



KI
als Trauerbegleiter

Die DSL-Abschaltung naht

Ihre Alternativen: Glasfaser, Kabel, Mobilfunk oder Satellit
Technik, Tarife und Praxis für zukunftssicheren Internetzugang

TEST

Erstes Notebook mit Core Ultra 200H
Samsung Galaxy S25 Ultra und S25+
All-Flash-NAS Terramaster F8 SSD Plus
Mini-PC mit Core Ultra 9 288V
KI: Copilot in privaten Microsoft-365-Abos
Notebook mit LPCAMM2-Speicher

Speicher fürs Balkonkraftwerk

Test: Smarte Akkusysteme für Einsteiger und Nachrüster
Tipps: Dynamische Stromtarife besser nutzen

FOKUS

Reha-Patientendaten ungeschützt im Internet
Foto-Verschlagwortung mit beschleunigter KI
Der optimale PC: Upgrades für den Budget-Gamer
VR-Brillen und Gamification in der Physiotherapie
Blockiertechniken im Internet von lokal bis global
Wie Schleswig-Holstein auf Open Source umstellt



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

Keine Updates trotz Windows 11

Prüfen Sie Ihr System jetzt! • c't-Trick hilft Ihnen aus der Falle



INTERACT

IT-HARDWARE CONFERENCE

SAVE the DATE

2.-3. April in Bad Homburg

MÖGLICHKEITEN ENTDECKEN, CHANCEN NUTZEN.

Bei der InTeract 2025 treffen führende Akteure der digitalisierten Wirtschaft mit IT-Experten zusammen. Im Mittelpunkt dieser Veranstaltung steht die Entwicklung neuer Lösungen und

IT-Strategien für Unternehmen aller Branchen und Größen. Seien Sie dabei und erleben Sie die Zukunft von Hardware aus erster Hand. Wir freuen uns auf Sie!



Jetzt Ticket sichern:

thomas-krenn.com/act25

**THOMAS
KRENN®**

IT's people business



DeepSeek: Same, same but open

DeepSeek ist ein chinesisches Start-up, das sich auf die Entwicklung von KI-Modellen spezialisiert hat und im Januar mit R1 und V3 zwei Chatbots herausgebracht hat, die offenbar mit OpenAIs ChatGPT o1 und Anthrphics Claude mithalten können. Lediglich in politischen Fragen verweigern sie manchmal die Auskunft. Auch in anderen Bereichen greift DeepSeek die US-amerikanischen KI-Vorreiter an: DeepSeeks Bildgenerator Janus Pro 7B ist den Bildgeneratoren der US-Konkurrenz wohl ebenfalls nahezu ebenbürtig.

Und anders als DALL-E, Stable Diffusion & Co. versteckt sich Janus nicht hinter einer Paywall, sondern ist kostenfrei nutzbar, sowohl für kommerzielle als auch private Anwendungsfälle. Der Zugriff auf die APIs DeepSeeks kostet einen Bruchteil der Preise für die Nutzung der Modelle von OpenAI.

„Schlimmer“ noch: DeepSeek hat seine KI-Modelle allesamt unter einer MIT-Lizenz veröffentlicht. Und jeder kann eine destillierte Version lokal auf relativ bescheidener Hardware oder in eigenen Cloudinstanzen nutzen. Außerdem haben die Macher ein Paper veröffentlicht, in dem sie die Funktionsweise – wenn auch nicht die Trainingsdaten – offenlegen.

Es steht der Verdacht im Raum, dass DeepSeek sich entgegen der OpenAI-Nutzungsbedingungen zum Training seiner Modelle bei ChatGPT bedient haben könnte. Dafür hat OpenAI bisher

keine Beweise. Doch selbst wenn es so sein sollte: An der Tatsache, dass DeepSeek das gesamte Narrativ der KI-Branche ins Wanken bringt, ändert es nichts. Die westlichen KI-Entwickler haben ihren Zauber bis auf Weiteres verloren.

DeepSeek hat gezeigt, dass Betrieb und Weiterentwicklung leistungsfähiger KI-Modelle auch ohne astronomischen Energieaufwand und leistungsstärkste Hardware möglich sind. Die Aktie von KI-Chipentwickler NVIDIA ist eingebrochen. OpenAI-CEO Sam Altman deutete jüngst in einem Ask Me Anything auf Reddit an, dass es innerhalb der Firma Überlegungen gebe, die Open-Source-Strategie zu überdenken.

Weniger Energieaufwand, weniger Hype und mehr Open Source würden der Branche insgesamt guttun, unabhängig davon, was vielleicht in Zukunft noch über Methoden, Praktiken und Hintergründe von DeepSeek ans Licht kommt. Was die KI aus China anders macht, lesen Sie in der Zwischenzeit ab Seite 34.



Kathrin Stoll

Kathrin Stoll



TERRA PC-MICRO 6000C GREENLINE

Intelligente Sicherheit

Wir passen auf. Mithilfe von Analysen und KI können wir täglich 43 Billionen Signale synthetisieren und so digitale Bedrohungen und kriminelle Cyberaktivitäten verstehen und verhindern. Im vergangenen Jahr wurden mehr als 70 Milliarden E-Mail-Angriffe und

ERHÄLTlich BEI IHREM TERRA FACHHÄNDLER

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

WORTMANN AG empfiehlt Windows 11 Pro für Unternehmen.



