ist Ihr Smartphone per Festnetznummer erreichbar und Sie können abgehende und ankommende Festnetztelefonate führen, als wären Sie zu Hause, egal wo Sie gerade unterwegs sind.

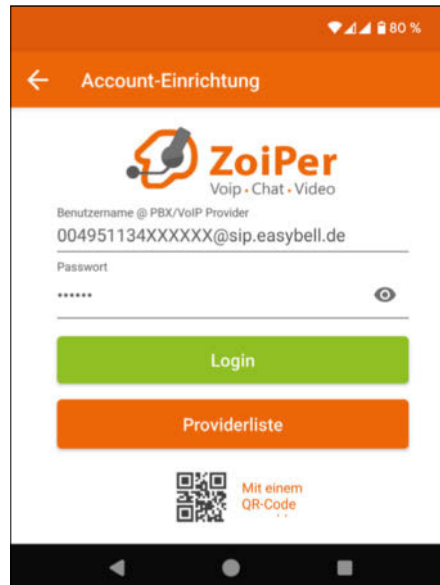
Wenn Sie die FritzFon-App Ihres Smartphones mit mehreren Fritzboxen verbinden, braucht jede Fritzbox eine eigene VPN-Verbindung samt dazu passender Verbindung für die FritzFon-App, wenn Sie sich nicht in WLAN-Reichweite der jeweiligen Fritzbox befinden.

### Festnetz ohne Heimrouter

VoIP-Telefonie über einen Festnetzanschluss lässt sich aber auch ohne Fritzbox organisieren. Ein SIP-Client auf dem Handy baut unabhängig vom heimischen Anschluss direkt eine Verbindung zum SIP-Server des Telefonanbieters auf.

Allerdings funktioniert das nicht mit jedem Angebot. Die Telekom beispielsweise erlaubt aus Sicherheitsgründen nur Zugriffe auf SIP-Server in ihrem eigenen Netz, also über Telekom-Anschlüsse. In solchen Fällen muss man wie zuvor beschrieben eine VPN-Verbindung ins eigene Heimnetz nutzen, damit sich der Client über eine IP-Adresse aus dem Telekom-Netz anmeldet.

Um per SIP telefonieren zu können, benötigen Sie Zugangsdaten dafür. Die bekommen Sie üblicherweise vom Ihrem



### Für das Anlegen eines VoIP-Accounts in Zoiper muss man nur wenige Daten angeben.

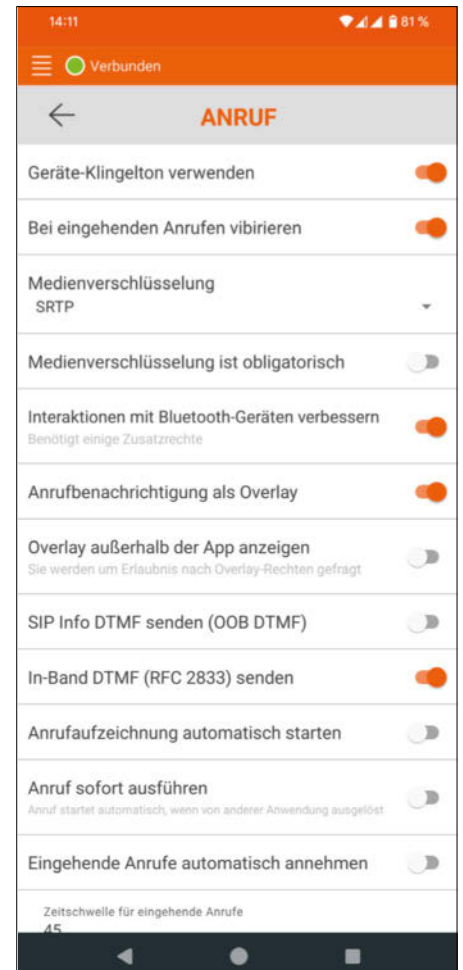
Provider. Wenn dieser den Router automatisch eingerichtet hat, hat er dabei auch die VoIP-Zugangsdaten im Router hinterlegt, möglicherweise haben Sie Ihre Benutzerdaten deshalb noch nie gesehen. In der Regel können Sie diese im Onlinekundencenter abfragen, ansonsten hilft der Kundenservice des Providers weiter. Zur Einrichtung benötigen Sie auch die Adresse des SIP-Servers Ihres Internetproviders und gegebenenfalls weitere Einträge, etwa für einen Proxy- oder STUN-Server.

### Telefonie-Apps

Als Nächstes müssen Sie auf Ihrem Smartphone eine App installieren, mit der Sie via SIP telefonieren. Häufig genutzt werden dafür die Apps Linphone und Zoiper. Prüfen Sie auch, ob Ihr Provider wie der Breitbandanbieter Easybell eine eigene Telefonie-App anbietet, damit wird die Einrichtung noch einfacher.

Im nächsten Schritt richten Sie mit Ihren Daten einen SIP-Zugang in der VoIP-App ein. Bei Zoiper ginge das auch mit einem QR-Code, wenn die Telefonanbieter einen solchen bereitstellen. In der Regel müssen Sie die Daten aber manuell übernehmen und in die dafür vorgesehenen Felder eintragen. Die „Domäne“, nach der Linphone verlangt, ist der SIP-Server. Bei Zoiper wird er als „VoIP Provider“ bezeichnet und Sie müssen ihn dem Benutzernamen nach einem @-Zeichen hinzufügen.

Weitere Einstellungen sind in aller Regel nicht nötig, die meisten VoIP-Diens-



### Der kostenlose VoIP-Client Linphone bietet umfangreiche Einstellmöglichkeiten.

te laufen mit Standardeinstellungen, wie sie auch die SIP-Clients verwenden. Um eingehende Anrufe zu erhalten, muss lediglich die Push-Funktion in der App aktiviert sein. Möchten Sie über die VoIP-Nummer nicht mehr erreichbar sein, müssen Sie die App beenden. Es reicht nicht, sie zu minimieren, denn dann läuft sie im Hintergrund weiter und lauscht weiterhin auf Anrufe.

### Fazit

Das Smartphone lässt sich mit wenig Aufwand so einrichten, dass man darüber Festnetztelefonate führen kann. Die Anschaffung eines Schnurlostelefonats kann man sich sparen. Mit einem Tunnel ins Heimnetz per VPN oder mit einem SIP-Client auf dem Handy ist man unter seiner Festnetznummer sogar weltweit erreichbar und kann für abgehende Telefonate die Flatrate des heimischen Anschlusses nutzen. (uma@ct.de) **ct**

**VoIP-Apps fürs Smartphone: ct.de/y2jk**

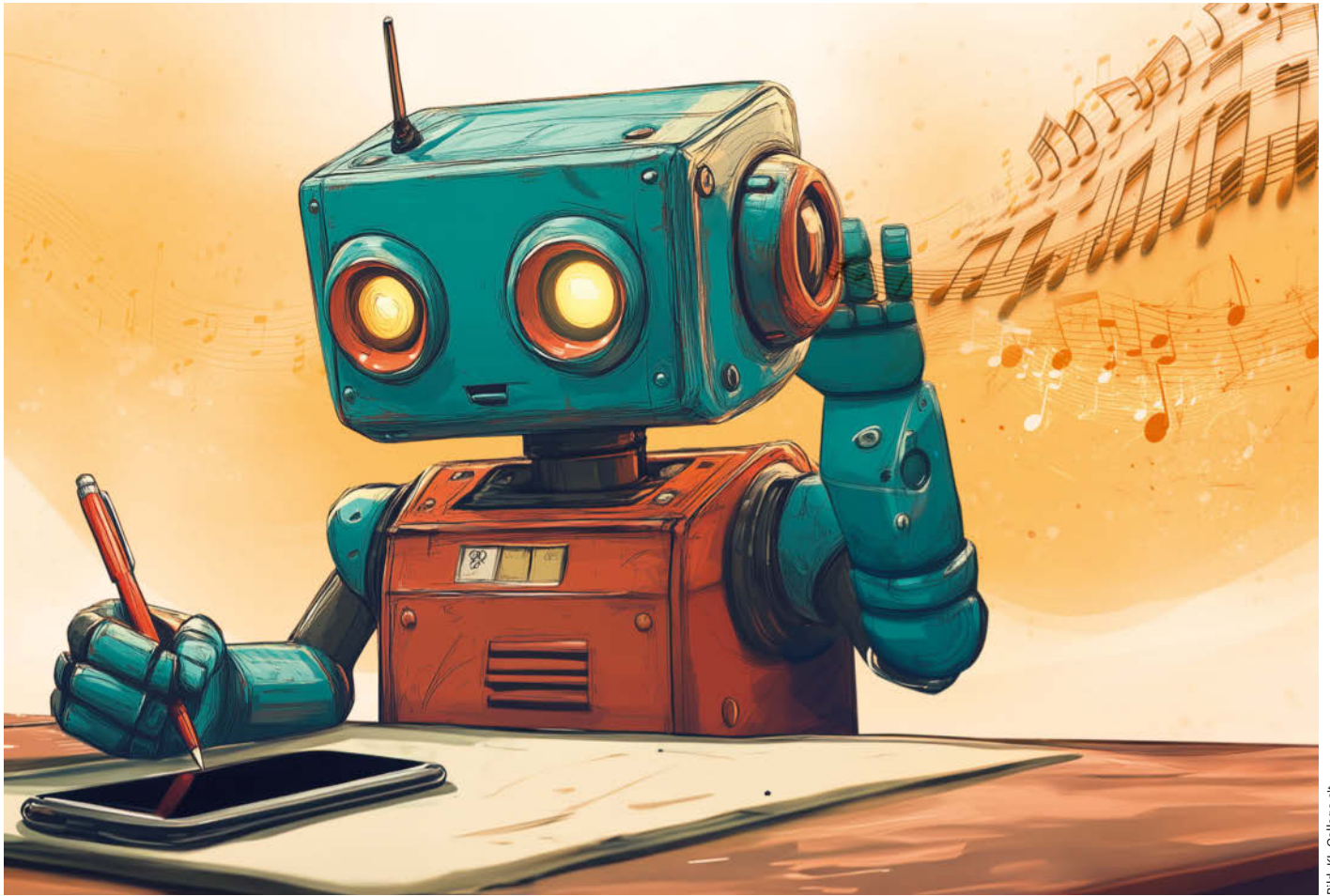


Bild: KI, Collage ct

# Guter Zuhörer

## Googles Musikerkennung Now Playing auf Nicht-Pixel-Smartphones installieren

**Googles Pixel-Smartphones locken mit einigen exklusiven Funktionen. Eine davon ist die automatische Musikerkennung. Sie lässt sich mit wenigen Handgriffen auch auf jedem anderen Android-Smartphone nutzen.**

Von Stefan Porteck

**E**ines der coolsten Features der Pixel-Telefone ist die automatische Songerkennung namens Now Playing. Egal, was gerade im Hintergrund läuft, auf dem Sperrbildschirm und in den Benachrichtigungen steht der Titel.

Klar, man kann auch schnell Shazam starten. Doch dafür muss man das Telefon jedes Mal aus der Tasche holen, entsperren und die App starten. Nicht gerade die beste Option, wenn beispielsweise auf einer Party viele gute Songs laufen.

Die gute Nachricht ist, dass der britische Entwickler Kieron Quinn Googles „Now Playing“ so portiert hat, dass sein „Ambient Music Mod“ auf allen Android-

Smartphones funktioniert. Auch wenn die Musikerkennung tief im Betriebssystem verankert ist, lässt sie sich ohne Root-Rechte, Custom-ROM oder invasive Eingriffe problemlos installieren und auch rückstandslos wieder entfernen.

### In die Trickkiste gegriffen

Um genau wie Googles Now Playing automatisch Musiktitel zu erkennen, die in der Umgebung des Smartphones laufen, greift Ambient Music Mod auf die Systemfunktion `CAPTURE_AUDIO_HOTWORD` zu. Android nutzt sie für verschiedene Aufgaben, unter anderem, um zu erkennen, ob Musik läuft oder die Nutzer mittels „Hey Google“ den

## ct kompakt

- Ambient Music Mod erkennt Musik automatisch.
- Es wandern keine Daten ins Netz.
- Die App läuft auf jedem Smartphone ab Android 12.

Google Assistant aufwecken wollen. Der Clou daran: Ambient Music Mod verwendet diese Systemfunktion genauso, sodass die App den Private Compute Core von Android nutzt, der alle Daten lokal verarbeitet. Sie sendet also keine Audioaufnahmen zur Song- oder Spracherkennung ins Internet.

Dass das funktioniert, ist nicht selbstverständlich: Von Nutzern installierten Apps räumt Android nämlich nicht dieselben Rechte ein wie System-Apps. Auf den Pixel-Telefonen ist „Now Playing“ als solche installiert und darf deshalb auf den Private Compute Core zugreifen – Benutzer-Apps dürfen das nicht.

Der Macher von Ambient Music Mod hat diese Klippe elegant umschiffert. Statt ein gerootetes Smartphone vorauszusetzen, nutzt er ab Android 12 die Dienste der App Shizuku. Die Open-Source-Anwendung erlaubt es Apps, System-APIs mit erweiterten Rechten auszuführen.

Shizuku nutzt einige Eigenheiten des Android Framework und der Android Debug Bridge (adb). Eigentlich ist adb dafür gedacht, dass App-Entwickler ihre Anwendungen auf dem Smartphone testen und debuggen. Dafür stellt die adb-Schnittstelle über ein USB-Kabel oder drahtlos eine Verbindung zwischen Telefon und der Debugging-App her. Darüber lassen sich Befehle ans Smartphone schicken, um es zu steuern oder um Apps nicht nur mit Nutzerrechten zu testen, sondern mit erweiterten Rechten auszustatten. An dieser Stelle klinkt sich Shizuku in den Prozess ein: Die App verbindet sich mit der adb-Schnittstelle, fordert Systemrechte an und stellt diese quasi als Man-In-The-Middle über einen eigenen Dienst anderen Apps zur Verfügung. Deren API-Zugriffe laufen dann über Shizuku und nicht über das Android Framework, wodurch sie die höheren adb-Systemrechte von Shizuku erben. Da adb-Debugging und Shizuku das Sicherheitskonzept von Android schwächen, sollte man beides mit Bedacht

einsetzen und nur den Apps erweiterte Rechte und Zugriff erlauben, denen man vertraut.

### Dienstbarer Geist

Shizuku findet man nicht im Play Store, sondern muss den F-Droid-Store bemühen. Nach der Installation sind noch kleinere Vorarbeiten nötig, damit die App funktioniert. Zunächst rufen Sie die Android-Einstellungen auf und scrollen herunter bis zum Menüeintrag „Über das Telefon“. In diesem Menü findet sich ein Eintrag namens „Build-Nummer“, den man in schneller Folge fünfmal antippen muss, um die Entwickleroptionen freizuschalten. Diese finden sich nun unter Einstellungen/System. Hier muss der erste Eintrag „Entwickleroptionen verwenden“ aktiviert werden und weiter unten der Menüpunkt „Debugging über WLAN“.

Um Shizuku dauerhaft mit der adb-Schnittstelle zu koppeln, öffnen Sie die App und tippen dort auf Koppeln, worauf eine Benachrichtigung mit dem Hinweis auf den laufenden Kopplungsdienst erscheint. Gleichzeitig wechselt Shizuku auf eine neue Ansicht, die praktischerweise eine Verknüpfung zu den Entwickleroptionen enthält. Tippen Sie sie an und scrollen Sie in den Entwickleroptionen wieder zum Eintrag „Debugging über WLAN“ herunter.

Diesmal muss nicht rechts auf den Schalter, sondern links direkt auf den Menüeintrag getippt werden und in der nun geöffneten Ansicht auf „Gerät über einen Kopplungscode koppeln“. In dem Moment wird ein sechsstelliger Zahlencode eingeblendet und gleichzeitig meldet sich die Shizuku-Benachrichtigung und erfragt den Code. Sobald man ihn eingetippt hat, ist Shizuku dauerhaft legitimiert, auf die adb-Schnittstelle zuzugreifen. Glücklicherweise muss man dieses Prozedere deshalb nur einmal durchexerzieren.

Anschließend können Sie Shizuku wieder aufrufen und dort im Hauptfenster auf „Start“ tippen, worauf ein Shell-Skript startet, das den Zugriff herstellt. Die schlechte Nachricht: Anders als die Kopplung von Shizuku mit adb ist der eigentliche Zugriff auf das adb-Interface nur bis zum nächsten Neustart des Telefons gültig. Nach jedem Reboot muss dieser Schritt also wiederholt werden. Und aus Sicherheitsgründen schaltet Android den Zugriff über WLAN ebenfalls beim Neustart ab.