TERRA PC-MICRO 6000C GREENLINE

- Intel® Core™ i5-1334U Prozessor
(12 MB Intel Smart Cache, bis zu 4.60 GHz)
- Windows 11 Pro
- 16 GB RAM Speicherkapazität
- 500 GB SSD Gesamtspeicherkapazität
- Intel® Iris® X^e Graphics

Artikelnr.: 1000051

TERRA LCD/LED 3295W PV 4K

- 31.5" (80 cm) Bildschirmdiagonale
- 3840 x 2160 (4K UHD) Pixel
- 16:9 Seitenverhältnis
- Paneltechnologie IPS
- USB-C, HDMI, Displayport 1.2,
DisplayPort-Ausgang (Daisy-Chain)
- Multifunktionsstandfuß mit Höhenverstellung,
Neigung und horizontaler Schwenkfunktion

Artikelnr.: 3030234

terra 
IT. MADE IN GERMANY.

Identitätsbedrohungen abgewehrt. Noch bevor du deinen PC startest, ist Windows 11 auf der Hut. Windows Software arbeitet mit deiner Hardware zusammen und wurde entwickelt, um deine Anwendungen, Identität, Informationen und Privatsphäre zu schützen.

*Für alle,
die mehr wollen!*



* Änderungen und Irrtümer vorbehalten.
Es gelten die AGB der Wortmann AG, zu finden unter www.wortmann.de. Solange der Vorrat reicht. Keine Mitnahmegarantie.

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

www.wortmann.de

WORTMANN AG
IT. MADE IN GERMANY.

Titelthemen

Die DSL-Abschaltung naht

- 16 Zeitplan** Die Tage der DSL-Technik sind gezählt
- 22 Kosten und Leistung** DSL, Kabel, Glasfaser, 5G, Sat
- 28 Umstieg** von DSL auf Glasfaser, TV-Kabel, Funk

Keine Updates trotz Windows 11

- 54 Windows 11** Die Upgrade-Falle schnappt zu
- 60 c't-Trick** Ausweg aus der Upgrade-Falle

Speicher fürs Balkonkraftwerk

- 86 Test und Tipps** Smarte Akkus und Stromtarife

Aktuell

- 14 Seagate** Betrug mit Festplatten weitet sich aus
- 32 Reha-Patientendaten ungeschützt im Internet**
- 34 DeepSeek** Chinesische KI mischt Szene auf
- 36 Internet** Chat-GPT, Threads, Open Euro LLM
- 37 Digitalisierung** Fax-Abschied schmerzt
- 38 Bit-Rauschen** Es kracht kräftig in der KI-Branche
- 39 Hardware** RTX 5080/90, 64-GByte-CUDIMMS
- 40 Displays** OLED-Panel mit RGB-Tandemstruktur
- 41 Netze** Let's Encrypt ohne Mail, neue Seagate-Platten
- 42 Solarstrom** Bund bekämpft Überschüsse
- 44 Mobilfunk via Satellit** Neue LEO-Satelliten
- 46 Streaming** Allianz zwischen Amazon und Hollywood
- 47 Forschung** KI für Batterien, perfekt gekochtes Ei
- 50 Web-Tipps** Hilbert-Hotel, Physikspiel, Kochbuch

Test & Beratung

- 64 Samsung Galaxy S25 Ultra und S25+**
- 68 Erstes Notebook mit Core Ultra 200H**
- 70 All-Flash-NAS Terramaster F8 SSD Plus**
- 72 microSD-Karte** T-Create ExpertSMART
- 73 Präzisions-Joystick** MoveMaster RSG

- 74 Aussprachetrainer-App** BoldVoice für Englisch
- 74 Duolingo** Videocalls nun auch unter Android
- 75 Dating-App** Blindmate
- 76 Fotoshow-Software** AquaSoft Video Vision 2025
- 77 Zauberwürfel** Rubik's Connected X mit Elektronik
- 78 Terminal-Emulator** Ghostty
- 79 Shutter Encoder** Wandler für Video und Audio
- 80 Smartphone** Redmi Note 14 Pro+ 5G im Test
- 82 Notebook mit LPCAMM2-Speicher**
- 94 Mini-PC mit Core Ultra 9 288V**
- 96 KI: Copilot in privaten Microsoft-365-Abos**
- 166 Bücher** Machtübernahme, Künstliche Intelligenz

Wissen

- 102 KI als Trauerbegleiter**
- 108 Wie Schleswig-Holstein auf Open Source umstellt**
- 114 Interview** Mitautor G. Mazzini über den AI-Act

16 Die DSL-Abschaltung naht



Mit dem Ausbau von Glasfaser wird die alte Kupferteknik überflüssig. Wann und wie DSL abgeschaltet wird, was die neuen Anschlüsse kosten und wie Sie Ihren Haushalt für schnelleres Internet optimal rüsten können, erfahren Sie hier.