Damit man vorm Start von Shizuku nicht jedes Mal umständlich in den Entwickleroptionen herumwerkeln muss,

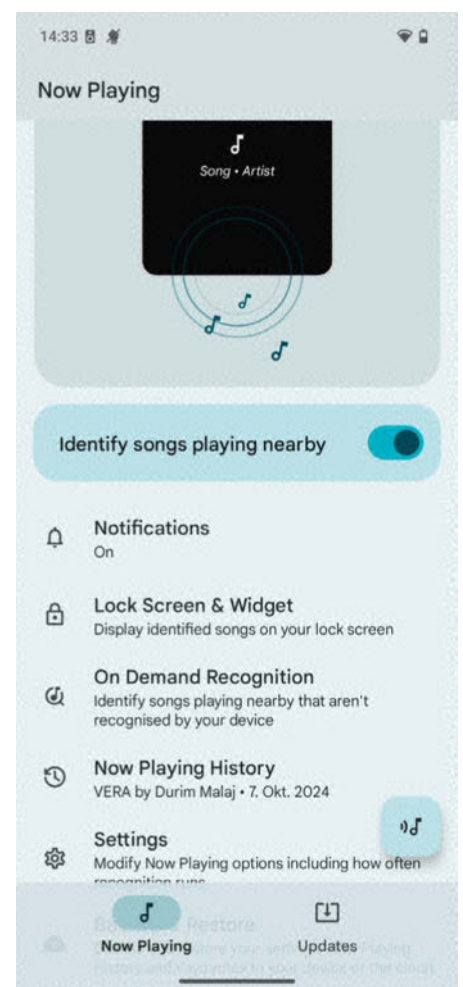
bietet es sich an, das Wireless-Debugging als Schaltfläche in die Schnelleinstellungen in der Benachrichtigungsleiste von Android zu platzieren.

### Fingerabdrücke und Feintuning

Ambient Music Mod gibt es weder im Play Store noch im Store von F-Droid. Man muss die App von der Webseite des Projekts bei GitHub herunterladen (siehe ct.de/yj1) und dann manuell installieren.

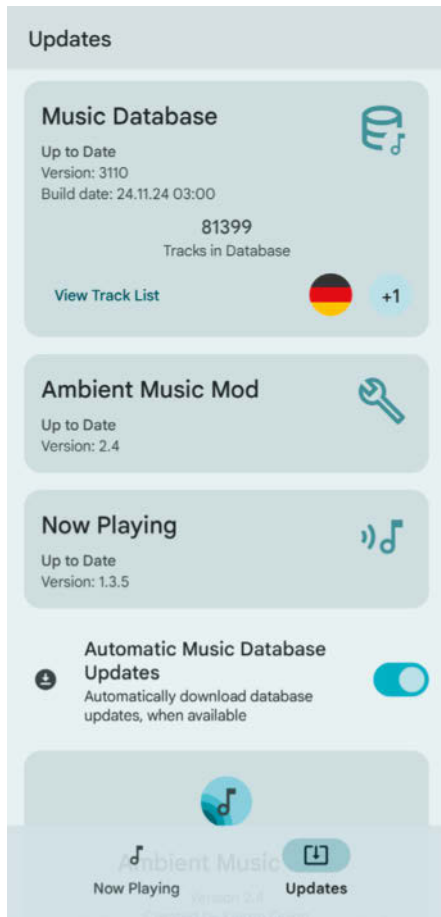
Der manuelle Download hat den Nachteil, dass die App nicht automatisch aktualisiert wird. Wer es sich leichter machen will, installiert die App-Verwaltung Obtainium (siehe ct 15/24, S. 85), die sich um Aktualisierungen kümmert.

Beim ersten Start fragt Ambient Music Mod nach der Erlaubnis, auf Shizuku-Dienste zuzugreifen, und anschließend nach dem Heimatland. Da sich die Musikgeschmäcker und die Interpreten von Land zu Land unterscheiden, hält Google



Im Hauptfenster von Ambient Music Mod lassen sich Einstellungen anpassen, eine Demand-Erkennung starten und der Verlauf öffnen.





**Anders als bei Now Playing kann man die Songdatenbank selbst auswählen, einsehen und aktualisieren.**

verschiedene Datenbanken mit Fingerprints landesspezifischer Songs bereit. Für die beste Erkennungsquote wählt man bei der Einrichtung deshalb „Automatisch“ oder „Deutschland“ aus. Für die weitere Einrichtung wechselt man im Hauptfenster der App unten auf den Reiter „Updates“ und setzt dort den Haken für automatische Aktualisierungen der Datenbank.

Grundsätzlich zieht Ambient Music Mod etwas stärker am Akku als Now Playing, mit einigen Einstellungen lässt sich das aber so weit drosseln, dass der Mehrverbrauch praktisch nicht ins Gewicht fällt. Dafür öffnet man Ambient Music Mod und ruft dessen Einstellungen auf. Dort setzt man unter „Recognition Period“ den Wert auf eine oder zwei Minuten. Das veranlasst die App, nach der Erkennung eines Songs für die gewählte Zeit zu pausieren, damit derselbe Song nicht etliche Male erneut gescannt wird.

Unter „Recognition Buffer“ lässt sich die grundsätzliche Wartezeit zwischen zwei Scans einstellen. Das spart Strom, etwa wenn Lärm in der Umgebung eine

Erkennung verhindert hat und ein weiterer Versuch gestartet wird. Hier bietet sich ein Wert von 20 oder 30 Sekunden an. Abschließend wechselt man zu „Disable at Bedtime“ und wählt ein nächtliches Zeitfenster, in dem die Musikererkennung dauerhaft pausieren soll.

### Nix zu erkennen

Auf unserem Testgerät, einem Pixel 7a mit GrapheneOS, lief Ambient Music Mod bereits ziemlich zufriedenstellend. Aufgrund der mitunter deutlichen Unterschiede zwischen den Mikrofonen verschiedener Smartphones lässt sich mit etwas Handarbeit die Musikererkennung aber durchaus noch verbessern.

Dafür wechselt man in die Einstellungen von Ambient Music Mod und dort auf Advanced. Unter Gain lässt sich der Lautstärkepegel für die Erkennung anpassen. Nach unserer Erfahrung zeigen kleine Änderungen am Schieberegler bereits große Auswirkungen. Zum anschließenden Testen wechselt man zurück ins Hauptfenster und tippt auf den unten schwebenden Button „Recognize“. Nun läuft für ein paar Sekunden die Aufnahme, in der man idealerweise einige Worte spricht. Nachdem kein Song erkannt wurde, bietet Ambient Music Mod an, die Aufnahme abzuspielen. Klingt sie zu leise, erhöht man den Gain ein wenig, klingt sie verzerrt und unverständlich, verringert man ihn dagegen.

Auf manchen Telefonen kann es auch sinnvoll sein, im erweiterten Einstellungs-menü die Funktion „Use Alternative Encoding“ einzuschalten, die mithilfe einer anderen Kodierung bei manchen Smartphones Verzerrungen in der Aufnahme verhindert.

### Alles im Blick

Ambient Music Mod zeigt nicht nur die Namen von Interpreten und Songs an, sondern präsentiert auch ein Thumbnail des Albumcovers – ein willkommenes Feature, das Google erst unlängst selbst nachgeholt hat.

Auch Ambient Music Mod bringt eine Verlaufsansicht mit, die bisherige erkannte Titel in einem durchsuchbaren Zeitstrahl auflistet. Anders als beim Original gibt es obendrein eine zusammenfassende Statistik der vergangenen 30 Tage. Sie zeigt, welche Genres zu welchem Anteil gehört wurden, und listet die meistgehörten Titel und Songs auf. Weniger spannend, aber nett zu wissen: Eine Verlaufs-

kurve visualisiert, zu welcher Tageszeit man wie viel Musik gehört hat.

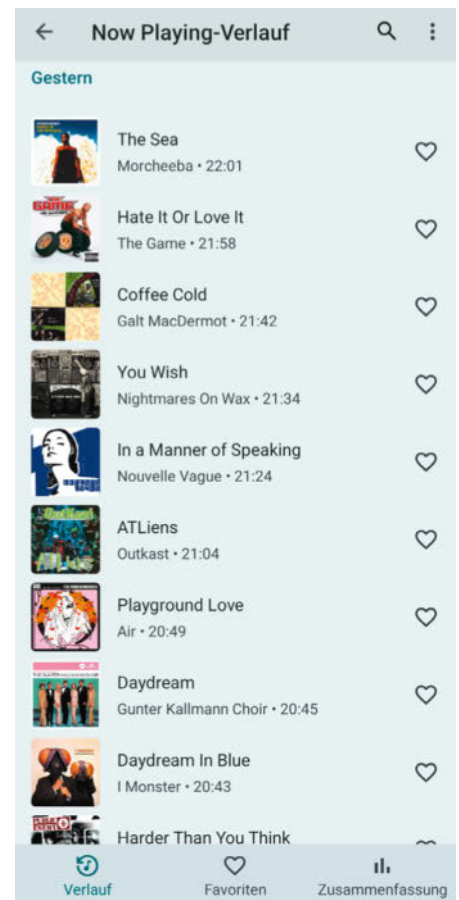
Allein die bessere Auswertung wäre schon ein Grund, Ambient Music Mod auch auf Pixel-Telefonen zu installieren. Der Entwickler rät davon aber explizit ab. Denn es besteht die Gefahr, dass Original und Mod einander in die Quere kommen.

### Fazit

Für Android-Nutzer ohne Pixel-Telefon ist der Ambient Music Mod eine gelungene Portierung von Now Playing und eine sehr gute Alternative zu anderen Musikererkennungs-Apps wie Shazam oder Soundhound, die entweder nur manuell identifizieren oder sonst spürbar am Akku nagen.

Abgerundet wird der Ambient Music Mod von einer beim Original ebenfalls fehlenden Exportfunktion, die alle Einstellungen und den Verlauf sichert und bei Bedarf wieder herstellt. (spo@ct.de) **ct**

**Download-Links von Ambient Music Mod und Shizuku: [ct.de/yjj1](https://ct.de/yjj1)**



**Der Verlauf hat eine Volltextsuche und wartet anders als das originale Now Playing mit einer statistischen Zusammenfassung über Künstler, Songs und Genres auf.**

Webinar am 30. Januar 2025

**Jetzt Platz  
sichern**

Schneller, schlauer, besser:

## Effizienz-Boost für den Mac



[webinare.heise.de/  
effizienz-boost-mac](https://webinare.heise.de/effizienz-boost-mac)



## Apple Business Manager und Mobile Device Management

Geräteverwaltung im Unternehmen sicher meistern

Zweiteiliges Webinar  
am 27. Februar und 6. März 2025



## Apple Geräte im Kontext der Security Compliance

für Deutschland und Europa

Zweiteiliges Webinar  
am 13. und 20. Mai 2025



**Jetzt Ticket buchen:**

[heise-academy.de/marken/mac-and-i](https://heise-academy.de/marken/mac-and-i)





# Elementar weiter

## Linux-Distribution elementary OS 8.0: Wayland, GTK 4 und mehr Barrierefreiheit

**Das neueste Release des benutzerfreundlichen Linux-Systems elementary OS kommt mit einem neuen Dock und wichtigen Weichenstellungen für die Zukunft.**

Von Keywan Tonekaboni

Ende November erschien mit elementary OS 8.0 die neueste Version der eigenwilligen Linux-Distribution. Wichtigste Neuerung ist die Einführung einer Wayland-Session, dem modernen Linux-Grafikprotokoll.

Das elementary-Team verfolgt das Ziel, eine einfach bedienbare, konzeptionell kohärente und visuell ansprechende Bedienoberfläche umzusetzen. Der haus-eigene Linux-Desktop Pantheon setzt auf Gnome-Bibliotheken auf, geht aber an entscheidenden Stellen eigene Wege. Als Unterbau dient Ubuntu, welches das elementary Team für OS 8 auf Version 24.04 LTS aktualisiert hat.

Wie viele andere kleinere Linux-Desktopumgebungen folgt elementary

den großen Projekten Gnome und KDE und rüstet in seinem Desktop das moderne Grafiksystem Wayland nach. Bei der Anmeldung hat man die Auswahl zwischen „Sichere Sitzung“ mit Wayland und „Klassische Sitzung“ mit X11. Solch technische Begriffe wie „Wayland-Session“ passen nicht zu einer Desktopumgebung mit Fokus auf einfache Bedienung. Das Projektteam überlegte deshalb lang, wie man einerseits die Vorteile von Wayland einfach vermitteln kann und gleichzeitig aber nicht durch negativ konnotierte Begriffe Nutzer verprellt, die weiterhin auf den in die Tage kommenden X-Server angewiesen sind.

Warum „Sichere Sitzung“? Da im Unterschied zum X-Server Apps in einer Wayland-Session nicht ohne Weiteres Zugriff auf Eingaben und Fenster anderer Anwendungen haben. Dies sei ein Vorteil von Wayland, der für viele User greifbar sei, argumentiert das elementary-Team.

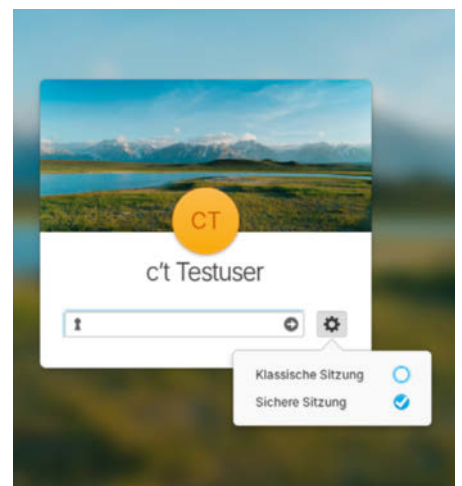
### Neues Dock

Für Wayland waren an diversen Stellen kleinere und größere Umbauten nötig. Größte Arbeit nahm dabei das Dock mit den App-Startern in Anspruch. Bisher kam

dafür Plank zum Einsatz, das aber nur mit X11 kompatibel ist. Das elementary-Team entschied sich für eine komplette Neuentwicklung mit der Grafikbibliothek GTK 4. Bei der Planung griff das Team auch auf Daten aus einer Umfrage über das Nutzungsverhalten zurück, die elementary vor längerer Zeit durchgeführt hatte.

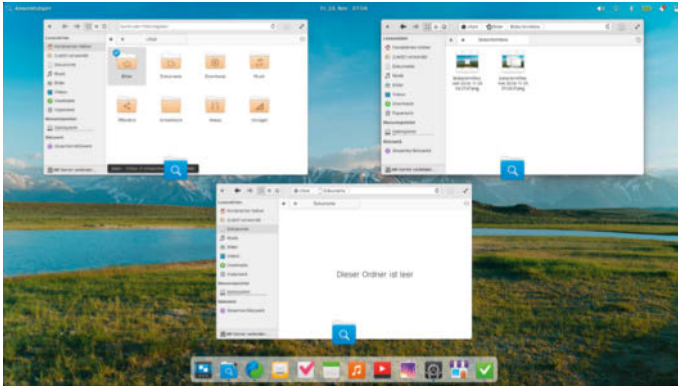
Das neue Dock kommt bei beiden Sitzungstypen zum Einsatz. Es reagiert schnell, die Animationen laufen flüssig ab und es bietet einige neue Features. Was bei einem Klick auf einen App-Starters passiert, ist nun vorhersehbarer. Es zeigt entweder das jeweilige Programmfenster an oder, falls nicht vorhanden, startet die App. Liegt das Programmfenster auf einer anderen Arbeitsfläche, wechselt es dorthin. Sind mehrere Fenster vorhanden, zeigt es eine verkleinerte Übersicht all dieser Fenster an. Maximal zwei Mausklicks führen also immer zum gewünschten Fenster.

Zudem kann man ans Dock angepinnte Apps mit den Tastenkombinationen Super+1-9 öffnen, was bei Ubuntu seit Unity üblich ist. Apropos Tastenkombinationen: Die Super-Taste (auch Windows-Taste) allein öffnet endlich das Anwendungsmenü mit Suche, statt einen Spickzettel verfügbarer Tastenkombinationen anzuzeigen. Das ist konsistenter zu anderen Linux-Desktops und Windows. Langjährige Nutzer von elementary OS müssen sich umgewöhnen, weil die bisherige Tastenkombination Super+Leertaste nicht mehr belegt ist, oder in den Systemeinstellungen unter Tastatur/Tastenkürzel/System die Tastenkombination für das Anwendungsmenü anpassen.



**Wählt man „Sichere Sitzung“, verwendet elementary OS 8 das moderne Grafiksystem Wayland.**





Das neue Dock bietet zusätzliche Features. So zeigt es mit einem Klick alle Fenster einer App in der Übersicht.

Neu ist auch ein Menü mit Schnelleinstellungen, das das Benutzerkontomenü in der rechten oberen Ecke ablöst. Im Unterschied zu Gnome oder Windows gibt es dort keine Schalter für WLAN, Bluetooth oder Ähnliches. Neben den Abmelde- und Ausschaltknöpfen sind Einstellungen zur Barrierefreiheit und Schriftgröße zugänglich und man kann den dunklen Modus aktivieren. Bei einem unserer Testgeräte, einem Convertible-Laptop, erschien zusätzlich ein Schalter, um den Wechsel der Bildschirmausrichtung zu sperren.

Dass die Barrierefreiheit so prominent auftaucht, ist eine bewusste Entscheidung des elementary-Teams. Auch die Anmeldung für Blinde oder Menschen mit starker Seheinschränkung soll in Version 8 barrierefreier sein. Beim Start des Installationsimages sagt die Sprachausgabe an, über welche Tastenkombination man sie dauerhaft einschaltet.

### Der einzige Linux-App-Store

Programme installiert man in elementary OS über AppCenter und das ist vielleicht der einzige richtige Linux-App-Store. Zwar betiteln viele, auch wir, Software-Tools wie Gnome Software oder Plattformen wie Flathub oder Snap Store so – aber dort kann man nichts kaufen. Anders als im AppCenter von elementary mit eigenem Software-Repository, wo man seit Jahren die Entwickler von Apps vergüten kann, getreu dem Motto: Open Source heißt nicht automatisch kostenlos. Den Betrag kann man selbst wählen, auch 0 Euro sind möglich.