- 118 VR-Brillen und Gamification in der Physiotherapie**
- 122 Webservices** programmieren in Go, Teil 2
- 128 Blockiertechniken im Internet von lokal bis global**
- 132 Zip-Malware-Tricks** ausgepackt und erklärt
- 160 Recht** Durchsuchung nach Whistleblower-Tipp

Praxis

- 136 Intel-iMac** zum 5K-Monitor umbauen
- 144 Der optimale PC: Upgrades für den Budget-Gamer**
- 146 Foto-Vorschlagwortung mit beschleunigter KI**
- 150 Multimodale KI** in Python befragen
- 154 Taktile Karten** erstellen, bearbeiten und drucken

Immer in c't

- 3 Standpunkt** DeepSeek: Same, same but open
- 8 Leserforum**
- 13 Schlagseite**
- 52 Vorsicht, Kunde** Ladesäulenbetreiber Aral
- 162 Tipps & Tricks**
- 164 FAQ** Der optimale PC 2025: Bauvorschläge
- 168 Story** Energiewandler
- 176 Inserentenverzeichnis**
- 177 Impressum**
- 178 Vorschau c't** 6/2025

54 Keine Updates trotz Windows 11



Das Support-Ende für Windows 10 naht zum Oktober, Windows 11 bekommt in vielen Fällen jetzt schon keine Sicherheitsupdates mehr. Schuld ist Microsoft, Abhilfe gibts von c't.



- 136 Intel-iMac** zum 5K-Monitor umbauen
- 154 Taktile Karten** erstellen, bearbeiten und ausdrucken



- 122 Webservices in Go** SQL und Timer
- 150 Multimodale KI** in Python befragen



Auf unseren Bericht über Seagate-Festplatten mit manipulierten SMART-Daten hin meldeten sich Hunderte Leser aus aller Welt, die solche Platten gekauft hatten. Ab Seite 14 in dieser Ausgabe finden Sie ein Follow-up zu dem Thema.

Moment ...

Betrug mit Seagate-Festplatten, c't 4/2025, S. 43

Ich war gar nicht so überrascht, als ich in der c't vom Betrug mit Seagate-Platten las. Wo Geld im Spiel ist, sind Betrüger immer nah. Dann fiel mir ein: Moment, mein gerade vor vier Tagen selbst gebauter neuer PC hat ja eine Exos X16 drin. Alle Teile gekauft bei Reichelt, einem doch eher namhaften deutschen Händler. Moment, war die Platte nicht in einem unauffällig einfachen braunen Karton ganz ohne Herstellerdruck? Schnell smartmontools geladen, eingelesen, getestet – Volltreffer. Neu laut SMART, aber FARM verrät: 19.788 Power-on hours, das wären also über zwei Jahre Dauerbetrieb.

Martin Groß

Nicht aus CHIA-Farming

Ich lebe in Thailand und habe gefälschte Seagate-Festplatten auch hier im Onlinehandel gefunden. Auffällig an den von mir erworbenen und aus China versendeten

IronWolf Pro 16 TB war der für die Gegend hier günstige Preis von circa 7200 Baht, entsprechend etwa 200 Euro. Als Herstellungsdatum ist auf den Platten Anfang 2023 angegeben. Eine Garantie-Abfrage bei Seagate nennt drei Jahre verbleibende Garantiezeit.

Beim Einlegen in den Computer fand ich auf den meisten Platten ein Dateisystem. Sie waren mit verschlüsselten Dateien unbekanntens Dateityps befüllt, also offensichtlich benutzt. Die SMART-Werte waren dennoch alle bei null. FARM liefert eine tatsächliche Laufzeit von 10.000 bis 11.000 Stunden extra, in einem Fall 17.000 Stunden extra.

Die gefundenen Dateien passen eher nicht zu CHIA-Farming und auch die Laufzeit von nur eineinhalb Jahren im „ersten Leben“ dieser Platten passt nicht unbedingt zu CHIA. Möglicherweise gibt es also noch andere Quellen für benutzte Platten, die wieder in den Markt kommen.

N.N.

Echt geschockt

Ich habe erst gestern eine IronWolf Pro 16 TB zum Geburtstag geschenkt bekommen und diese umgehend mit smartmontools ausgelesen. Ich war echt geschockt, als mir 12249 Stunden angezeigt wurden, obwohl die Platte noch keine 10 Stunden in meinem Rechner lief. Erworben wurde die Platte via Amazon bei dem Reseller „Savorm GbR“. Ich habe mich bereits an Seagate gewendet und bin mal gespannt, wie ich jetzt an eine neue Platte komme. Da scheint eine ganze Menge dieser manipulierten Platten in Umlauf gebracht worden zu sein.

Janis Robens

Einbruchserie smart planen

Sensorik im privaten Heim soll zukünftig helfen, Verbrechen aufzuklären, c't 4/2025, S. 126

Wie sieht es mit Kriminellen aus, die daran interessiert sind, zu erfahren, ob die Bewohner zu Hause sind? Da würden wahrscheinlich schon die aus der Ferne abzufragenden Smartmeter zur Planung einer erfolgreichen Einbruchserie reichen, oder?

Martin Schwandt

Landepunkt planen

Ein Wetterballon zum Selbermachen, c't 4/2025, S. 130

Ich habe an Forschungsinstituten ballongetragene Messinstrumente entwickelt und geflogen. Um die Nutzlast bei der Suche im Gelände leichter sehen zu können, färben wir alle Boxen in einer Signalfarbe (meist Pink oder Orange). Das geht zum Beispiel mit Sprühfarbe aus dem Baumarkt. Zusätzlich kann man hell aufblitzende LEDs einbauen, die aus der Styroporbox herauschauen.

Beim Planen eines Ballonflugs sollte man unbedingt vorher die Trajektorie mit genauen Gewichts- und Fülldaten berechnen und nur fliegen, falls der berechnete Landepunkt nicht in einem dicht besiedelten Gebiet liegt. Durch Wahl der Füllmenge kann man die Trajektorie beeinflussen: Mehr Gas führt zu einer höheren Aufstiegs- geschwindigkeit (wodurch der Ballon weniger weit fliegt) und einem früheren Platzen. Beim Füllen ist es dann wichtig, die Füllmenge genau einzuhalten. Dabei kann man zum Beispiel den Auftrieb mit einer Federwaage oder Gewichten messen.

Übrigens habe ich bei meinem letzten Projekt ein Raspberry Pi Zero beziehungsweise später ein Beagle Bone Black Wireless genutzt, um die Hauptnutzlast zu steuern, also ähnlich wie beim im Artikel genannten Follow-up-Projekt geplant.

Andreas Schneider

Faires Angebot

Jolla C2 mit Mobil-Linux Sailfish OS 5, c't 4/2025, S. 156

Der Preis von 299 Euro beinhaltet 50 Euro für ein Jahr Android-App-Support und Funktionsupdates. Wer dies danach nicht benötigt, kann SailfishOS und die Android-App-Funktion auch kostenlos weiterbenutzen und erhält zumindest die

Fragen zu Artikeln

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

#DeinMeinBusiness

Mehr T für dein Team!

Mit den Zusatzkarten von T Business holst du dein Team günstig ins beste Telekom-Netz.



Connecting
your world.

Die
T Business
Mobilfunk-
Deals



Hier mehr
erfahren:

Sicherheitsupdates. Des Weiteren ist es möglich, sich ein Reeder S19 Max Pro S zu kaufen und dort kostenlos SailfishOS zu installieren, dann jedoch ohne Android-App-Support.

Wenn man sich in anderen Linux-Smartphone-Lagern umsieht, findet man teils höhere Preise für teils noch schlechtere Hardwareausstattung. Insofern würde ich Jollas Angebot als fair bezeichnen. Der direkte Vergleich mit Apple und Google macht hier meiner Meinung nach keinen Sinn, wegen Mainstream versus Linux-Nische. Das Jolla C2 richtet sich an Benutzer, denen Privatsphäre und Kontrolle wichtig sind.


Niels S. 

Zutiefst undemokratisch

Forscher weisen Sicherheitslücken in der elektronischen Patientenakte nach, c't 3/2025, S. 42

Die ePA war von Anfang an ein Fehlkonzept, und das aus mehreren Gründen. Neben der angesprochenen Unsicherheit in Bezug auf Datendiebstahl hat alles, was massenweise im Internet gespeichert wurde, irgendwann einmal Füße gekriegt: sensible, medizinische Daten gehören nicht ins Internet. Da spielt es keine Rolle, wie hoch das Schutzniveau ist.


Der nächste Skandal, nach dem unkontrollierten Datenabfluss, ist der kontrollierte Datenabfluss: Was gehen Privatunternehmen oder Forschungseinrichtungen höchst sensible Daten der Bürger eines Landes an? Allein schon das Opt-out-Verfahren ist zutiefst undemokratisch. Nun soll also die Politik der Wirtschaft goldene Eier in den Datentrog legen. Ich als Bürger bin damit nicht einverstanden und protestiere.

Michael Schauburger 

Unseriöse Kritik

Ich verstehe Ihre Kritik an der Einführung der ePA wirklich nicht. Google, Facebook, TikTok, Apple und andere kommerzielle Techkonzerne wissen ganz genau, wer was wann macht und kauft, wo er arbeitet, ob sie schwanger ist, welche Medikamente wir brauchen, wo wir wohnen und arbeiten und Urlaub machen und vieles mehr. Sie verdienen Milliarden mit diesem Wissen, diese Daten sind Hunderte oder gar Tausende Male geleakt worden. Aber wehe, der Staat will etwas vom Bürger wissen,

was dem Staat und/oder dem Bürger helfen würde, dann gehen alle auf die Barrikaden. Diese Kritik ist doch unseriös, genauso wie bei der Einführung der Kontakt-App zu Corona-Zeiten.

Andreas Pfaff 

Ganz ohne Geld

Bezos' Milliarden in Pixeln, c't 3/2025, S. 49

In dem Artikel kommt der Vergleich „Mit einem Teil ihres Geldes könne die Menschheit eine neue Entwicklungsstufe erreichen.“ Ich finde diesen Satz falsch. Die Menschen hauen sich immer noch die Köpfe ein wie vor tausenden Jahren – nicht immer mehr tödlich und mit moderneren Waffen, aber mehr auch nicht.

Die wahren Probleme sind doch eher Neid, Gier, Hass, Überheblichkeit, Macht-hunger und -erhalt, Ausbeutung, Unterdrückung. Und diese Dinge kann man auch ganz ohne Geld vertreiben und damit den Menschen besser machen. Wir sehen doch, wie viel Geld in arme Gegenden geschickt wird, was am Ende meist doch nur in Krieg und Reichtum Einzelner endet.