AppCenter installiert Programme mittels Flatpak, dem distributionsübergreifenden Format zur Softwareinstallation. Da die Apps abgekapselt in Containern

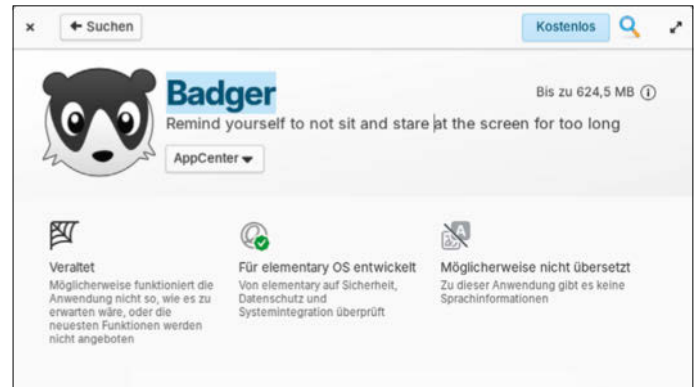
laufen, sind zumindest theoretisch weitgehende Eingrenzungen der Zugriffsrechte der Apps möglich. Zugriff auf Dateien, Verzeichnisse und Geräte gewährt die Portal-Schnittstelle von Freedesktop.org. Praktisch verlangen viele Apps aber weiterhin weitgehende Rechte, weil sie die modernen Schnittstellen noch nicht nutzen.

In elementary OS 8 sind die Portals jetzt integriert und lassen sich in den Systeminstellungen verwalten, wo man für jede App separat einzelne Rechte erteilen oder entziehen kann.

Das war einer der Gründe, dass in AppCenter nun standardmäßig auch Flathub integriert ist. So kann man in AppCenter neben den gut 120 Apps aus dem elementary-Repository auch mehrere tausend Apps aus Flathub installieren. Diverse Plaketten (Badges) zeigen an, ob eine App extra für elementary OS entwickelt wurde, ob sie möglicherweise veraltet ist oder schon die sicheren Portal-Schnittstellen verwendet. Ist eine App sowohl im AppCenter-Repository als auch in Flathub erhältlich, kann man über eine Dropdown-Liste die gewünschte Quelle wählen.

Eine App, die man aus Flathub gleich installieren sollte, ist ein brauchbarer Browser wie Firefox oder Chromium. Der vorinstallierte Browser „Web“ (auch Gnome Web, Epiphany) hinkt trotz aller Fortschritte der vergangenen Jahre den anderen Browsern hinterher.

Wir haben mehrere Apps ausprobiert. Starteten wir etwa eine Bildschirmaufzeichnung, fragte das Betriebssystem, welche Fenster oder Bildschirme wir mit dem Programm teilen wollen. Andere Rechte, wie der Zugriff auf Hardware, werden bereits bei der Installation eingeräumt. Welche Rechte eine App anfordert,



Sogenannte Badges zeigen im AppCenter an, ob eine App für elementary OS entwickelt wurde und was einen sonst noch erwartet.

zeigt AppCenter unverständlicherweise leider nicht an.

AppCenter kümmert sich nun nur noch um Updates für Apps. Betriebssystem-Updates finden sich jetzt in den Systemeinstellungen, neben Firmware-Updates und der Verwaltung proprietärer Treiber. Letztere wurde überarbeitet, um beispielsweise die Auswahl unterschiedlicher Varianten des Nvidia-Treibers zu vereinfachen. Übrigens wurden beide, AppCenter und Systemeinstellungen, ebenfalls auf GTK 4 aktualisiert.

### Fazit

elementary OS 8 ist ein minimalistisches, aber dennoch modernes Linux-System, das optisch etwas hermacht. Der Ubuntu-Unterbau gewährt Stabilität und der starke Fokus auf Benutzerfreundlichkeit führt zu abgewägten Entscheidungen bei der Gestaltung der Bedienoberfläche, wie etwa technische Begriffe wie Wayland Nutzern verständlich zu machen.

Das ISO-Image für die Installation findet man auf der Webseite des Projektes (siehe [ct.de/ycnm](http://ct.de/ycnm)). Ob man für den Download einen Obolus bezahlt und wenn ja, in welcher Höhe, entscheidet man wie bei den Apps selbst. (ktn@ct.de) **ct**

### Download-Link und Release Notes:

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

## Elementary OS 8

Linux-Distribution	
Hersteller, URL	elementary Inc., <a href="http://elementary.io">elementary.io</a>
Systemanf.	min. Intel-i3-CPU, 4 GByte RAM, 32 GByte Speicherplatz
Supportzeitraum	bis zum nächsten Major-Release (circa zwei Jahre)
Preis	freiwilliger Betrag (Open Source)

# Für Wissenshungrige...

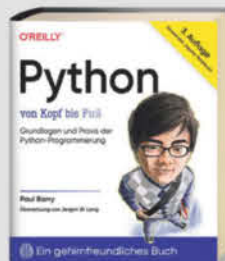
## Ausgewählte Fachliteratur



Mareile Heiting  
**Windows 11 – Das große Handbuch (5. Auflage)**

Das umfassende Handbuch zu Windows 11 bietet Einsteigern und fortgeschrittenen Nutzern alles, um das Betriebssystem sicher und effektiv zu handhaben.

19,90 €



Paul Barry  
**Python von Kopf bis Fuß (3. Auflage)**

Die aktualisierte Auflage bietet unterhaltende, fundierte Einführung in Python, behandelt Grundlagen, Datenstrukturen, Web-Technologien, Datenanalyse mit Pandas, für leicht fortgeschrittene Einsteiger.

Auch als PDF und ePub erhältlich!

49,90 €

NEU

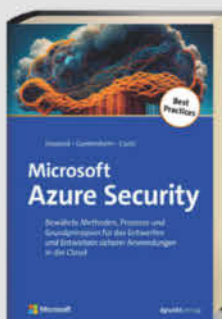


Charles Petzold  
**Code – Wie Computer funktionieren**

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

Auch als PDF und ePub erhältlich!

39,99 €



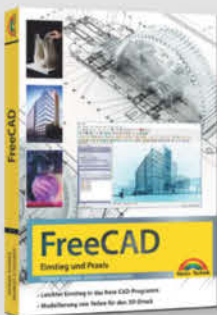
Heinrich Gantenbein, Michael Howard, Simone Curzi

**Microsoft Azure Security**

Bietet bewährte Methoden und Grundprinzipien für sichere Cloud-Anwendungen in Microsoft Azure, einschließlich Entwurf, Entwicklung, Einsatz und Langzeitstrategien gegen Sicherheits Herausforderungen, von Experten erläutert.

Auch als PDF und ePub erhältlich!

59,90 €



Werner Sommer, Andreas Schlenker  
**FreeCAD – Einstieg und Praxis**

Dieses praxisorientierte FreeCAD-Buch ist ein Tutorial und Nachschlagewerk für 2D/3DModellierung und technische Zeichnungen, deckt 3D-Druck, Gebäudedesign, CNC, FEM ab, inklusive Übungen.

19,95 €

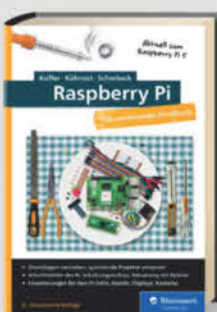


Eric Amberg, Daniel Schmid  
**Hacking – Der umfassende Praxis-Guide (3. Aufl.)**

Aktualisierte 3. Auflage des Guides mit CEHv12 Prüfungsvorbereitung, bietet Workshops, Anleitungen und Tipps zu Hacking-Techniken und Gegenmaßnahmen in sechs Bereichen, ideal als Lehr- und Nachschlagewerk.

49,99 €

BEST-SELLER



Michael Kofler, Charly Kühnast, Christoph Scherbeck  
**Raspberry Pi (8. Auflage)**

Standardwerk in 8. Auflage, aktuell zum Raspberry Pi 5. RasPi-Experten Michael Kofler, Charly Kühnast und Christoph Scherbeck bieten auf über 1.000 Seiten umfassendes Wissen zum Raspberry Pi.

44,90 €



Sophia Sanner, Pit Noack  
**Künstliche Intelligenz verstehen (2. Aufl.)**

Interaktive, spielerische Einführung in KI-Technologien, Schwerpunkt auf Experimentieren, mit handgezeichneten Infografiken, Online-Projekten, deckt von Grundlagen bis Neuronale Netze und Transformers ab, ideal zum Lernen.

29,90 €

NEU



shop.heise.de/highlights2024

PORTOFREI AB 20 € BESTELLWERT INNERHALB DEUTSCHLANDS

© Copyright by Heise Medien.





## Zubehör und Gadgets



### Oxocard Artwork Creative Coding

Lernen Sie die Grundlagen der Computeranimation mit dem ESP32-Chip. Erzeuge beeindruckende visuelle Effekte wie in Spielen und Filmen dank leistungsfähiger Hardware.

Ideal für Einsteiger!

~~69,90 €~~

39,90 €



### Oxocard Science Plus GOLD Edition

Hochwertige Computerplatine mit 8 Sensoren, 16 Werten, Experimentierplatine und offener Programmierschnittstelle zur Beobachtung und Änderung der Programme.

Im praktischen Kreditkartenformat!

119,90 €



### c't 3003-Hipbag/Bauchtasche

Total praktisches c't 3003-Merch. Dieses ultimative Fashion-Statement fällt garantiert überall auf und es passt jede Menge rein. Mit Innentasche und verstellbarem Hüftgurt.

Sieht garantiert ghyle aus!

14,90 €



### Cyber Clean Professional Reinigungsmasse

High-Tech-Masse entfernt 99,99% der Keime, reinigt strukturierte Oberflächen und Zwischenräume, ohne Feuchtigkeit abzugeben. Ideal für empfindliche Oberflächen und elektronische Geräte.

Für Hygiene und Wohlbefinden!

16,90 €



### Nitrokey Passkey

Schützen Sie Ihre Accounts zuverlässig gegen Phishing und Passwort-Diebstahl mit sicherem, passwortlosem Login und Zweifaktor-Authentifizierung (2FA) durch WebAuthn/FIDO2. Praktisches USB-A Mini Format für den Schlüsselbund.

Qualität made in Germany!

34,90 €



### Nitrokey-Secure-Bundle C/C

Der Nitrokey 3A NFC ist ein starker Security Token für mobile Geräte. Der USB-C Daten Blocker schützt vor unerwünschter Datenübertragung. Inklusive c't-Security-Checklisten als PDF.

Schutz gegen Massenüberwachung und Hacker!

64,90 €

AUCH ALS  
USB-A/C-  
VERSION



### c't Jumbotasse „Kein Backup? Kein Mitleid!“

Unsere Tasse erinnert Ihre Kollegen an regelmäßige Updates. Jetzt mit 450 ml für mehr Kaffeegenuss.

Nie wieder Stress ungesicherter Daten: Kein Backup? Kein Mitleid!

Natürlich spülmaschinengeeignet!

17,90 €



### Messbecher „Wissenschaft“

Schluss mit Langeweile in der Küche! Auf diesem Messbecher stehen 14 nerdige Fun Facts. Fragen wie „Wie viel Platz nehmen 30.000 Reiskörner ein?“ werden beantwortet.

Aus hitzebeständigem Borosilikatglas!

19,90 €



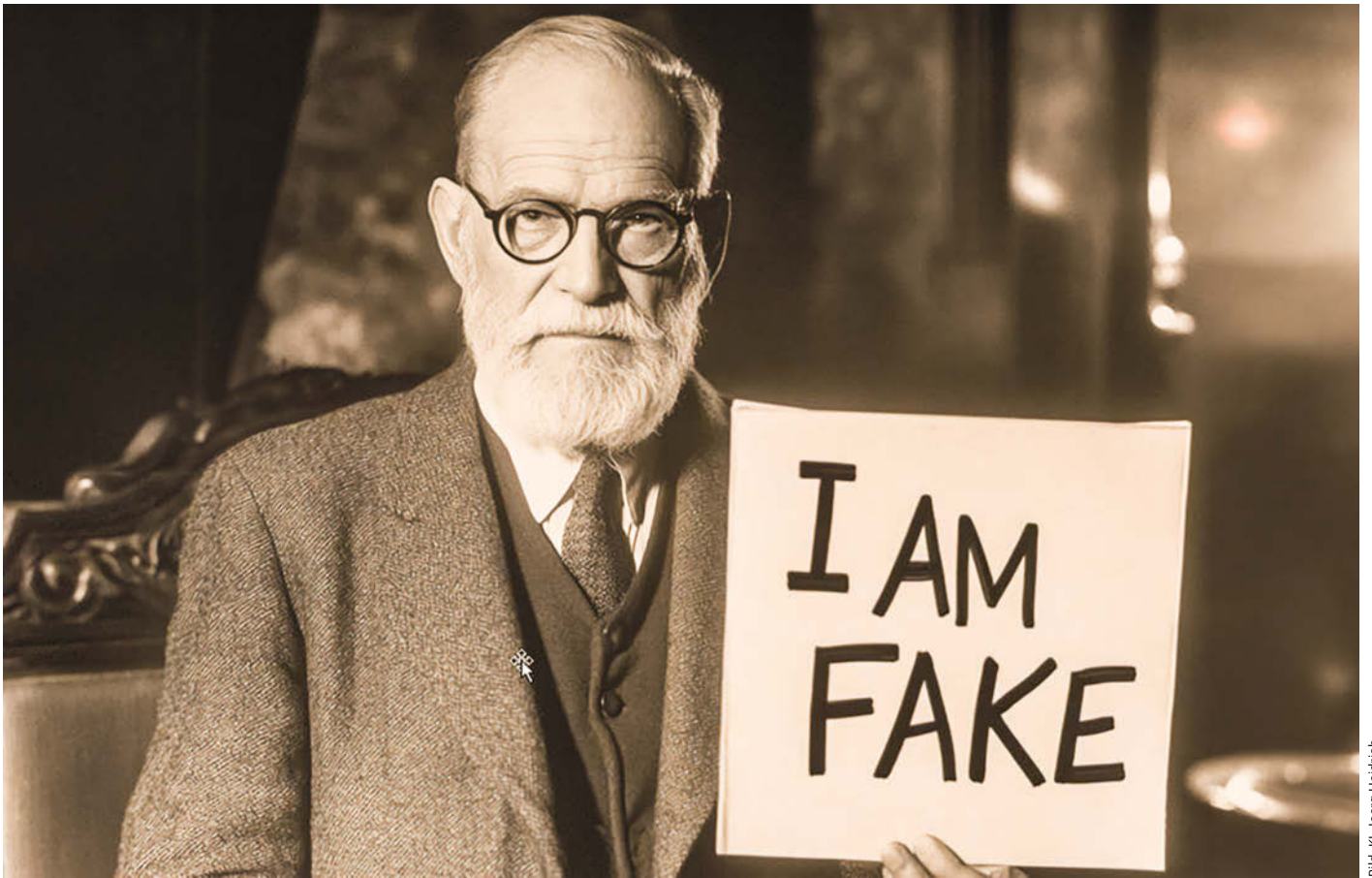


Bild: KI, Joerg Heidrich

# Vorsicht, künstlich!

## Kennzeichnungspflichten bei KI-erzeugten Bildern

**Viele durch künstliche Intelligenz erzeugte Bilder und Videos kann ein durchschnittlich bewandelter Betrachter nicht mehr von realen Aufnahmen unterscheiden. Die leistungsfähigen KI-Tools laden zu allerlei Medienmissbrauch ein. Wie können Gesellschaft und Recht dem begegnen?**

Von Joerg Heidrich

**D**as Missbrauchspotenzial KI-erzeugter Medien beginnt erst langsam ins allgemeine Bewusstsein vorzudringen. Phänomene wie Deepfake-Videsequenzen, elektronisch nachgeahmte Stimmen und nicht zuletzt von KI-Tools ausgespuckte scheinbar authentische Fotos bilden einen

fruchtbaren Nährboden für Kriminalität verschiedener Art. Bequeme anonyme Internetverbreitungswege wie Social-Media-Plattformen begünstigen das.

### Gesellschaftliche Auswirkungen

Auf die rasante Entwicklung der audiovisuellen KI-Technik und auf deren Auswirkungen ist die Gesellschaft in Deutschland derzeit schlecht vorbereitet. Bildungseinrichtungen haben kaum Konzepte, um digitale Medienkompetenz im Zusammenhang mit KI-erzeugten Inhalten zu vermitteln. Gleichzeitig mangelt es an technischen Methoden, KI-Material zuverlässig zu erkennen. Die wenigen Detektionswerkzeuge, die es gibt, arbeiten alles andere als verlässlich. Zudem veralten sie schnell, weil die KI-Technik so schnell voranschreitet.

Desinformationskampagnen und manipulierte Bilder beeinflussen bereits jetzt demokratische Prozesse und die öffentliche Meinungsbildung massiv. KI-erzeugte

Inhalte spielen etwa in Wahlkämpfen bereits vielfach eine wichtige Rolle, besonders auf Social-Media-Plattformen wie TikTok oder X. Sie können satirischen Charakter haben, aber viele Betrachter nehmen nicht als solche gekennzeichnete Satiremotive schnell für bare Münze.

Untergeschobene Zitate, per Sprach-KI erzeugt, können ebenso verhängnisvolle Kreise ziehen wie gefälschte Bilder, die vermeintlich einen Gegner in einer kompromittierenden Situation zeigen. Auf Social-Media-Plattformen erkennen Nutzer oft selbst primitivste Fälschungen nicht als solche, sondern kommentieren sie mit der für echtes Material üblichen Entrüstung. So mag in den USA mancher tatsächlich einem von Elon Musk in die Welt gesetzten Spottbild geglaubt haben, auf dem Kamala Harris in roter Sowjetuniform eine Rede zu halten schien.

Strafbar sind bereits heute sogenannte Face Swaps für Pornografie, also der Missbrauch aus Fotos oder Videos extra-

hierter Realabbildungen von Gesichtern zur Herstellung von Pornomaterial ohne Zustimmung der Abgebildeten.

## Irreführende KI-Produkte in den Medien

Eine wichtige Frage ist, wie Medien mit künstlich generierten Bildern und Texten umgehen. Werden die KI-Produkte für Leser und Betrachter nicht klar als solche gekennzeichnet, droht ein massiver Glaubwürdigkeitsverlust. Das erlebte jüngst die Schweizer Gratiszeitung „20 Minuten“. Sie hatte als Eigenlob zum 25-jährigen Bestehen des Blatts kurzerhand zwei Testimonials angeblich langjähriger Leser erfunden und die dazugehörigen Bilder durch KI erzeugen lassen. In der Folge verloren zwei Mitarbeiter ihre Jobs und die Zeitschrift einiges an Reputation.

Besonders gefährlich für die Glaubwürdigkeit der Presse wird es dort, wo sie KI-erzeugte Bilder verwendet, um echte Ereignisse zu illustrieren. Von den Bildern, die etwa das Stockfoto-Angebot von Adobe auf die Stichworteingabe „Gaza war“ hin anzeigt, sind mehr als fünfzig Prozent KI-erzeugt. Darunter finden sich auch herzerreißende lebensechte Darstellungen weinender Kinder in brennenden Ruinen. Sogar derartige Abbildungen finden bereits ihren Weg auf internationale Nachrichtenseiten, wenn auch bislang nicht in Deutschland.

## Kennzeichnungspflichten

Doch wie sollen Gesellschaft und Recht auf diese Herausforderungen reagieren, ohne auf der anderen Seite die neue Technik einer Überregulierung auszusetzen? Die Antwort des europäischen Gesetzgebers ist die am 1. August 2024 in Kraft getretene KI-Verordnung (AI Act, siehe ct.de/y9t3). Ihr zufolge sind ab August 2025 KI-generierte Bilder in der EU verbindlich zu kennzeichnen. Was für die einen ein längst überfälliger Schritt in Richtung digitaler Transparenz ist, sehen andere als unnötige technische Hürde und Bürokratie an.

Diese Kennzeichnungspflicht spaltet die KI-Welt. Während Tech-Giganten wie Adobe bereits eigene Kennzeichnungssysteme implementieren, warnen Kritiker vor technischen Schwierigkeiten und möglichen Wettbewerbsnachteilen. Die Debatte reicht von grundsätzlichen Fragen der digitalen Ethik über die Kunstfreiheit bis hin zu praktischen Herausforderungen der Implementierung. Ein wichtiger Kritikpunkt besagt etwa, dass sich diejenigen,

die beispielsweise zu politischen Zwecken vorsätzlich manipulative Inhalte verwenden, eher nicht an die in der Verordnung niedergelegten Pflichten halten werden. In der Praxis könnte gerade das dazu führen, dass die Glaubwürdigkeit solcher Fake-Inhalte in der öffentlichen Wahrnehmung steigt, da viele sie mangels Kennzeichnung für echt halten werden.

## Unklare Rechtslage

Die Kennzeichnungspflichten für KI-generierte Inhalte nach Art. 50 und Erwägungsgrund 132 der KI-Verordnung setzen ein umfassendes Regelungsregime für alle synthetischen Medieninhalte ein, also für Text, Audio-Content, Bilder und Videos. Im Kern verpflichtet die neue Regelung Anbieter dazu, ihre durch KI erzeugten Inhalte in einem „maschinenlesbaren Format“ zu kennzeichnen. Was man darunter verstehen soll, ist reichlich unklar. Die Vorschrift legt fest, dass die Kennzeichnung „technisch robust, zuverlässig und interoperabel“ sein muss, um zu gewährleisten, dass künstliche Herkunft oder Manipulation effektiv erkennbar sind.

Der Ordnungsgeber sieht verschiedene technische Möglichkeiten zur Umsetzung der Kennzeichnungspflicht vor. Hierzu gehören insbesondere digitale Wasserzeichen, spezifische Metadaten-Kennzeichnungen, kryptografische Verfahren sowie Protokollierungsmethoden. Die konkrete technische Ausgestaltung soll das durch Beschluss der EU-Kommission bereits neu geschaffene „Büro für künstliche Intelligenz“ (AI Office, Erwägungsgrund 148 der Verordnung) in Form verbindlicher Standards konkretisieren. Diese fehlen jedoch bislang noch.



Bild: X-Screenshot

**Elon Musk hat auf seiner Plattform X spöttisch ein Fake-Foto von Kamala Harris in Sowjetuniform veröffentlicht.**

## ct kompakt

- KI-Tools liefern täuschend echt wirkendes Bild-, Audio- und Videomaterial, das ein hohes Missbrauchspotenzial aufweist.
- Die europäische KI-Verordnung verlangt ab August 2025 eine Kennzeichnung KI-erzeugter Bilder.
- Ein deutscher Gesetzentwurf des Bundesrats bedroht die Verbreitung und Veröffentlichung von Deepfakes mit harten Strafen, gilt aber angesichts der anstehenden Neuwahl des Bundestags zunächst als gescheitert.

## Regulierung von Deepfakes

Besonders strenge Anforderungen gelten für sogenannte Deepfakes. Schon deren Definition weicht vom sonst üblichen Sprachgebrauch ab. Der Ordnungsgeber versteht darunter nämlich „einen durch KI erzeugten oder manipulierten Bild-, Ton- oder Videoinhalt, der wirklichen Personen, Gegenständen, Orten, Einrichtungen oder Ereignissen ähnelt und einer Person fälschlicherweise als echt oder wahrheitsgemäß erscheinen würde“. Betreiber, so nennt der AI Act merkwürdigerweise die Benutzer eines KI-Systems, müssen dabei offenlegen, dass diese Inhalte künstlich erzeugt oder manipuliert sind.

Von diesen unklar formulierten Pflichten gibt es dann wieder einige Ausnahmen: So entfällt die Offenlegungspflicht, wenn es um KI-Systeme zur Aufdeckung, Verhütung und Verfolgung von Straftaten geht. Ist das KI-Bild oder -Video Teil eines „offensichtlich künstlerischen, kreativen, satirischen, fiktionalen oder analogen Werks“, so beschränken sich die Transparenzpflichten darauf, „das Vorhandensein solcher erzeugten oder manipulierten Inhalte in geeigneter Weise offenzulegen, die die Darstellung oder den Genuss des Werks nicht beeinträchtigt“.

## „Büro für Künstliche Intelligenz“

Offenbar ist es auch dem Ordnungsgeber selbst aufgefallen, dass etliche Regelungen des AI Act unübersichtlich und widersprüchlich sind. Das „Büro für Künstliche Intelligenz“ soll mit Praxisleitfäden auf Unionsebene für mehr Klarheit sorgen. Ein solcher Leitfaden soll auch für die Umsetzung der Pflichten entstehen, die Fest-





Bild: KI, Joerg Heidrich

**Falls der auf Initiative Bayerns eingebrachte Gesetzentwurf für ein deutsches Deepfake-Gesetz noch zum Zuge kommt, wäre auch die Veröffentlichung eines solchen von Midjourney erzeugten Bildes strafbar, das Papst Franziskus zum Skateboardfahrer macht.**

stellung und Kennzeichnung künstlich erzeugter oder manipulierter Inhalte betreffen. Er soll die Rechtsanwendung der einschlägigen Bestimmungen erleichtern.

Und Rechtssicherheit ist nötig, denn ähnlich der europäischen Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) sieht auch die KI-Verordnung teure Konsequenzen für Verstöße vor. Für die Nichteinhaltung der Kennzeichnungspflichten drohen Geldbußen bis zu 15 Millionen Euro oder drei Prozent des weltweiten Jahresumsatzes, bezogen auf das pflichtwidrig handelnde Unternehmen. Bei besonders schwerwiegenden Verstößen kommt sogar ein Verbot des betreffenden KI-Systems in Betracht.

### Alles strafbar?

Die bayerische Landesregierung sieht in der missbräuchlichen Nutzung audiovisueller KI-Inhalte offenkundig eine weitaus größere Bedrohung für das Gemeinwesen als der europäische Gesetzgeber dies tut. Sie hat Anfang 2024 den Entwurf eines „Gesetzes zum strafrechtlichen Schutz von Persönlichkeitsrechten vor Deepfakes“ in den Bundesrat eingebracht, der ihn Anfang Juli 2024 in seiner letzten Sitzung vor der Sommerpause weitgehend unbemerkt von der Öffentlichkeit beschlossen hat (Bundestagsdrucksache 20/12605, siehe [ct.de/y9t3](https://www.ct.de/y9t3)).

Im Kern des Gesetzentwurfs steht die Einführung eines neuen § 201b als Ergänzung des § 201a des Strafgesetzbuchs (StGB). Er ist darauf zugeschnitten, Eingriffe in den höchstpersönlichen Lebensbereich durch Deepfakes zu erfassen. Danach soll es strafbar sein, Persönlichkeitsrechte eines Menschen dadurch zu verletzen, dass man einen „mit computertechnischen Mitteln hergestellten oder veränderten Medieninhalt, der den An-

schein einer wirklichkeitstreuem Bild- oder Tonaufnahme des äußeren Erscheinungsbildes, des Verhaltens oder mündlicher Äußerungen dieser Person erweckt“, verbreitet oder zugänglich macht. Das Verbot umfasst auch Fake-Darstellungen und -Äußerungen verstorbener Personen.

Die im Entwurf vorgesehenen Strafen sind bemerkenswert. Bereits für die Weitergabe solcher Inhalte soll eine Freiheitsstrafe bis zu zwei Jahren drohen. Wer ein Werk dieser Art für die Öffentlichkeit zugänglich macht, etwa mit einem Social-Media-Posting, würde gar eine Freiheitsstrafe bis zu fünf Jahren riskieren. Vergleichbare Strafandrohungen finden sich im Strafgesetzbuch (StGB) ansonsten für fahrlässige Tötung oder Menschenhandel.

Von der rigorosen Strafandrohung sind solche Handlungen ausgenommen, die „in Wahrnehmung überwiegender berechtigter Interessen“ erfolgen. Darunter sollen Tätigkeiten aus dem Bereich „der Kunst oder der Wissenschaft, der Forschung oder der Lehre“, sowie „der Berichterstattung über Vorgänge des Zeitgeschehens oder der Geschichte“ fallen.

Im August 2024 begründete der Bundesrat noch einmal die Notwendigkeit eines solchen nationalen Gesetzes insbesondere damit, dass Manipulationen durch Deepfakes dazu beitragen können, das Vertrauen in Medien und in die Demokratie zu untergraben. Der vorhandene § 201a StGB, der die „Verletzung des höchstpersönlichen Lebensbereichs und von Persönlichkeitsrechten durch Bildaufnahmen“ unter Strafe stellt, beziehe sich nur auf reale Aufnahmen und nicht auf KI-erzeugtes Bildmaterial. Auch der Beleidigungsparagraf 185 StGB könne Deepfakes nicht erfassen, weil es nicht um den Inhalt einer Aussage gehe. § 33 des Kunsturhebergesetzes (Kunst-

UrhG), bei dem es um das Recht am eigenen Bild geht, würde ebenso wie das Datenschutzrecht zwar eine Strafe dafür vorsehen, manipulierte Bilder unbefugt zu verbreiten oder zur Schau zu stellen. Den speziellen Unrechtsaspekt von Deepfakes, insbesondere die Manipulation von Informationen, erfasse das jedoch nicht vollständig. In Bezug auf KI-erzeugte Stimmen genüge zudem § 201 StGB nicht, bei dem es um eine Verletzung der Vertraulichkeit des Wortes geht. Unter den dortigen Tatbestand fielen Fake-Stimmen schon deshalb nicht, weil man es nicht mit tatsächlichen Äußerungen einer Person zu tun habe.

Ebenfalls im August hat bereits die Bundesregierung zum Gesetzentwurf Stellung genommen (Anhang 2 der Drucksache 20/12605). Sie findet, die bestehenden Paragraphen des StGB und anderer Gesetze eigneten sich durchaus, um alle „strafwürdigen Konstellationen“ auch des Deepfake-Einsatzes abzudecken. Der vorgeschlagene § 201b StGB könnte der Regierung zufolge mit dem Bestimmtheitsgebot aus Art. 103 Abs. 3 des Grundgesetzes (GG) kollidieren, weil die Formulierung „Wer das Persönlichkeitsrecht einer anderen Person verletzt ...“ im Hinblick auf das Rechtsgut des allgemeinen Persönlichkeitsrechts allzu weit greife.

Seit 21.8.2024 liegt der Entwurf nun dem Bundestag vor, ohne dass der zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses bereits darüber beraten hat. Es ist unwahrscheinlich, dass dies in den verbliebenen zwei Sitzungswochen noch geschieht. Das Diskontinuitätsprinzip, das sich für Bundestagsentscheidungen in § 125 der Geschäftsordnung des Deutschen Bundestages (GO-BT) ausdrückt, lässt nicht zu, dass das neu gewählte Parlament an einem bereits eingebrachten Gesetzesvorhaben weiterarbeiten wird. Insofern ist das Deepfake-Gesetz für diesmal wohl gescheitert. Allerdings bleibt es dem Bundesrat unbenommen, es nach der Konstituierung des neuen Bundestags erneut einzubringen, als sogenannte Reprise.

Kritiker des Gesetzentwurfs befürchten, dass die Nutzung von audiovisueller KI dadurch zu einem kaum kalkulierbaren Risiko wird. Jedes mit künstlicher Intelligenz erzeugte Bild einer lebenden oder verstorbenen Person geriete in den Bereich potenzieller Strafbarkeit. Das würde auch für Satire und Parodien mittels KI-Material gelten. (psz@ct.de) **ct**

**Europäische KI-Verordnung, Gesetzentwurf gegen Deepfakes: [ct.de/y9t3](https://www.ct.de/y9t3)**



# Sich selbst hacken, bevor es Angreifer tun

Ethical Hacking für Admins – Pentesting für eine sichere IT

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



Mit Frank Ullly

**5 Tage  
geballtes  
Wissen**

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





# Sie fragen – wir antworten!

## M.2-SSD trotz Host Memory Buffer zuverlässig?

**?** Anscheinend puffern die meisten aktuellen M.2-SSDs Daten im PC-Hauptspeicher. Droht ein Datenverlust, wenn plötzlich der Strom ausfällt?

**!** Uns liegen keine Hinweise darauf vor, dass die HMB-Funktion (Host Memory Buffer) Datenverluste verursacht. Zwar nutzt die Funktion den schnellen DRAM-Arbeitsspeicher des Computers (Host) als Zwischenspeicher. Und DRAM als „flüchtiger“ Speicher verliert Daten, sobald er nicht mehr mit Strom versorgt wird. Aber SSDs puffern im HMB nur Daten, die sie zusätzlich auch sicher in ihren nichtflüchtigen Flash-Speicherchips verwahren.

Die HMB-Funktion kam in Version 1.2 der Spezifikation für Non-Volatile Memory Express (NVMe 1.2) und ist unter Linux sowie Windows 10 und 11 nutzbar. Der SSD-Controller beziehungsweise dessen Firmware kann damit vom Host eine bestimmte Menge DRAM reservieren und exklusiv nutzen. Allerdings sieht das HMB-Protokoll auch vor, dass der Host den Arbeitsspeicher zurückfordert, wenn es sonst knapp wird. Bis zum Erscheinen von Windows 11 24H2 reservierten die meisten SSDs mit HMB-Funktion höchstens 64 MByte dafür. Das ist eine winzige Menge im Vergleich zur typischen RAM-Kapazität von Notebooks und PCs von 4 bis 32 GByte und vor allem zur SSD-Kapazität von 0,5 bis 8 TByte.

Der HMB könnte theoretisch auch Daten puffern, bevor die SSD sie ins Flash schreibt. Das brächte aber keinen relevanten Vorteil, weil moderne SSDs ohnehin einen großen und schnellen Schreibcache haben. Dazu betreiben sie einen Teil ihrer Flash-Zellen im schnelleren Single-Level-Cell-(SLC-)Modus, man spricht auch von einem (Pseudo-)SLC-Cache. Er kann über 100 GByte fassen. In Ruhephasen schreibt der SSD-Controller die Daten aus dem Cache in die eigentlich vorgesehenen Ad-

ressbereiche und optimiert dabei auch die Belegung der Flash-Speicherblöcke.

Vom HMB profitieren nur SSDs, die keinen eigenen DRAM-Chip haben – das sind die meisten aktuellen M.2-SSDs für PCs und Notebooks. Sie kopieren in den HMB ihre Zuordnungstabelle, die die logischen und physischen Adressen der Flash-Speicherblöcke verzeichnet (Logical to Physical, L2P). Das beschleunigt vor allem das Lesen von zufällig verteilten Adressen, steigert also die Anzahl der I/O Operations per Second (IOPS). Der SSD-Controller benötigt vor jedem Lesezugriff Informationen aus der L2P-Tabelle und muss die aus dem langsameren NAND-Flash-Speicher lesen, wenn sie nicht im schnellen DRAM steht, eben im HMB. *(ciw@ct.de)*

## Hochleistungs-Hardware

**?** Für Videoschnitt in 4K-Auflösung, Bildbearbeitung mit Photoshop und Musikbearbeitung benötige ich neue, leistungsfähige Hardware. Als Mainboard möchte ich das Asus Prime X670E-PRO WIFI mit 64 GByte Corsair Vengeance DDR5-6000 einsetzen. Wäre es beim Prozessor sinnvoll, gleich in die Vollen zu gehen und zum Ryzen 9 9950X zu greifen? Oder wäre ein Ryzen der 7er-Serie der bessere Kandidat?