Tobias König 

UEFI nachrüsten

PC von CSM- auf UEFI-Modus umschalten, c't 3/2025, S. 161

Sie schreiben: „Von der bald 13 Jahre alten AMD Radeon HD 7850 etwa gab es Varianten ohne UEFI-kompatible Firmware.“ Mit GOP_Updater kann man die UEFI-Funktionalität in das Grafikkarten-BIOS einfügen: Original BIOS exportieren (zum Beispiel mit GPU-Z), Tool anwenden und das geändertes BIOS zurückflashen. Das hat bei mir mit HD 5670 und HD 6670 funktioniert. Die Farben im BIOS-Screen sind danach etwas seltsam, aber die Funktionalität in Windows und Anwendungen ist okay, da treiberabhängig.

Robert Schwertz 

GOP_Updater auf Github: [ct.de/yf9g](https://github.com/yf9g)


Ich schalte ab

Allerlei Artikel rund um den Raspberry Pi in den vergangenen c't-Ausgaben

Dies hier ist wahrscheinlich der typische Kommentar eines Lesers, der die c't seit


Wir freuen uns über Post

 redaktion@ct.de


 [c't Forum](#)

 [c't Magazin](#)

 [@ctmagazin](#)

 [ct_magazin](#)

 [@ct_Magazin](#)

 [c't magazin](#)

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

Antworten sind kursiv gesetzt.

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

Jahrzehnten gerne liest. Und der weiß, dass es immer wieder zu bestimmten „Themenwellen“ kommt. Es ist eventuell nur ein subjektiver Eindruck, doch erscheint mir die Menge und der Umfang an Artikeln zu Raspis und ihrer Anwendung stetig zuzunehmen.

Das Problem ist: Bei Raspis schalte ich sofort ab. Einige der letzten Ausgaben habe ich nicht mehr so intensiv gelesen, wie es vorher der Normalfall war. Ich verstehe, dass „Raspis und ihre Anwendung“ ein äußerst spannendes Thema für viele c't-Leser ist. Und es ist möglich, dass ich zu einer kleinen Minderheit gehöre, die das nicht interessiert. Das c't-Lesen hat mir jedenfalls mal mehr Freude bereitet, als es mittlerweile der Fall ist.

Dr. Volker Wagner 

Ergänzungen & Berichtigungen

Falscher Herstellername

DDR5-Speichermodule für hohe Geschwindigkeiten im Test, c't 3/2025, S. 101

In der Tabelle „Schnelles DDR5-RAM: Benchmarks“ sind die Speichermodule T-Force Xtrem ARGB DDR5-7600 einem falschen Hersteller zugeordnet. Sie stammen von Teamgroup.

1&1 DSL & Glasfaser

Telefonieren, Surfen und Streamen – jetzt mit doppelter Geschwindigkeit zum gleichen Preis.*

1&1 – Immer wieder besser.



AKTION
Doppelte
Geschwindigkeit,
gleicher Preis!*

AKTION

Doppelt so schnell surfen und streamen zum gleichen Preis, z. B. 300 MBit/s zum Preis von 150 MBit/s bei 1&1 Glasfaser. Oder 250 MBit/s zum Preis von 100 MBit/s bei 1&1 DSL.

ab **9,99** €/Monat*
nach dem 10. Mon.
ab 39,99 €/Mon.

1&1

1und1.de



0721 / 960 6060

Sie erreichen uns rund um die Uhr kostenlos aus dem 1&1 Netz.



*1&1 DSL 50 oder 1&1 DSL 100 bzw. 1&1 Glasfaser 50 oder 1&1 Glasfaser 150 (nach Verfügbarkeit ggf. 1&1 Glasfaser 100), jeweils für 10 Monate für 9,99 €/Monat, danach 39,99 €/Monat, bzw. 1&1 DSL 250 oder 1&1 Glasfaser 300 (nach Verfügbarkeit ggf. 1&1 Glasfaser 250), jeweils für 10 Monate für 9,99 €/Monat, danach 44,99 €/Monat. Internet-Flat: Unbegrenzt surfen mit bis zu 50 – 300 MBit/s (abhängig vom gewählten Tarif). Glasfaser-Tarife in vielen Regionen möglich. Ggf. Glasfaser-Ausbau und Eigentümergenehmigung erforderlich. Aktion: Baumaßnahmen kostenfrei. Keine Baukosten bis zur Glasfaserdose nach dem Hausübergabepunkt. Je nach Wohnsituation sind ggf. Leitungswege durch Eigentümer im Haus vorzubereiten. Für alle Tarife gilt: Telefon-Flat: Kostenlos ins dt. Festnetz telefonieren. Anrufe in dt. Mobilfunknetze 19,9 ct/Min. Mögliche Hardware: z. B. 1&1 HomeServer Speed+ für 9,99 €/Monat. Der Preis fällt zu den zusätzlichen monatlichen Tarifleistungen an, die zusammen mit der Hardware angeboten werden. Versand einmalig 9,90 €. Bereitstellung einmalig 49,95 € (1&1 DSL) bzw. 69,95 € (1&1 Glasfaser). Mindestlaufzeit 24 Monate. Kündigungsfrist 1 Monat zum Ende der Vertragslaufzeit. Abbildung ähnlich, Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Preise inkl. MwSt. 1&1 Teleco GmbH, Elbenderferde Str. 57, 56410 Montabaur. WEEE-Reg.-Nr. DE13470330

INDIA'S LARGEST DEDICATED
EXHIBITION FOR CYBERSECURITY



Join us at
**Cyber Sec India
Expo 2025** to drive
innovation and stay ahead
in cybersecurity.