**!** Zum einen sollten Sie mal einen Blick auf die neuen X870(E)-Boards werfen, die wir in c't 27/2024, S. 90 getestet haben. Die bringen USB4 und Wi-Fi 7 mit. Ansonsten hängt es von der Anwendung ab. Adobe Premiere und Davinci Resolve nutzen für viele Operationen die GPU der Grafikkarte, idealerweise nehmen Sie da eine GeForce der RTX-Serie wegen CUDA. Ein Achtkerner plus Grafikkarte wäre für diese Anwendungen sinnvoller als ein 16-Kerner. Bei Photoshop bringen so viele Kerne sowieso keinen spürbaren Vorteil. Schauen Sie bei den anderen Anwendungen, die Sie einsetzen, am besten einmal nach, welche Hardware die Hersteller empfehlen.

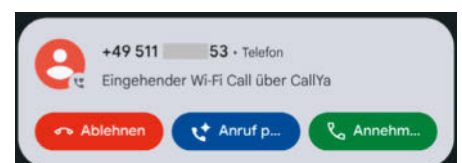
Beim RAM raten wir von Übertaktermodulen ab und empfehlen JEDEC-konformen DDR5-5600 (also ohne Blechdeckel und ohne XMP oder EXPO). Die laufen nämlich direkt nach dem Einsetzen mit den Vorgabewerten. Bei übertaktetem RAM hingegen müssen Sie im BIOS die Profile von Hand einstellen. Problematisch an Übertaktermodulen ist, dass sie nur mit erhöhter Spannung laufen, was in der Vergangenheit bereits zu Defekten an CPUs geführt hat. *(chh@ct.de)*

## WLAN-Calling für CallYa

**?** Ich nutze schon länger das Prepaid-Angebot von CallYa. Angeblich sollen nun standardmäßig Telefonate per WLAN-Calling damit möglich sein, mein Smartphone nutzt aber stets nur das Mobilfunknetz. Wo kann ich das aktivieren?

**!** Wenn Sie WLAN-Calling, auch WiFi-Calling genannt, in den Einstellungen Ihres Smartphones aktiviert haben, sollten Telefonate, die übers WLAN laufen, als solche angezeigt werden. In den Einstellungen von Android 13 finden Sie den Punkt unter „Netzwerk & Internet/SIM-Karten/<Karte>/WiFi Calling“, in Version 15 heißt er „WLAN-Telefonie“. Unter iOS lässt sich die Option über „Einstellungen/Telefon/WLAN-Anrufe“ aufrufen.

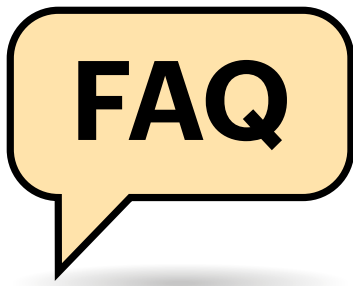
Automatisch freigeschaltet wird die Funktion nur bei Neuverträgen. Bestandskunden müssen die Hotline unter der Nummer 0172/229 02 29 anrufen und darum bitten, dass WLAN-Calling für ihren Vertrag freigeschaltet wird. Anruf



**Bei Android sieht man auf den ersten Blick, wenn ein Anruf via WLAN eingeht.**







# Bezahlen an der Ladenkasse

**Zu unserem Schwerpunkt Bezahlen an der Ladenkasse in c't 22/2024 erreichten uns eine Reihe von Nachfragen und Anmerkungen. Vor allem die mobilen Bezahlverfahren standen im Fokus. Wir haben die wichtigsten Antworten zu den Themen Sicherheit, Nutzungsvoraussetzungen und Zahlungen im Ausland zusammengetragen.**

Von Markus Montz

## Sicherheit

**?** Als wir bei der Polizei waren, um einen Kartendiebstahl anzuzeigen, hat uns der Beamte zusätzlich zur Sperre der Girocard selbst „KUNO“ empfohlen. Damit wird auch das Lastschriftverfahren blockiert. Davon habe ich bei Ihnen bisher nichts gelesen.

**!** Da haben Sie recht, KUNO ist weitaus weniger bekannt als der Sperr-Notruf 116 116 und auch uns bisher entgangen. KUNO steht für „Kriminalitätsbekämpfung im unbaren Zahlungsverkehr unter Nutzung nichtpolizeilicher Organisationsstrukturen“. Es handelt sich um ein Verfahren, das Polizei und Einzelhandel anbieten, unabhängig von den Kreditinstituten.

Wenn Sie Ihre gestohlene Girocard über Ihre Bank oder den zentralen Sperr-Notruf 116 116 melden, blockieren Sie diese nur für Zahlungen im Girocard-System. Lastschriften sind weiterhin möglich. Der Grund liegt darin, dass es sich um technisch unterschiedliche, nicht mitein-

ander verknüpfte Zahlverfahren handelt. Wenn Sie an der Kasse mit Ihrer Karte kontaktlos oder mit PIN-Eingabe zahlen und keine Unterschrift leisten müssen, handelt es sich um das Girocard-Verfahren. Ihre Daten werden dann sofort mit dem Bankserver abgeglichen. Beim Lastschriftverfahren, für das Sie eine Unterschrift leisten müssen, holt sich das Kassenterminal hingegen nur lokal Ihre IBAN, die unverschlüsselt auf der Karte liegt.

Um die Karte auch für Lastschriften zu sperren, müssen Sie deren Diebstahl bei einer Polizeidienststelle anzeigen. Dafür benötigen Sie die IBAN respektive Kontonummer und Bankleitzahl. Nehmen Sie außerdem einen Kontoauszug mit, der eine Lastschrift enthält, um die sogenannte Kartenfolgenummer parat zu haben. Alternativ können Sie diese bei Ihrem Institut erfragen.

Bitten Sie den Beamten während der Anzeigeannahme darum, Ihre Karte auch für Lastschriften zu sperren. KUNO funktioniert nur direkt bei der Polizei; online oder telefonisch ist die Sperre nicht möglich. Die Polizei gibt die Kontodaten an ein zentrales Meldesystem des Einzelhandels weiter, sodass daran angeschlossene Einzelhändler Lastschriftzahlungen mit Ihrer gestohlenen Karte fortan ablehnen. Achtung: Nicht alle Einzelhändler sind daran angeschossen und viele Onlinehändler fehlen ebenfalls, aber zumindest fast alle großen Ketten nehmen teil. Fragen Sie auf der Wache außerdem nach einer Sperrbestätigungsnummer und einem Merkblatt. Die Nummer gibt Ihnen die Polizei allerdings nicht in allen Bundesländern (Liste unter [ct.de/yt6u](https://ct.de/yt6u)). Mithilfe dieser Nummer können Sie die Kartenfolgenummer auch nachmelden oder die Sperre über das KUNO-Portal ([ct.de/yt6u](https://ct.de/yt6u)) auf-

heben, ansonsten müssen Sie dafür die Polizei selbst kontaktieren.

Eine Sperre gegen unbefugte Lastschriften eilt nicht ganz so sehr wie die Sperre der Girocard-Funktion. Während Sie Zahlungen mit der Girocard normalerweise nicht zurückholen können, lässt sich eine Lastschrift ohne gültiges Mandat 13 Monate lang zurückbuchen. Nutzt ein Dieb Ihre Karte, kann er Ihre Unterschrift nur fälschen. Damit ist das Mandat ungültig. Dieser Sicherheitsmechanismus erspart Ihnen jedoch nicht den Ärger, unbefugte Abbuchungen zu reklamieren.

**?** Sie raten immer wieder von gerooteten Smartphones und Sideloadung ab, wenn es um mobiles Bezahlen oder auch Onlinebanking geht. Warum? Ich kenne mich doch aus und will mit Google und Apple nichts zu tun haben.

**!** Nur ungerootete Smartphones bieten ein Schutzniveau, das für jeden Nutzer von Banking- und Bezahl-Apps hinreichend hoch ausfällt, unabhängig vom Erfahrungs- und Kenntnisstand. Ein gerootetes Gerät setzt immer voraus, dass Sie mit aktuellen Angriffsmethoden von Cyberkriminellen vertraut sind und wissen, wie diese die Schutzmechanismen der Betriebssysteme außer Kraft setzen. Da aber zum Beispiel nicht jeder die unheilvolle Kombination aus Phishing und Schadsoftware durchblickt, können wir solche Android-Roots und iPhone-Jailbreaks nicht guten Gewissens als Basis für finanzielle Transaktionen empfehlen.

Natürlich steht es Ihnen frei, nach eigenem Ermessen dennoch ein gerootetes Gerät zu nutzen. Sie müssen dann aber damit rechnen, dass Ihre Bezahl-App gar nicht erst läuft. Meistens prüfen diese



**Mit KUNO können Sie Ihre gestohlene Girocard bei der Polizei auch für Lastschriften sperren.**

Apps beim Start, ob das Smartphone gerootet ist und verweigern den Dienst, wenn dies zutrifft. Workarounds können bereits beim nächsten Update für die Katz sein. Das gravierendste Argument ist aber, dass Ihre Bank bei Schäden meist erfolgreich jegliche Haftung verweigert, wenn Sie das Gerät gerootet haben.

Eine ähnliche Regel trifft auch auf Downloads zu. Sollten Sie auf alternativen App Stores ohne kuratierten Katalog auf angebliche Apps von Finanzdienstleistern stoßen oder auch Apps anderer Natur auf Ihr Handy herunterladen, sollten Sie dieses auf keinen Fall mehr zum Bezahlen verwenden. Auch in solchen Fällen stellen sich Banken in Schadensersatzfragen meist erfolgreich quer. Die Kreditinstitute bieten ihre Apps generell nur auf Google Play und Apples App Store an. Zwar sind auch die nicht gänzlich frei von Angeboten wie etwa QR-Code-Readern, die Schadcode enthalten. Apple und Google sorgen aber insgesamt für hinreichenden Schutz.

## Voraussetzungen

**?** Kann ich dieselbe Plastikkarte auch auf mehreren Geräten parallel in deren Wallets nutzen?

**!** Grundsätzlich ist das möglich, allerdings hängt auch dies von der jeweiligen Bank ab. Die genaue Ausgestaltung kann nämlich jedes Institut ebenso selbst entscheiden wie die Frage, ob es überhaupt ein mobiles Bezahlfahrer unterstützt. Nach unserer Erfahrung erlauben Ihnen die meisten Banken und Sparkassen, bestimmte Karten auf unterschiedlichen Geräten gleichzeitig zu hinterlegen. So konnten wir beispielsweise die Girocard und Visa-Debitkarte der Sparkasse Hannover parallel sowohl in „Mobiles Bezahlen“ unter Android als auch in Apple Pay nutzen, ebenso Visa- und Mastercard-Karten der Hannoverschen Volksbank in VR Pay und Apple Pay.

Auch mit Google Pay und Apple Pay können Sie in der Regel dieselbe Karte auf mehreren Geräten hinterlegen, sogar systemübergreifend. Außerdem lässt sich eine Karte oft mit verschiedenen Nutzerkonten verwenden. So konnten wir eine Visa-Debitkarte der Comdirect auf zwei iPhones hinterlegen, die verschiedenen Personen gehörten. Das kann innerhalb der Familie durchaus nützlich sein. Allerdings birgt es immer die Gefahr, dass ein

Betrüger Sie durch geschickte Tricks dazu verleitet, eine Karte auf seinem Gerät freizuschalten (c't 20/2024, S. 112).

## Bezahlen im Ausland

**?** Mein Wallet funktioniert im Ausland nicht. Haben die Banken den Service dort gesperrt?

**!** Normalerweise sollte das Bezahlen mit dem Smartphone auch im Ausland überall dort funktionieren, wo ein Händler das jeweils zugrunde liegende Bezahlfahrer akzeptiert. Nimmt der Händler also Karten von Visa und Mastercard und ermöglicht kontaktlose Zahlungen per NFC, sollte eine Zahlung mit jedem Wallet funktionieren, in dem Sie diese Karten hinterlegt haben. Dabei ist es egal, ob Sie Apple Pay, Google Pay, Samsung Pay oder aber die Bezahl-App Ihrer Sparkasse oder Bank nutzen. Das bestätigte uns zum Beispiel die DZ Bank, die für die Genossenschaftsbanken die physischen und digitalen Karten bereitstellt. Funktionieren sollten auch PayPal sowie QR- oder Strichcode-Verfahren wie Bluecode, das Sie vor allem in Österreich antreffen können.

Leser melden uns allerdings immer mal wieder, dass sie Probleme mit Smartphone-Zahlungen per NFC haben. Einer konnte beispielsweise mit der Pay-App der Volksbanken und der hinterlegten Mastercard bei mehreren Händlern in Österreich nicht zahlen. Ebenso sind uns Fälle aus den USA bekannt, in denen Apple Pay nicht funktioniert hat – sogar in Apple-Geschäften. Dafür kann es sehr vielfältige Gründe geben. Manchmal schließen die Händler kontaktlose Zahlungen mit ausländischen Karten aus, manchmal hat der Zahlungsabwickler des Händlers gerade Probleme. Vielleicht verweigert die eigene Bank auch in Einzelfällen die Zahlung, da sie einen Betrugsversuch nicht ausschließen kann. Manchmal ist der Grund auch, dass die Girocard noch als Standard eingestellt ist. Auf der digitalisierten Girocard fehlt nämlich das Co-Badge von Maestro oder V Pay, das eine physische Karte auslandstauglich macht.

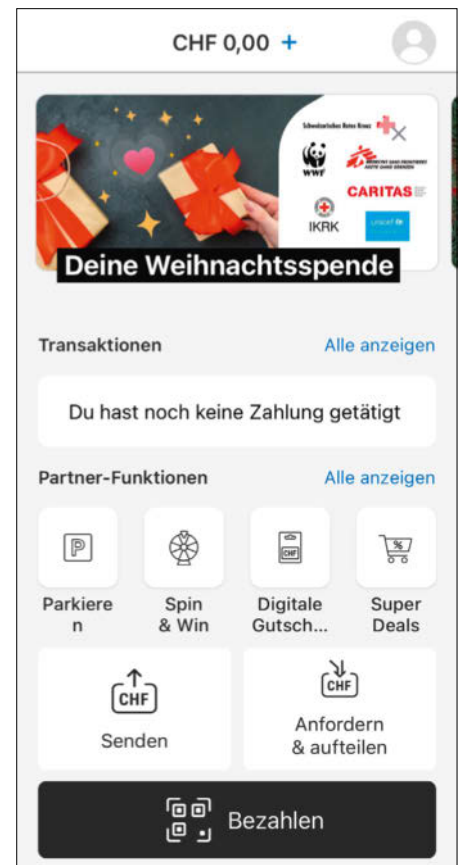
**?** Habe ich eine Chance, die Smartphone-Bezahlfahrer anderer europäischer Länder ebenfalls zu nutzen?

**!** Normalerweise nicht. In den meisten Ländern setzen die nationalen Smartphone-Bezahlfahrer ein Girokonto bei

einer dort ansässigen Bank voraus, beispielsweise beim spanischen Bizum. Anderswo benötigen Sie zusätzlich noch eine Bürger-Identifikationsnummer. So handhaben es beispielsweise die nordischen Länder mit Mobile Pay (Dänemark, Finnland), Swish (Schweden) und Vipps (Norwegen). Diese ID erhalten Sie normalerweise nur, wenn Sie in den jeweiligen Ländern Ihren dauerhaften Wohnsitz haben.

Eine Ausnahme bildet das Schweizer Twint, das eine Prepaid-App anbietet, die auch mit deutschen und österreichischen Telefonnummern funktioniert. Sie müssen sich in der App registrieren, mit einem Foto des Personalausweises identifizieren und dürfen das Prepaidkonto nur über ein Schweizer Bankkonto oder mit Gutscheinkarten aufladen. Diese erhalten Sie vor Ort in der Schweiz in Coop-Märkten, bei Interdiscount oder in eigenständigen Postfilialen. Das Monatslimit für das Senden und Empfangen beträgt 1500 CHF, das jährliche 5000 CHF, Restguthaben können Sie sich nur auf ein Schweizer Bankkonto buchen lassen. (mon@ct.de)

**KUNO-Sperrdienst: ct.de/yg6u**



**Mit der Prepaid-App können auch Deutsche und Österreicher Twint in der Schweiz nutzen.**



Gabrielle Zevin

**Morgen, morgen und wieder morgen**

Eichborn, Hamburg 2024  
 ISBN 978-3847901808  
 560 Seiten, 14 €  
 (Epub-/Kindle-E-Book: gleicher Preis)

## Das Leben ist (k)ein Spiel

**„Morgen, morgen und wieder morgen“ ist ein Roman über junge Spielefans, die nicht nur selbst zocken, sondern auch eigene Games entwickeln. Ein Buch über die Leidenschaft zu Videospiele und über Freundschaft.**

Unter einem Werbeplakat für „Das Magische Auge“ in einer Bostoner U-Bahnstation treffen sich im Jahr 1995 Sadie und Sam. Sie studiert Informatik am MIT, er Mathematik in Harvard; kennengelernt hatten sie sich einst im Spielzimmer eines Kinderkrankenhauses, wo sie gemeinsam Super Mario zockten. Ihre vertraute, freundschaftliche Dynamik ist sofort wieder da und beflügelt davon schlägt Sam vor, gemeinsam ein Videospiele zu entwickeln.

Gabrielle Zevin erzählt in „Morgen, morgen und wieder morgen“, wie die naiven Studenten zu gefeierten Spieleentwicklern werden. Sie müssen mit Leistungsdruck, Selbstzweifeln, künstlerischen Ansprüchen, Konkurrenzdenken, Fanliebe und Anfeindungen umgehen und verlieren darüber fast den Sinn fürs Spielen. Ihre Geschichte zeigt, wie es ist, sich fehl am Platz zu fühlen – mit seiner Art, Herkunft und Sexualität, seinem Geschlecht und Aussehen – und wie gut es tun kann, sich mit gleichgesinnten Menschen in virtuelle Welten zu flüchten oder diese sogar nach den eigenen Vorstellungen zu bauen.

Zevins Charaktere sind facettenreich und lebendig, sie offenbaren ihre Beweggründe, ihre Gefühle und Gedanken. Man folgt ihnen gern in die hitzigen Phasen der Spieleentwicklung, wenn Sadie und Sam am Whiteboard, das Sam in der Uni „geborgt“ hat, ihr erstes Spiel entwerfen, oder in die Pizzeria von Sams Großeltern, wo die beiden am Donkey-Kong-Automaten die Zeit vergessen.

Eingestreute Zeitsprünge zurück in die Kindheit oder voraus in die Karriere illustriert Zevin mit Popkulturverweisen, fiktiven Interviews mit realen Gaming-Websites wie Kotaku oder Wired und natürlich anhand der realen Videospiele der Zeit. Sie verflucht die Entwicklung der Games-Branche mit dem Leben ihrer Charaktere und nimmt so auch die Nicht-Gamer unter ihren Lesern mit.

Mitunter verschwimmen Realität und Fiktion. Manchmal fühlen sich die Protagonisten wie Spielfiguren in einem mies programmierten Spiel und dann wünschen sie sich wieder, das Leben wäre berechenbar wie Donkey Kong und nach dem Tod gäbe es den Button: „Try again“.

(gref@ct.de)

## Privat, technisch gesehen

**Differential Privacy versucht, Privatsphärenschutz mathematisch zu fassen. Garfinkels kurzweiliges Sachbuch erläutert, warum das eine gute Idee ist und wie weit man damit kommt.**

Simson Garfinkel erklärt Differential Privacy und der Mann weiß, wovon er spricht: Er war „Senior Computer Scientist for Confidentiality and Data Access“ beim US-amerikanischen Census Bureau, als dieses am Zensus 2020 arbeitete, einer der bekanntesten und einflussreichsten Anwendungen von Differential Privacy.

Der Autor beschreibt, wie Differential Privacy mit geschicktem Verrauschen von Werten Datenschutz und statistische Auswertbarkeit in einen produktiven Kompromiss bringt. Man merkt Garfinkels Text an, wie neu, spannend und fruchtbar es ist, Privatsphäre in einem rigorosen mathematischen Konzept zu fassen. Dabei vermeidet er es weitgehend, mit Formeln zu hantieren. Dennoch geraten die Definitionen, was Differential Privacy eigentlich ist, zum formalistischsten Teil des Buches, das sich ansonsten angenehm leicht und abwechslungsreich liest.

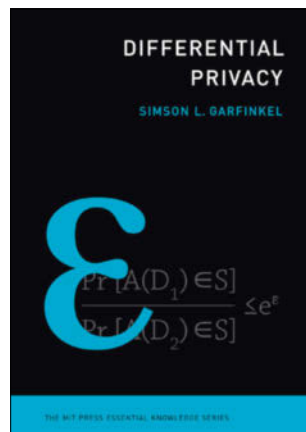
Dabei hilft, dass Garfinkel immer wieder erhellende Beispiele, historische Aspekte oder Erfahrungen aus der Praxis einstreut. Allerdings zeigt sich dabei ein starker Fokus auf US-amerikanische Verhältnisse.

Bei aller Begeisterung geht Garfinkel auch fair auf Kritik an Differential Privacy ein. Er erklärt, welche Punkte wenig stichhaltig und welche tatsächlich problematisch sind. Sei es, weil die Forschung noch weiter fortschreiten muss oder weil grundsätzliche Probleme bestehen. Das beginnt schon damit, dass „Privacy“ für vieles steht, was eine mathematisch präzise Definition schlicht nicht erfasst. Garfinkel zeigt aber, dass Differential Privacy alternativen Verfahren deutlich überlegen ist und sich weiter verbreiten dürfte.

Dafür sollten auch Datenschutzgesetze weltweit an diese Entwicklung angepasst werden. Eine große Forderung, wie Garfinkel einräumt. Aktuelle Gesetze fordern oft absolute Garantien, die de facto kein Verfahren geben kann – hundertprozentigen Datenschutz gibt es ebenso wenig wie hundertprozentige IT-Sicherheit.

Die Leserschaft bekommt einen lesenswerten Überblick über die Möglichkeiten und Limitierungen von Differential Privacy. Eine Anleitung zum genauen Verständnis der mathematischen Innereien gibt der Autor nicht. Sein Buch ist als Open-Access-Titel gekennzeichnet und soll somit demnächst auch in einer kostenlos weiterzugebenden digitalen Fassung verfügbar sein.

(syt@ct.de)



Simson L. Garfinkel

**Differential Privacy**

The MIT Press, Cambridge, US-MA 2025  
 ISBN 978-0262551656  
 244 Seiten, 18-21 €  
 (Epub-/Kindle-E-Book: 16 €)



# Das Magazin von Fotografen für Fotografen



**Fotograf und  
c't Fotografie-Redakteur**

Thomas Hoffmann, fotografiert am liebsten Landschaft und Natur.

*„Für außergewöhnliche Fotos braucht man nicht nur eine verlässliche Ausrüstung, auch Geduld und Zufall spielen eine große Rolle.“*

Thomas Hoffmann



**35%  
Rabatt**



## 2x c't Fotografie testen

- 2 Ausgaben kompaktes Profiwissen für 14,30 €
- 35 % Rabatt gegenüber Einzelheftkauf
- Inklusive Geschenk nach Wahl
- Wöchentlicher Newsletter exklusiv für Abonnenten

Jetzt bestellen:

[www.ct-foto.de/miniabo](http://www.ct-foto.de/miniabo)







# DAS LETZTE MAL

VON STEPHANIE LAMMERS

**A**ls ich vor dem Studio aus der Limousine steige, fühle ich mich wie ein Hummer, den man in kochendes Wasser geworfen hat. Die allgegenwärtige Hitze versengt mir regelrecht die Haut. Ich habe einen Sunblocker gespritzt, der verhindert, dass ich vor laufender Kamera unvorteilhaft in Schweiß ausbreche, aber Kühlung spendet er nicht. Übertragungsdrohnen surren näher an mich heran.

Der Chauffeur reicht mir meinen Sonnenschirm, steigt wieder ein und hebt ab. Die nächste Limousine ist bereits im Anflug.

Ich rücke meine Sonnenbrille zurecht und betrete den roten Teppich. Showtime!

Jubel brandet auf. Ich höre aber auch Pfiffe und Buhrufe. Wie ein Schwamm sauge ich alles in mich hinein: den Lärm, die Hitze, die Gerüche, die bunten Avatare der Fans, die den roten Teppich säumen, sogar das grelle Licht, das von der protzigen Marmorfassade des Sendergebäudes zurückgeworfen wird.

Plötzlich erscheinen holografische Bilder wie aus dem Nichts: animierte Protestschilder und Banner, die wie Heuschrecken auf mich losgehen und mich umschwärmen, sich zwischen mich und die Aufnahmegeräte drängen.

Während die Abfangdrohnen des Senders aufsteigen, um Jagd auf die fliegenden Projektoren zu machen, schleudern mir die Holo ihre Botschaften entgegen, einige sogar in meiner Muttersprache.

„Kira! Mörderin!“, kreischt mich ein besonders aufdringliches Schild an, mit blinkenden Kanji-Schriftzeichen, von denen holografisches Blut tropft. Daneben rammt sich die animierte Karikatur eines fetten Metzgers mit blutiger Schürze immer wieder ein Fleischermesser in den Bauch.

Ich mache das, was ich immer tue: Ich folge den Anweisungen der Regie und gebe vor, die Proteste nicht zu sehen.

Wir senden zwar offiziell live, aber tatsächlich hat der Sender eine Zeitverzögerung von einer knappen Millisekunde eingebaut. Das reicht normalerweise, um solche Attacken und Proteste aus dem Feed zu löschen.

Also ignoriere ich auch den riesigen holografischen Fleischwolf, der gerade ein grotesk bearbeitetes Abbild von mir zu Hackfleisch verarbeitet.

Mit einer Hand versetze ich den Schirm in eine kecke Drehung, mit der anderen werfe ich Kuschhände in Richtung der Aufzeichnungsdrohnen und der Fans. The show must go on.

Weiter, Richtung Eingang.

**Wie der Wandel von Technik und Umwelt alle Lebensbereiche durchdringt, so lässt er auch die Welt der hohen Küche und des gepflegten Essens nicht unangetastet. Aber eines wird bleiben, wenn alles andere dahingeht: die unvergleichliche Aura von Showkochstars.**

Nach einigen Schritten spüre ich einen winzigen Nadelstich auf meiner Haut. Und noch einen. Ein merkwürdig erdiger Geruch liegt in der Luft. Schon fallen erste Tropfen, zuerst vereinzelt, dann immer schneller. Kühl. Nass. Großer Gott! Echter Regen! Der Sender lässt sich den Abend wirklich was kosten.

Verzückt lasse ich den Sonnenschirm sinken und lege den Kopf in den

Nacken. Ich genieße den Schauer mit allen Sinnen, spüre die Regentropfen auf meinen brennenden Wangen, lausche dem schneller werdenden Prasseln.

Im Nu ist mein Cocktailkleid durchnässt. Mein Siegelring vibriert kaum wahrnehmbar. Die Regie ermahnt mich, weil ich vom Skript abweiche. Bedauernd beschleunige ich meine Schritte. Auch mit 80 Millionen Followern kann ich mir keine Vertragsstrafen leisten.

Am Eingang posiere ich ein letztes Mal für die Presse drohnen. Das geliehene Kleid klebt jetzt wie eine zweite Haut an mir und überlässt nur wenig der Fantasie. Na schön. Mehr Klicks, mehr Follower, mehr Geld. Ich lächle lasziv und verschaffe dem Kleid die vertraglich zugesicherte Aufmerksamkeit. Dann öffnen sich die überdimensionierten Tore vor mir und ich trete ein in die eisige Kälte des Senders.

## AM EINGANG POSIERE ICH EIN LETZTES MAL FÜR DIE PRESSEDRONHEN.

Werbepause! Ich bin nicht mehr live. Nur die Aufzeichnungen fürs Making-of laufen weiter. Die Geschäftsleitung nimmt die im Web kursierenden Bombendrohungen offenbar ernst. Kaum bin ich im Gebäude, werde ich schon von vier Soldaten einer Anti-Terror-Einheit mit Gewehren im Anschlag empfangen. Unter ihren wachen Blicken betrete ich die Sicherheitsschleuse.

„Konban wa, Miss Tanaka.“ Der Techniker des Sicherheitsdienstes nickt mir höflich zu. Eine Panzerglasscheibe trennt uns voneinander.

„Guten Abend, Muhammad.“

„Wären Sie so freundlich?“

„Natürlich.“ Ich ziehe mich aus und lege alles in verschiedene Plastikwannen, die sofort davonfliegen.

Der Sicherheitscheck dauert. Ich werde abgetastet, durchleuchtet, gescannt. Sensoren messen meine Atmung,



## Über die Autorin

**Stephanie Lammers** lebt mit ihrer ebenfalls von Schreibleidenschaft geprägten Familie in Braunschweig. Fantasy-Rollenspielfreunde kennen sie durch Bücher zum Midgard-System, etwa „Der Schatz des Mihrs“ von 2022. Sie schreibt aber auch Lyrik und Kurzgeschichten, wobei sie in mehreren Genres wie Krimi, Science-Fiction und (Urban) Fantasy unterwegs ist. Am Englischen Seminar der TU Braunschweig hat Lammers das Fach Creative Writing unterrichtet, zudem hat sie einigen Computerspielen die deutsche Sprache beigebracht. Hauptberuflich arbeitet sie als Deutschlehrerin in der Erwachsenenbildung; gelegentlich gibt sie Schreib-Workshops in deutscher oder englischer Sprache.



Bild: Paul Ekert

meinen Herzschlag, meine neuronale Verkabelung. Sogar eine Blutprobe muss ich abgeben. Man will sichergehen, dass ich nicht wissentlich oder unwissentlich mit Toxinen, Sprengstoff oder Strahlung kontaminiert worden bin.

Sonst überbrücke ich die Wartezeit immer, indem ich mir Newsfeeds anzeigen lasse, aber heute bin ich zu unruhig. Nicht nur wegen des heimlichen Implantats. Auch wegen meines Zustands. Die Geschäftsleitung hat mir schriftlich versichert, dass die Sicherheitsdurchleuchtung keine gesundheitlichen Folgen haben wird, aber die Nervosität bleibt.

„Haben Sie irgendwelche Medikamente oder Drogen genommen?“, fragt Muhammad.

„Nur das Übliche: Hitzeblocker und StageCalm, gegen Lampenfieber.“

Muhammad nickt.

„Was haben wir denn hier?“ Muhammad blickt von seinen Bildschirmen auf.

Ich zucke zusammen. Mein Puls beschleunigt sich.

Doch auf seinem Gesicht liegt ein Lächeln. „Glückwunsch!“

Erleichtert lächle ich zurück.

Muhammad hat meine Bezahlung für den heutigen Auftritt entdeckt: Zwillinge. Seit drei Wochen ex vitro. Ein horrender Preis, aber die Geschäftsleitung hat am Ende doch eingelenkt. Und das nicht zu ihrem Nachteil: Der hormonelle Umbau meines Körpers hat meinen Geruchssinn noch verstärkt. Die Sinnesaufzeichnungen werden vom Feinsten sein.

Das Licht in der Schleuse wechselt zu Grün. Endlich! Ein Spind springt auf. Ich ziehe den Bademantel mit Senderlogo an und schlüpfe in ein Paar Sandalen.

„Hals- und Beinbruch“, ruft Muhammad, als ich in den wartenden Aufzug steige. Und ich weiß, er meint damit nicht nur den Auftritt.

Natürlich wird die Regie unsere Unterhaltung rauschneiden oder mit etwas Reißerischem überschreiben. Denn auch wenn heute Millionen von Augen auf mir ruhen und Hunderttausende Viewer durch meine Sinne zuschauen,

riechen und schmecken werden, bin ich als Person nur Beiwerk. Ein Niemand im Vergleich zu den VIPs, die ich heute bekoche: gekrönte Häupter, Staatschefs und CEOs. Sie haben in der Auktion Summen aufgeboden, die normale Menschen nicht einmal schreiben können. Außerdem ZuZu Katana4, der Erotikstar des Senders, Mutter Chibanga von den Vereinigten Kirchen und der Komponist Le Jaques, der bereits angekündigt hat, das Event zu vertonen. Zwölf Personen. Allesamt Quotenbringer. Und natürlich Rupert ter Harlan selbst, der die Aktienmehrheit am Sender und damit an mir besitzt. Bei so viel Prominenz ist es kein Wunder, dass sie die Sicherheitschecks schon vor Wochen hochgefahren haben.

\* \* \*

Dreiundzwanzig Stockwerke tiefer, in der Umkleide, kann ich endlich aufatmen. Während draußen die VIPs in ihren gepanzerten Limousinen anreisen, werde ich von drei bildhübschen Maiko-Androiden geschminkt und angekleidet. Das Cocktailkleid von vorhin war nur für den roten Teppich bestimmt. Die Regie will mich heute Abend im traditionellen Kimono sehen, auch wenn ein Baumwoll-Yukata eher angemessen wäre. Ich bin Chef de Cuisine, keine Geisha. Banausen!

Aber ich füge mich, mit der gleichen Resignation und heimlichen Scham, mit der ich meinen Namen und mein Gesicht für Foodprinter-Rezepte hergebe, an deren Entwicklung ich keinen Anteil habe.

## ICH WERDE VON DREI BILDHÜBSCHEN MAIKO-ANDROIDEN GESCHMINKT UND ANGEKLEIDET.

Seide flüstert über meine nackte Haut. Die Maiko binden mir den Obi um, streichen den Stoff glatt. Jede Bewegung sitzt. Alles ist perfekt. Sie bringen das Oshiroi-Make-up an und setzen mir die schwere Perücke auf. Am Ende verneigen sie sich und reichen mir die lackierte Bambusschatulle, in der meine diamantenbesetzten Messer ruhen.

Ich sage „meine“ Messer, aber tatsächlich handelt es sich um Werbeexemplare von einem namhaften Stahlwarenhersteller. Die alten, oft geschliffenen Messer meines Großvaters, mit denen er einhändig und ohne die Klinge auch nur einmal abzusetzen einen kompletten Thunfisch filetieren konnte, darf ich heute nicht verwenden. Zu schäbig für diese Klientel.

Die Regie blendet den Countdown in mein Sichtfeld ein. Dazu letzte Anweisungen. Nur noch 3 Minuten!

Unwillkürlich beschleunigt sich mein Atem.