Cyber Sec India Expo



powered by  heise

SAVE THE DATE

11-12 JUNE 2025

Hall 4,
Bombay Exhibition Centre
Mumbai, India

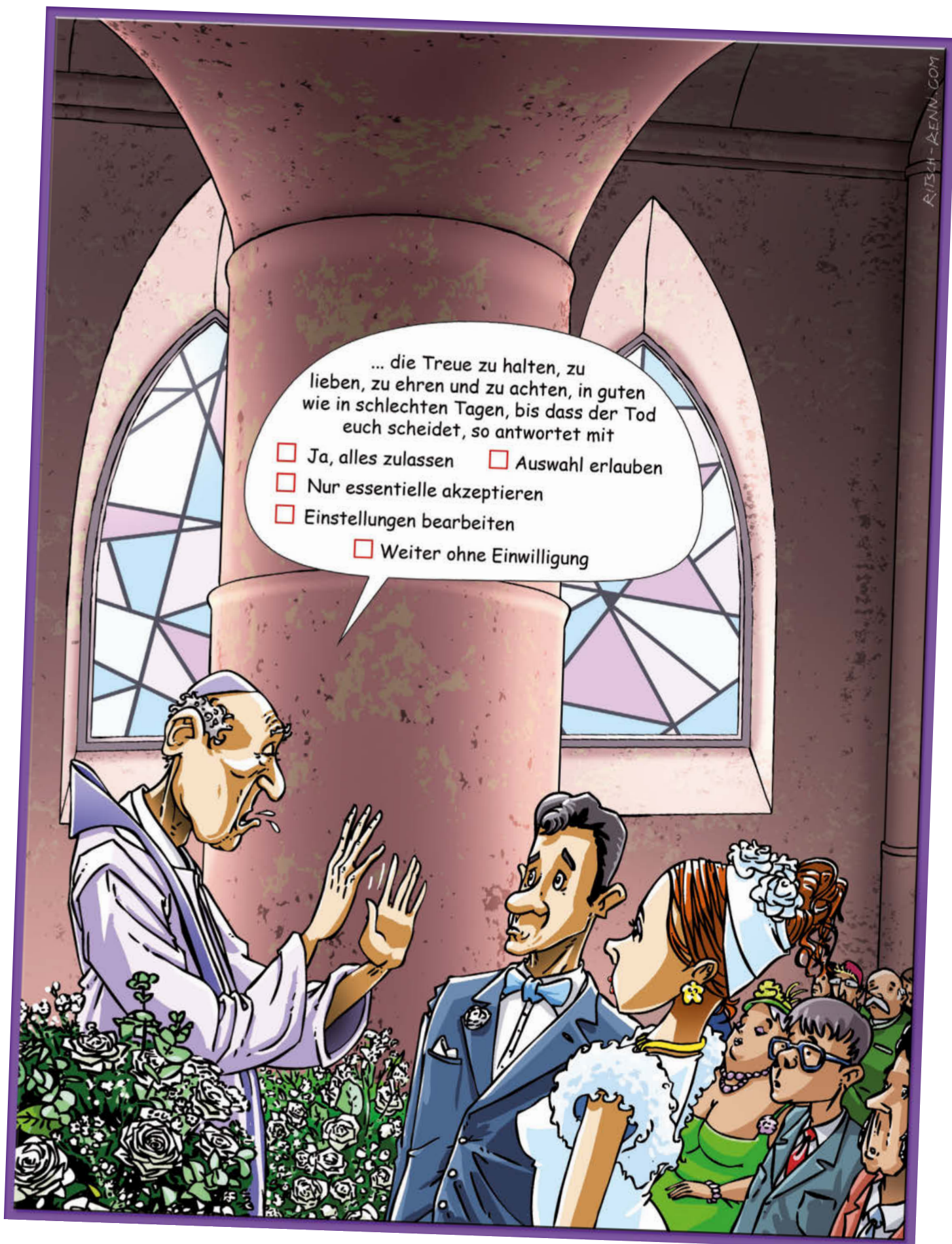
cybersecindiaexpo.com

 **heise medien** and



MEDIA FUSION
PUBLICATIONS • TRADE SHOWS • EVENTS

enter into partnership for CyberSec India Expo



Weitere Schlagseiten auf ct.de/schlagseite

Ranzige Neuware

Betrug mit Seagate-Festplatten weitet sich weltweit aus

Mehr als 200 Leser haben uns mittlerweile davon berichtet, gebrauchte Festplatten erhalten, aber neue bezahlt zu haben. Selbst aus Australien und Thailand erreichten uns Nachrichten.