Was, wenn sie im letzten Augenblick noch einen weiteren Sicherheitscheck eingebaut haben? Was, wenn die Security mich noch einmal genauer scannt und sie das Implantat entdecken? Es ist winzig klein und schmiegt sich so

dicht an den offiziellen Socket, dass man es nur finden sollte, wenn man von seiner Existenz weiß, aber einen Augenblick lang überkommt mich Panik.

Ich reiße mich zusammen und vollführe meine meditativen Atemübungen, wie immer vor einem Auftritt und ganz so, wie meine Fans es von mir erwarten. Aber es fällt mir schwer, meine innere Ruhe zu finden. Zum Glück werden die Viewer mein Herzklopfen als Lampenfieber interpretieren.

Es ist so weit.

Ich knie nieder und öffne auf die Sekunde pünktlich die Schiebetür, die der traditionellen Papierwand nachempfunden ist.

Frenetischer Applaus schlägt mir entgegen. Immer noch auf den Knien verneige ich mich tief vor Mister ter Harlan, unserem Besitzer und Geschäftsführer, dann grüße ich die Ehrengäste und zuletzt die kunterbunten Avatare des Saalpublikums.

Der ebenfalls nur als Hologramm anwesende Moderator stellt mich vor und listet meine erfolgreichsten Kreationen auf. In der Zeit stehe ich auf und tripple mit bescheidenem Puppenlächeln in die Studioküche. Dort erwartet mich meine Küchenbrigade, bestehend aus meinem Sous-Chef und acht Köchen.

Während die Ehrengäste ihre Plätze an der elegant geschmückten Tafel einnehmen und dort über Wasserrechte, Fußball und Geo-Engineering plaudern, begutachte ich die vorbereiteten Zutaten. Ich inspiziere das fertig geputzte Gemüse, streiche mit den Händen sacht durch die Gewürzkräuter, entferne ein verletztes Blatt Basilikum, koste die Brühe und schnuppere kritisch am Olivenöl. Ein fruchtiger Geruch steigt mir in die Nase, doch darunter entdecke ich eine leicht ranzige Note, so schwach, dass selbst ich sie kaum wahrnehme. Ich schüttele den Kopf und lasse mir eine andere Flasche bringen.

Alles überprüfe ich voller Hingabe: Farbe, Geruch, Konsistenz, Geschmack. Alle Zutaten müssen in jeder Hinsicht perfekt sein. Erst dann gebe ich das Zeichen.

Unter Fanfarengetöse betreten sechs Sicherheitsleute die Bühne. Sie bewachen die Hauptzutat, die unter einer gläsernen Servierglocke hineingetragen und publikumswirksam in der Küche abgeliefert wird. Da liegen sie: dreizehn große T-Bone-Steaks, perfekt geschnitten, dunkel, doch marmoriert. Jedes einzelne mehr wert als eine mittelgroße Wohnung.

Schwungvoll nehme ich den Deckel ab. Der Geruch von trockenem geriftem Rindfleisch steigt mir in die Nase: ein Hauch von Schinken, dazu eine süßliche Note, wie von einem Hefezopf, sowie eine Spur Moschus.

Das Wasser läuft mir im Munde zusammen. Mir und allen Viewern, die heute für teures Geld in meiner Haut stecken.

Ich muss an Herrn Watanabe denken, den dünnen alten Mann, der Gingyu, das Rind, dessen Fleisch jetzt zerteilt vor mir liegt, mehr als drei Jahre lang gefüttert und gepflegt hat. Daran, dass Herr Watanabe jetzt keine Arbeit mehr hat. Und daran, dass mein Team und ich nie wieder zusammen kochen werden.

Denn dies ist das letzte Mal, dass jemand ein echtes Steak serviert bekommt.

Gingyu war der Letzte seiner Art. Es gibt keine Rinder mehr, keine Schweine, keine Schafe. Und auch keine Fische. Unser „Fleisch“ kommt aus dem Printer – wie fast alles, was wir essen.

Gingyus genetischer Code wurde zwar eingefroren, für eine nicht näher definierte Zukunft, aber ich werde sicher nicht mehr erleben, dass wir wieder den Platz oder das Wasser haben, um Tiere zu halten oder Olivenbäume zu bewässern.

## UNSER „FLEISCH“ KOMMT AUS DEM PRINTER – WIE FAST ALLES, WAS WIR ESSEN.

Mir wird bewusst, dass mich mein Team erwartungsvoll anblickt.

Ich wäre gern rebellisch, kreativ, wild. Sehne mich danach, zu experimentieren wie die Köche von einst. Zu perfektionieren. So wie einst mein Großvater, für dessen Sushi die Reichen um die halbe Welt flogen.

Doch über die Speisenfolge des Fünf-Gänge-Menüs entscheide nicht ich. Der Sender hat genau festgelegt, was mit dem kostbaren Fleisch und den anderen Zutaten zu geschehen hat.

Eine seltsame Ruhe überkommt mich.

Lächelnd verneige ich mich vor meinem Team. „Yoroshiku onegaishimasu“, sage ich ein letztes Mal und lege in diese einfachen Worte alles hinein: „Danke“, „Bitte, gebt euer Bestes“, „Ich bin stolz auf euch“ und „Lebt wohl“.

Sie eilen auf ihre Posten, zu ihren Töpfen und Pfannen. Ruhig zücke ich die Diamantmesser und beginne Tomaten zu schneiden, Kräuter zu hacken, Zwiebeln zu würfeln.

Nichts von dem, was ich heute Abend zubereite, darf ich essen. Nur abschmecken ist mir erlaubt. In Maßen. Aber jeder meiner Handgriffe, jeder Schnitt meiner Messer, jeder Löffelvoll, den ich koste, wird aufgezeichnet – und nicht nur auf den bezahlpflichtigen Servern des Senders, sondern auch in meinem geheimen Datenspeicher.

Wir sind noch nicht so weit, dass wir Gerichte replizieren können. Was aus den Foodprintern kommt, hat wenig Ähnlichkeit mit echter Kochkunst. Es braucht mehr als künstliche Aromen, um aus Protein- und Vitaminpasten köstliche Speisen herzustellen. Aber Sinneswahrnehmungen, die können wir aufzeichnen.

Eines Tages werden meine ungeborenen Töchter diese illegale Aufzeichnung abspielen und wissen, wie die perfekt gebratenen Wagyu-Steaks dufteten, als ich sie kunstvoll auf den Tellern anrichtete und mit Blattgold verzierte. Sie werden den Geruch frischer Tomaten kennenlernen und die Säure von echten Zitronen, sie werden über feinstes Olivenöl und über echten Parmesan aus Ligurien staunen. Der Duft von Basilikum und Rosmarin wird sie ebenso begeistern wie das unvergleichliche Aroma frisch gebackenen Brotes.

Und ich werde ihnen zeigen, wie man mit Großvaters Messern umgeht.

(psz@ct.de) **ct**

# M365 sicher und

# effektiv administrieren

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

Admins müssen in Microsoft 365 eine Vielzahl an Produkten und Konfigurationsmöglichkeiten im Blick haben. Lernen Sie das Wichtigste zu Informationssicherheit, Power Platform, Datensicherheit und Datenschutz.

**5 Tage  
geballtes  
Wissen**

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





Es gibt **10** Arten  
von Menschen.

Die, die iX lesen,  
und die anderen.



## Fernstudium Robotik



Ihre Chance in einem schnell wachsenden Zukunftsmarkt. Aus- und Weiterbildung zum Roboter-Techniker und -Programmierer. Kostengünstiges und praxisgerechtes Studium ohne Vorkenntnisse. Beginn jederzeit.

**NEU: Umweltschutz-Techniker,  
Netzwerk-Techniker, SPS-Techniker**

Teststudium ohne Risiko.  
GRATIS-Infomappe gleich anfordern!

**FERNSCHULE WEBER - seit 1959**  
Neerstedter Str. 8 - 26197 Großenkneten - Abt. F14  
Telefon 0 44 87 / 263 - Telefax 0 44 87 / 264

[www.fernschule-weber.de](http://www.fernschule-weber.de)



I ❤️  
**NERDISTAN**



# KANBAN DAYS

Den Wertstrom teamübergreifend optimieren

26./27. Februar • Mannheim

Mit Kanban Engpässe identifizieren  
und den Workflow verbessern

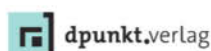
**Erfahrene Experten** und **innovative Vordenkerinnen** bieten **praxisnahe Einblicke**, wie sie mit Kanban eine nahtlose und **effiziente Wertschöpfungskette** gestalten.

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



[kanban-days.de](http://kanban-days.de)

Veranstalter



Kooperationspartner

© Copyright by Heise Medien.







**Du brennst dafür hochwertige digitale Produkte im IT-Umfeld strategisch und operativ voranzubringen? Dann werde Teil unseres Teams und gestalte als Produktmanager (m/w/d) mit deiner Expertise die Zukunft unserer IT-Fachdienste wie heise security PRO und heise KI PRO.**

 Hannover / mobiles Arbeiten

 erste Berufserfahrung / mit Berufserfahrung

 Vollzeit

### Deine Aufgaben

- Gemeinsam mit der Redaktion verantwortest du die strategische und operative Weiterentwicklung unserer B2B-Fachdienste heise security PRO und heise KI PRO (Produkt-Roadmap).
- Du koordinierst Anforderungen, Ziele und Prioritäten mit Stakeholdern wie Management, Redaktion, Entwicklung, Vertrieb und externen Partnern.
- Entlang der Customer Journey professionalisierst du das Produkterlebnis und behältst dabei die Bedürfnisse der Kunden und die Anforderungen der Fachbereiche im Auge.
- In Zusammenarbeit mit unserem Vertrieb entwickelst du Strategien für das B2B-Marketing und unterstützt bei der Umsetzung.
- Darüber hinaus identifizierst du relevante Themengebiete im IT-Umfeld und führst weitere hochwertige B2B-Produkte / -Services ein.

### Deine Talente

- Du verfügst über ein abgeschlossenes Studium im Bereich BWL, Marketing, Wirtschaftsinformatik oder eine vergleichbare Qualifikation.
- Zudem hast du erste Erfahrung im Produktmanagement, idealerweise im B2B-Umfeld (Produktentwicklung, Vermarktung, Vertrieb). Kenntnisse im Bereich Online-Community sind vorteilhaft.
- Du verstehst die Customer Journey digitaler Produkte und möchtest das Produkterlebnis kontinuierlich verbessern: Das Schreiben von Userstories, das Testen, die Fehlersuche und die Überführung von Releases in die Produktion sind für dich Schlüsselemente deines Jobs.
- Eine gute Kommunikationsfähigkeit und Erfahrung in der Zusammenarbeit mit funktionsübergreifenden Teams bringst du bereits mit.
- Du arbeitest strukturiert, hast einen guten Blick für das Wesentliche und eine ausgeprägte Hands-on-Mentalität.
- Eine hohe Zahlen- und Analysefähigkeit sowie gute Deutsch- und Englischkenntnisse runden dein Profil ab.

### Deine Benefits

- Du hast flexible Arbeitszeiten, mit der Möglichkeit mobil zu arbeiten.
- Beim Digital Detox helfen dir unser Mitarbeiter-Fitnessprogramm Hansefit, unsere vielseitige und leckere Kantine mit kostenlosem Mittagessen, die regelmäßigen Mitarbeitererevents und die Kaffee- und Wasser-Flat.
- Natürlich bekommst du kostenlosen Zugang zu sämtlichen heise-Produkten inklusive der heise academy.
- Die Mitarbeit in einem etablierten und mitarbeiterorientierten Unternehmen mit familiär geprägter Arbeitsatmosphäre, flachen Hierarchien und modernen Arbeitsweisen mit digitalen Tools.
- Du arbeitest in einem engagierten und qualifizierten Team – die Entwicklung jedes Einzelnen, ist uns dabei sehr wichtig.
- Eine spannende und abwechslungsreiche Tätigkeit in einer familiären Arbeitsatmosphäre mit flachen Hierarchien.

### Haben wir dich neugierig gemacht?

Besuche uns auf [karriere.heise.de](https://karriere.heise.de) oder auf Xing und Kununu.

### Deine Ansprechpartnerin

Tanja Eberstein, Personalreferentin  
Tel. 0511 5352-5204

Bitte bewirb dich online: [karriere.heise.de](https://karriere.heise.de)

### Wir freuen uns auf Deine Bewerbung!

Bei uns ist jede Person, unabhängig des Geschlechts, der Nationalität oder der ethnischen Herkunft, der Religion oder der Weltanschauung, einer Behinderung, des Alters sowie der sexuellen Identität willkommen.



# Inserenten\*

1&1 Telecom GmbH, Montabaur.....	180
1blu AG, Berlin.....	17
AlpenShield GmbH, A-Wien.....	7
Fernschule Weber, Großenkneten.....	173
TP-LINK Deutschland GmbH, Düsseldorf.....	2

## Veranstaltungen

c't workshops	c't	23
Webinar C-Level	heise security	37
betterCode ()/M3	iX, dpunkt.verlag	45
heise academy	heise academy	85
Inside Agile - SCRUM MASTER DAY/ OKR DAY	iX, dpunkt.verlag	103
Wärmepumpentechnik für Einsteiger	c't webinar	119
enterJS/DDUX	iX, dpunkt.verlag	137
Ethical Hacking für Admins	heise academy	161
M365 für Administratoren	heise academy	172
Inside Agile - KANBAN DAYS	iX, dpunkt.verlag	173

## Stellenanzeigen

Heise Medien GmbH & Co. KG, Hannover.....	175
---	-----

Diese Ausgabe enthält Beilagen der

Heise Medien Gruppe GmbH & Co. KG, Hannover.

\* Die hier abgedruckten Seitenzahlen sind nicht verbindlich.

Redaktionelle Gründe können Änderungen erforderlich machen.

# NEU: c't Desinfec't 2024/25

## Das Notfall-System für den Ernstfall



**Virenbefall!**  
Das müssen Sie tun  
Step-by-Step-Anleitung: So erkennen Sie Viren mit Desinfec't  
Scannen, Löschen, retten  
Das kann das c't-Sicherheitstool

**Datens wiederherstellen**  
Verloren gelöschte Fotos und Dateien retten  
Daten von NAS-Platten kratzen

**Zusatz-Werkzeuge für Profis nutzen**  
Profis nutzen  
Profis mit brandneuen  
Profis konfigurieren  
Profis

**Komplett auf 32 GByte USB-Stick.**  
Desinfec't startet direkt vom Stick.

**Das kann c't Desinfec't:**

- ▶ PC-Schädlinge jagen: perfekt geschützt vor Viren & Malware
- ▶ Daten retten: Bedrohungen erkennen, bevor Schaden entsteht
- ▶ Gelöschte Daten wiederherstellen: schnell & sauber

**GRATIS:**  
Signatur-Updates bis Oktober 2025

**JETZT AUF NEUE VERSION 2024/25 UPDATEN!**

**shop.heise.de/desinfec't24**



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:** „Das c't-Notfall-Windows 2025“:  
Peter Siering ([ps@ct.de](mailto:ps@ct.de)), „Modernes Informationsmanagement“: Jo Bager ([jo@ct.de](mailto:jo@ct.de))

**Chefredakteure:** Torsten Bееck ([tbe@ct.de](mailto:tbe@ct.de)) (verantwortlich für den Textteil),  
Dr. Volker Zota ([vza@heise.de](mailto:vza@heise.de))

**Stellv. Chefredakteure:** Martin Fischer ([mfi@heise.de](mailto:mfi@heise.de)), Axel Kossel ([ad@ct.de](mailto:ad@ct.de)),  
Jan Mahn ([jam@ct.de](mailto:jam@ct.de))

**Chefin vom Dienst New Media:** Hannah Monderkamp ([mond@heise.de](mailto:mond@heise.de))

**Stellv. Chefin vom Dienst:** Angela Meyer ([anm@ct.de](mailto:anm@ct.de))

**Koordination Leserkommunikation:** Martin Triadan ([mat@ct.de](mailto:mat@ct.de))

**Leiter redaktionelle Entwicklung:** Jobst Kehrnhahn ([keh@ct.de](mailto:keh@ct.de))

**Ressort Internet, Datenschutz & Anwendungen**

**Leitende Redakteure:** Hartmut Gieselmann ([hag@ct.de](mailto:hag@ct.de)), Jo Bager ([jo@ct.de](mailto:jo@ct.de))

**Redaktion:** Holger Bleich ([hob@ct.de](mailto:hob@ct.de)), Anke Brandt ([abr@ct.de](mailto:abr@ct.de)), Greta Friedrich ([grf@ct.de](mailto:grf@ct.de)),  
Tim Gerber ([tig@ct.de](mailto:tig@ct.de)), Arne Grävemeyer ([agr@ct.de](mailto:agr@ct.de)), Markus Montz ([mon@ct.de](mailto:mon@ct.de)),  
Dr. Sabrina Patsch ([spa@ct.de](mailto:spa@ct.de)), Peter Schmitz ([ps@ct.de](mailto:ps@ct.de)), Andrea Trinkwalder ([atr@ct.de](mailto:atr@ct.de)),  
Dorothee Wiegand ([dwi@ct.de](mailto:dwi@ct.de)), Stefan Wischner ([swi@ct.de](mailto:swi@ct.de))