Von Lutz Labs

Viele Onlinehändler verschickten in den vergangenen Wochen Seagate-Festplatten als Neuware, die jedoch bereits sehr viele Stunden gelaufen waren. Betrüger hatten die SMART-Werte gebrauchter Laufwerke zurückgesetzt und schleusten sie über bisher unbekannte Wege wieder in die Distribution ein. Auch offiziell von Seagate empfohlene Händler sind betroffen. Über erste Erkenntnisse hatten wir bereits in der vergangenen Ausgabe der c't berichtet [1].

Der Betrug geht über Deutschland und angrenzende Länder hinaus: Wir erhielten mittlerweile Nachrichten aus Australien, China, Thailand und den USA. Dabei geht es vor allem um Seagate-Festplatten aus der Server-Baureihe Exos, und zwar mit Kapazitäten von 12, 14 und vor allem 16 TByte. Dazu gesellen sich einzelne Fälle von NAS-Platten aus der Ironwolf (Pro-)Reihe mit 8, 10 und 16 TByte. Alle diese Laufwerke protokollieren ihre Betriebsdaten nicht nur mit den üblichen SMART-Werten, sondern zusätzlich über sogenannte Field Accessible Reliability Metrics (FARM).

SMART-Werte lassen sich mit Softwaretools zurücksetzen. Einige davon stammen jedoch aus dubiosen Quellen und finden sich nur auf fragwürdigen Download-Websites mit hohem Malware-Risiko.

Die FARM-Werte allerdings kann nach bisherigem Wissen nur Seagate zu-

rücksetzen. Dies passiert auch bei Laufwerken, die Seagate selbst überprüft und dann als „recertified“ wieder in den Handel bringt. Diese werksseitig aufbereiteten Laufwerke sind anhand ihrer Aufkleber und einer auf der Stirnseite eingelasserten Markierung „Recertified“ eindeutig identifizierbar und von den aktuellen Betrügereien nicht betroffen.

Rund 25.000 Stunden in Betrieb

Mehr als 200 Leser von c't und heise online haben sich mittlerweile per Mail bei uns gemeldet und berichtet, betrogen worden zu sein. Die jeweiligen Laufwerke waren nach ihren Angaben zwischen 10.000 und 50.000 Stunden in Betrieb,



Die Edding-Beschriftung stammt von unserem Leser, aber Kratzer und Aufkleberreste weisen sehr deutlich auf eine gebrauchte Festplatte hin.

der Mittelwert liegt bei rund 25.000 Stunden, also rund 34 Monaten Dauerbetrieb.

Herausfinden lässt sich das unter Windows und Linux etwa mit den smartmontools (alle Downloads über ct.de/ydqp) und deren Befehl `smartctl -l farm /dev/sd[X]`, wobei das [X] für die passende Seagate-Festplatte steht. Die Angabe „Power on Hours“ sollte mit dem Wert der Ausgabe von `smartctl -a /dev/sd[X]` übereinstimmen.

Mittlerweile gibt es weitere Möglichkeiten, eine Diskrepanz zwischen diesen beiden Werten festzustellen. Der Programmierer des Hard Disk Sentinel, eines weiteren SMART-Tools für Windows, hat auf unsere Anregung hin ebenfalls die Erkennung der FARM-Werte implementiert. Die Version 6.20.7 liegt als Beta-Ausgabe zum Download bereit, bitte beachten Sie die Hinweise zur Erkennung der FARM-Werte.

Besitzer eines Synology-NAS können mit der werksseitig installierten Version der smartmontools die FARM-Werte nicht abfragen, weil diese veraltet ist. Gerade in NAS aber laufen viele Serverfestplatten. Ein Reddit-Nutzer hat ein Docker-Image mit der aktuellen Version zusammengestellt, welches sich einfach auf einem Synology-NAS ausführen lässt.

Platten aus Chia-Farmen?

Woher die Platten stammen, ist bislang ungeklärt. Allerdings sollen derzeit in China sehr viele solcher gebrauchten Laufwerke im Angebot sein. Ein Teil davon könnte aus ehemaligen Rechenfarmen für die Kryptowährung Chia stammen, die abgeschaltet wurden, weil sich das Farmen solcher Coins nicht mehr lohnt: Die Energiekosten liegen mittlerweile über dem zu erwartenden Gewinn.

Der verfügbare Speicherplatz in diesem Netz sinkt seit dem Sommer 2024, und zwar von damals rund 34 Exabyte auf nunmehr noch rund 19 Exabyte. Der Verlust von 15 Exabyte entspricht rund einer Million Festplatten mit je 16 TByte Bruttokapazität. Die werden nicht alle von Seagate stammen, der Hersteller hat am Festplattenmarkt jedoch einen Anteil von mehr als 40 Prozent. Es könnten grob geschätzt also mehr als 400.000 gebrauchte Seagate-Laufwerke aus den Chia-Farmen ausgemustert worden sein.

Reaktion von Seagate

Seagate als Hersteller der Festplatten streitet jede Verwicklung in den Betrug ab. Das Unternehmen untersucht nach eige-

Bild: Markus Voigt

nen Angaben diesen Fall gründlich. Seagate habe diese Festplatten weder an Händler verkauft noch vertrieben, schreibt der Hersteller in einer Stellungnahme.