**Ressort Systeme & Sicherheit**

**Leitende Redakteure:** Peter Siering ([ps@ct.de](mailto:ps@ct.de)), Sylvester Tremmel ([syt@ct.de](mailto:syt@ct.de))

**Redaktion:** Niklas Dierking ([ndi@ct.de](mailto:ndi@ct.de)), Mirko Dölle ([mid@ct.de](mailto:mid@ct.de)), Wilhelm Drehling ([wid@ct.de](mailto:wid@ct.de)),  
Liane M. Dubowy ([imd@ct.de](mailto:imd@ct.de)), Ronald Eikenberg ([rei@ct.de](mailto:rei@ct.de)), Oliver Lau ([ola@ct.de](mailto:ola@ct.de)),  
Dennis Schirmacher ([des@ct.de](mailto:des@ct.de)), Hajo Schulz ([hos@ct.de](mailto:hos@ct.de)), Jan Schüßler ([jss@ct.de](mailto:jss@ct.de)),  
Kathrin Stoll ([kst@ct.de](mailto:kst@ct.de)), Keywan Tonekaboni ([ktn@ct.de](mailto:ktn@ct.de)), Axel Vahldiek ([avx@ct.de](mailto:avx@ct.de))

**Ressort Hardware**

**Leitende Redakteure:** Christof Windeck ([civ@ct.de](mailto:civ@ct.de)), Ulrike Kuhlmann ([uk@ct.de](mailto:uk@ct.de)),  
Dušan Zivadinović ([dz@ct.de](mailto:dz@ct.de))

**Redaktion:** Ernst Ahlers ([ea@ct.de](mailto:ea@ct.de)), Christian Hirsch ([chh@ct.de](mailto:chh@ct.de)), Benjamin Kraft ([bkr@ct.de](mailto:bkr@ct.de)),  
Lutz Labs ([ll@ct.de](mailto:ll@ct.de)), Andrijan Möcker ([amo@ct.de](mailto:amo@ct.de)), Florian Müssig ([mue@ct.de](mailto:mue@ct.de)), Rudolf Opitz ([rop@ct.de](mailto:rop@ct.de)),  
Carsten Spille ([csp@ct.de](mailto:csp@ct.de))

**Ressort Mobiles, Entertainment & Gadgets**

**Leitende Redakteure:** Jörg Wirtgen ([jow@ct.de](mailto:jow@ct.de)), Christian Wölbert ([cwo@ct.de](mailto:cwo@ct.de))

**Redaktion:** Georgiy Belashov ([geb@ct.de](mailto:geb@ct.de)), Robin Brand ([rbr@ct.de](mailto:rbr@ct.de)), Sven Hansen ([sha@ct.de](mailto:sha@ct.de)),  
Steffen Herget ([sh@ct.de](mailto:sh@ct.de)), Nico Jurrán ([nij@ct.de](mailto:nij@ct.de)), André Kramer ([akr@ct.de](mailto:akr@ct.de)), Michael Link ([mil@ct.de](mailto:mil@ct.de)),  
Urs Mansmann ([uma@ct.de](mailto:uma@ct.de)), Stefan Porteck ([spo@ct.de](mailto:spo@ct.de))

**Leiter c't 3003:** Jan-Keno Janssen ([jjk@ct.de](mailto:jjk@ct.de))

**Redaktion c't 3003:** Lukas Rumppler ([rur@ct.de](mailto:rur@ct.de))

**c't Sonderhefte**

**Leitung:** Jobst Kehrnhahn ([keh@ct.de](mailto:keh@ct.de))

**Koordination:** Pia Groß ([piag@ct.de](mailto:piag@ct.de))

**Redaktion:** Tom Leon Zacharek ([tlz@ct.de](mailto:tlz@ct.de))

**c't online:** Sylvester Tremmel ([syt@ct.de](mailto:syt@ct.de)), Niklas Dierking ([ndi@ct.de](mailto:ndi@ct.de))

**Social Media:** Jil Marthaa Baee ([jmb@ct.de](mailto:jmb@ct.de))

**Koordination News-Teil:** Hartmut Gieselmann ([hag@ct.de](mailto:hag@ct.de)), Kathrin Stoll ([kst@ct.de](mailto:kst@ct.de)),  
Christian Wölbert ([cwo@ct.de](mailto:cwo@ct.de))

**Koordination Heftproduktion:** Martin Triadan ([mat@ct.de](mailto:mat@ct.de))

**Redaktionsassistentz:** Susanne Cölle ([suc@ct.de](mailto:suc@ct.de)), Tim Rittmeier ([tir@ct.de](mailto:tir@ct.de))

**Software-Entwicklung:** Kai Wasserbäch ([kaw@ct.de](mailto:kaw@ct.de))

**Technische Assistentz:** Ralf Schneider ([ltg\\_rs@ct.de](mailto:ltg_rs@ct.de)), Christoph Hoppe ([cho@ct.de](mailto:cho@ct.de)),  
Stefan Labusga ([sla@ct.de](mailto:sla@ct.de)), Arne Mertins ([ame@ct.de](mailto:ame@ct.de)), Jens Nohl ([jno@ct.de](mailto:jno@ct.de)),  
Daniel Ladeira Rodrigues ([dro@ct.de](mailto:dro@ct.de))

**Dokumentation:** Thomas Masur ([tm@ct.de](mailto:tm@ct.de))

**Verlagsbüro München:** Hans-Pinsel-Str. 10b, 85540 Haar, Tel.: 0 89/42 71 86-0,  
Fax: 0 89/42 71 86-10

**Ständige Mitarbeiter:** Detlef Borchers, Herbert Braun ([heb@ct.de](mailto:heb@ct.de)), Tobias Engler,  
Monika Ermert, Stefan Krempel, Georg Schnurer ([gs@ct.de](mailto:gs@ct.de)), Ben Schwan ([bsc@ct.de](mailto:bsc@ct.de)),  
Christiane Schulzki-Haddouti

**DTP, Layout und Grafik:** Mike Bunjes, Birgit Graff, Angela Hilberg, Jessica Nachtigall,  
Astrid Seifert, Ulrike Weis

**Junior Art Director:** Martina Bruns

**Fotografie:** Melissa Ramson, Andreas Wodrich

**Digitale Produktion:** Melanie Becker, Martin Krefit, Thomas Kaltschmidt, Pascal Wissner

**Illustrationen:** Rudolf A. Blaha, Frankfurt am Main, Thorsten Hübner, Berlin, Albert Hulm,  
Berlin, Sven Hauth, Schülpl, Timo Lenzen, Berlin, Andreas Martini, Wettin, Moritz Reichartz,  
Viersen, Michael Vogt, Berlin

**Editorial:** Hans-Jürgen „Mash“ Marhenke, Hannover, Schlagseite: Ritsch & Renn, Wien,  
c't-Logo: Gerold Kalter, Rheine

**c't-Krypto-Kampagne:** Die Authentizität unserer Zertifizierungsschlüssel lässt sich mit den  
nachstehenden Fingerprints überprüfen:

Key-ID: 5C1C1DC5BEEDD33A  
ct magazine CERTIFICATE <[pgpCA@heise.de](mailto:pgpCA@heise.de)>  
D337 FCC6 7EB9 09EA D1FC 8065 5C1C 1DC5 BEED D33A  
Key-ID: 2BAE3CF6DAFFB000  
ct magazine CERTIFICATE <[pgpCA@ct.heise.de](mailto:pgpCA@ct.heise.de)>  
A3B5 24C2 01A0 D0F2 355E 5D1F 2BAE 3CF6 DAFF B000  
Key-ID: DBD245FCB3B2A12C  
ct magazine CERTIFICATE <[pgpCA@ct.heise.de](mailto:pgpCA@ct.heise.de)>  
19ED 6E14 58EB A451 C5E8 0871 DBD2 45FC B3B2 A12C

**heise Investigativ:** Über diesen sicheren Briefkasten können Sie uns anonym informieren.

Anonymer Briefkasten: <https://heise.de/investigativ>  
via Tor: [aaynmonmewb2tjvgf7ym4t2726muprjvwckz2vfh2hbarbbzydm7oad.onion](https://aaynmonmewb2tjvgf7ym4t2726muprjvwckz2vfh2hbarbbzydm7oad.onion)

## Verlag

Heise Medien GmbH & Co. KG  
Postfach 61 04 07, 30604 Hannover  
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover  
Telefon: 05 11/53 52-0  
Telefax: 05 11/53 52-129  
Internet: www.heise.de

**Herausgeber:** Christian Heise, Ansgar Heise, Christian Persson

**Geschäftsführer:** Ansgar Heise, Beate Gerold

**Mitglieder der Geschäftsleitung:** Jörg Mühle, Falko Ossmann

**Anzeigenleitung:** Michael Hanke (-167) (verantwortlich für den Anzeigenteil),  
[www.heise.de/mediadaten/ct](http://www.heise.de/mediadaten/ct)

**Anzeigenpreise:** Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 42 vom 1. Januar 2025.

**Anzeigen-Auslandsvertretung (Asien):** Media Gate Group Co., Ltd., No. 182, Section 4,  
Chengde Road, Shilin District, 11167 Taipei City, Taiwan, [www.mediagate.com.tw](http://www.mediagate.com.tw)  
Tel: +886-2-2882-5577, Fax: +886-2-2882-6000, E-Mail: [mei@mediagate.com.tw](mailto:mei@mediagate.com.tw)

**Leiter Vertrieb und Marketing:** André Lux (-299)

**Werbeleitung:** Julia Conrades (-156)

**Service Sonderdrucke:** Julia Conrades (-156)

**Druck:** Stark Druck GmbH + Co. KG, Im Altgefäß 9, 75181 Pforzheim

**Kundenkonto in der Schweiz:** PostFinance, Bern, Kto.-Nr. 60-486910-4,  
BIC: POFICHBEXXX, IBAN: CH73 0900 0000 6048 6910 4

**Vertrieb Einzelverkauf:**

DMV Der Medienvertrieb GmbH & Co. KG

Meßberg 1

20086 Hamburg

Tel.: 040/3019 1800, Fax: 040/3019 1815

E-Mail: [info@dermedienvertrieb.de](mailto:info@dermedienvertrieb.de)

**c't erscheint 14-täglich**

Einzelpreis 6,20 €; Österreich 6,90 €; Schweiz 10.50 CHF; Belgien, Luxemburg 7,30 €;  
Niederlande 7,50 €; Italien, Spanien 7,80 €

**Abonnement-Preise:** Das Jahresabonnement kostet inkl. Versandkosten: Inland 153,40 €,  
Österreich 162,50 €, Europa 175,50 €, restl. Ausland 202,80 € (Schweiz 252,20 CHF);  
ermäßigtes Abonnement für Schüler, Studenten, Auszubildende (nur gegen Vorlage einer  
entsprechenden Bescheinigung): Inland 105,30 €, Österreich 109,20 €, Europa 124,80 €,  
restl. Ausland 153,40 € (Schweiz 149,50 CHF). c't-Plus-Abonnements (inkl. Zugriff auf das c't-  
Artikel-Archiv sowie die App für Android und iOS) kosten pro Jahr 24,70 € (Schweiz 29,90 CHF)  
Aufpreis. Ermäßigtes Abonnement für Mitglieder von AUGÉ, bdvb e.V., BvDW e.V., /ch/open,  
GI, GUUG, ISACA Germany Chapter e.V., JUG Switzerland, VBIO, VDE und VDI (gegen  
Mitgliedsausweis): Inland 114,40 €, Österreich 121,68 €, Europa 131,30 €, restl. Ausland 156,26 €  
(Schweiz 189,00 CHF). Luftpost auf Anfrage.

**Leserservice:**

Bestellungen, Adressänderungen, Lieferprobleme usw.

Heise Medien GmbH & Co. KG

Leserservice

Postfach 24 69

49014 Osnabrück

E-Mail: [leserservice@ct.de](mailto:leserservice@ct.de)

Telefon: 05 41/8 00 09-120

Fax: 05 41/8 00 09-122

**c't abonnieren:** Online-Bestellung via Internet ([www.ct.de/abo](http://www.ct.de/abo)) oder  
E-Mail ([leserservice@ct.de](mailto:leserservice@ct.de)).

Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann trotz sorgfältiger Prüfung durch  
die Redaktion vom Herausgeber nicht übernommen werden. Kein Teil dieser Publikation darf  
ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Verlags in irgendeiner Form reproduziert  
oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet  
werden. Die Nutzung der Programme, Schaltpläne und gedruckten Schaltungen ist nur zum  
Zweck der Fortbildung und zum persönlichen Gebrauch des Lesers gestattet.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Haftung übernommen werden. Mit  
Übergabe der Manuskripte und Bilder an die Redaktion erteilt der Verfasser dem Verlag das  
Exklusivrecht zur Veröffentlichung. Honorierte Arbeiten gehen in das Verfügungsrecht des  
Verlages über. Sämtliche Veröffentlichungen in c't erfolgen ohne Berücksichtigung eines  
eventuellen Patentschutzes.

Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt. Hergestellt und  
produziert mit Xpublisher: [www.xpublisher.com](http://www.xpublisher.com). Printed in Germany. Alle Rechte vorbehalten.  
Gedruckt auf chlorfreiem Papier.

© Copyright 2025 by Heise Medien GmbH & Co. KG

ISSN 0724-8679 AWA LAE 



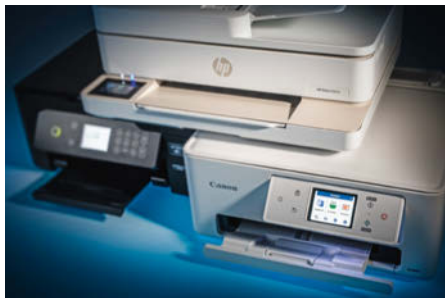
# Vorschau **ct** 3/2025

Ab 24. Januar im Handel und auf [ct.de](https://ct.de)



## E-Ink-Tablets mit Stift und Farbe

E-Book-Reader, Notizblock, Zeichenblock: Farbige Displays eröffnen E-Ink-Tablets neue Möglichkeiten. Im Test müssen vier der ersten Geräte unter Beweis stellen, wie gut sie den Bleistift imitieren, wie treffsicher sie Handschrift erkennen und wie übersichtlich sie Notizen sortieren.



## Test: Günstige Multifunktionsdrucker

Für rund hundert Euro gibt es Drucker-Scanner-Kombis mit WLAN und Touchscreen, die flexibel heimische Aufgaben rund ums Kopieren, Scannen und Drucken erledigen und auch mal randlose Fotos zu Papier bringen. Optionale Tintenabos verringern die Druckkosten.

## Schutz vor Lastschriftbetrug

Lastschriften sind für Kunden einfach und sicher sowie für Onlinehändler preisgünstig. Doch auch Kriminelle schätzen sie. Wir erklären, wie Lastschriftbetrug abläuft und wie Sie als Kunde Ihr Geld zurückbekommen oder als Händler Ihre Sicherheit erhöhen.

## Raspis machen das Heim smart

Wenn für Steuer- und Regelaufgaben daheim ein kleiner Computer gefragt ist, liegt der Raspi nahe. Wir zeigen an drei Projekten mit kleinen und großen Raspis, was geht: Taupunktlüftung, Überwachung und alternative Smart-homezentrale für Homematic.

## E-Mail geht besser

Es gibt kein perfektes Mailprogramm für jedermann. Neben Outlook und Thunderbird finden sich diverse Alternativen, die je nach Einsatzgebiet viele Vorteile bieten. Weiten Sie Ihren Blick mit unserer Marktübersicht zu Desktop- und Mobil-Mailern und erfahren Sie, wie Sie Ihren Mail-Bestand sichern.

## Noch mehr Heise-Know-how



c't PC-Selbstbau jetzt im Handel und auf [heise-shop.de](https://heise-shop.de)



ix 1/2025 jetzt im Handel und auf [heise-shop.de](https://heise-shop.de)



c't Fotografie 01/25 jetzt im Handel und auf [heise-shop.de](https://heise-shop.de)





# FREITAG IST c't-TAG!\*

30%  
Rabatt!

Jetzt 5x c't lesen

für 24,00 €  
statt 31,75 €\*\*

\*\* im Vergleich zum Standard-Abo



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

Jetzt bestellen:

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



# NEU 1&1 Unlimited

Zukunftssicher: Auch bei weiter steigendem Datenverbrauch immer verlässlich surfen, chatten und mailen.\*

**1&1 – Immer wieder besser.**



- ✓ Unlimitiertes Datenvolumen
- ✓ Unlimitiert telefonieren
- ✓ Dauerhaft günstig

ab **9,99** €/Monat\*  
**DAUERHAFT**



**1und1.de**



**0721 / 960 6000**

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



\*Z.B. 1&1 All-Net-Flat Unlimited S mit unbegrenztem Highspeed-Datenvolumen/Mon. mit bis zu 50 MBit/s im Download und bis zu 25 MBit/s im Upload für 9,99 €/Mon. dauerhaft. Pro Mon. stehen zunächst je 50 GB Highspeed-Datenvolumen zur Verfügung. Nach Verbrauch können beliebig oft kostenlos Highspeed-Pakete in 1 GB-Schritten über das 1&1 Control-Center nachgebucht werden. Erfolgt keine Nachbuchung reduziert sich die Surfgeschwindigkeit auf je 64 KBit/s. Angebot gilt bei Tarifbestellungen ohne Hardware. Unlimitiertes Telefonieren und Surfen gilt nicht für Sonder- und Premiumdienste, Verbindungen aus Deutschland ins Ausland sowie Roaming außerhalb EU gemäß Preisliste. Telefonate in dt. Fest- und Handynetze inklusive sowie Verbindungen innerhalb des EU-Auslands und aus EU nach Deutschland plus Island, Liechtenstein und Norwegen. Bereitstellungspreis 39,90 €. 24 Monate Vertragslaufzeit. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Preise inkl. MwSt. 1&1 Telecom GmbH, Elgendorfer Straße 57, 56410 Montabaur. WEEE-Nr. DE13470330

© Copyright by Heise Medien.