Details zur laufenden Untersuchung will Seagate Deutschland nicht mitteilen. In anderen Ländern ist der Seagate-Support gesprächiger: Einem Kunden aus dem asiatischen Raum wurde am Telefon mitgeteilt, seine Platte sei ursprünglich an ein chinesisches Unternehmen in der Mongolei verkauft worden.

Austausch

Wir gehen bisher davon aus, dass weder Seagate noch die betroffenen Händler ein Interesse haben, ihre Kunden zu betrügen. Käufer betroffener Festplatten haben einen Vertrag mit ihrem Händler, der somit der Ansprechpartner für einen Umtausch oder eine Rückabwicklung des Kaufvertrags ist.

Würden die Laufwerke nicht für einen Dauereinsatz angeschafft, könnte man die Platten behalten und mit dem Verkäufer einen Rabatt aushandeln. Vorteil ist, dass ein zeitaufwendiges Backup und Restore großer Datenmengen unterbleiben kann. Einen Vorabaustausch bietet nach unserem Kenntnisstand aktuell keiner der Händler an.

Zu einem Austausch dürften viele Händler sich aktuell jedoch sowieso nicht in der Lage sehen. Seagate-Festplatten mit 16 TByte sind gerade Mangelware, weil viele Händler die betroffenen Modelle und die Handelswege jetzt erst einmal genau prüfen. Sie werden daher eher den Kaufpreis zurückerstatten.

Auf Anfrage von c't gaben die meisten Händler an, zu beanstandende Laufwerke über ihre normalen Distributionskanäle erhalten zu haben. Manche schrieben auch, dass ihre Vorlieferanten ebenfalls getäuscht worden seien. Hinweise zur Distributionskette nehmen wir gerne entgegen, auch über unseren anonymen Briefkasten unter heise.de/investigativ.

Neukauf

Der Kauf einer neuen Festplatte dürfte in Zukunft komplizierter werden. Wenn Sie online kaufen, machen Sie immer einen Screenshot vom Angebot, damit sich eine spätere Veränderung der Website – Refurbished, Recertified, gebraucht oder wie auch immer die Händler es nennen – nicht auf Ihren Kaufvertrag auswirkt.

Sobald Sie die Rechnung per Mail bekommen, schauen Sie nach der Serien-



Bild: Pascal K.

Eine von Seagate rezertifizierte Festplatte ist am eingelaserten Schriftzug auf der Stirnseite eindeutig als solche erkennbar. Solche Platten sind vom Betrug *nicht* betroffen.

nummer. Steht sie dort nicht drauf, müssen Sie bis zum Erhalt der Ware warten. Der Aufkleber ist durch die Antistatik-Verpackung lesbar, geben Sie die Seriennummer auf einer der unter ct.de/ydqp verlinkten Websites ein und prüfen Sie die Garantiefrist.

Auch das Produktionsdatum gibt einen relativ sicheren Hinweis auf Neeware: Die maximal zulässige Lagerdauer einer Seagate-Festplatte beträgt laut Hersteller 180 Tage in der ungeöffneten Originalverpackung oder 60 Tage im unverpackten Zustand innerhalb der definierten Grenzen für den Nichtbetrieb.

Auf der Gehäuseunterseite vieler Seagate-Festplatten befindet sich ein weiterer Hinweis auf das Produktionsdatum: eine zweistellige Jahreszahl in einem Steuerrad mit zwei Kreisen. Seagate wollte uns zwar nicht bestätigen, dass dies auf das Produktionsjahr der Festplatte hinweist, aber bei den Laufwerken aus unserem Fundus kommt das bis auf eine spezielle Ausnahme hin.

Eine weitere Methode, sich vor dem aktuellen Betrug zu schützen: Kaufen Sie möglichst moderne Laufwerke. Das sind meistens die größten gerade lieferbaren, aktuell sind es etwa Kapazitäten von 24 bis 28 TByte. Solche Laufwerke sind gebraucht noch nicht in größeren Stückzahlen erhältlich. Allerdings sind die neuesten Modelle auch immer am teuersten.

Leider verkaufen auch Einzelhändler viele sogenannte OEM-Laufwerke. Die sind eigentlich für gewerbliche Käufer größerer Stückzahlen gedacht. Für diese Ware gilt keine Herstellergarantie, sondern lediglich die gesetzliche Gewährleistung des Händlers. Manche Händler übernehmen angeblich die längere Garantie der Hersteller – aber dabei muss man dem Händler vertrauen. Viele Händ-

ler liefern gar keine der eigentlich für Endkunden bestimmten Laufwerke mit voller Garantie. Die Hersteller behaupten, solche Consumer-Produkte seien über autorisierte Distributoren (Zwischenhändler) lieferbar. Manche Einzelhändler behaupten hingegen, das sei nicht der Fall.

Vom Hersteller rezertifizierte Laufwerke können echte Schnäppchen sein. Solche sind von Fälschungen wahrscheinlich nicht betroffen. Sie durchlaufen eine ausführliche Prüfung im Werk.

Steht im Angebot jedoch „refurbished“ oder „überholt“, dann heißt das wahrscheinlich, dass der Händler die Platte lediglich gelöscht und den Staub abgewischt hat. Ehrlicher wäre die Angabe „gebraucht“. Falls Sie eine solche Platte tatsächlich kaufen möchten, fordern Sie vom Verkäufer am besten vorab die Ausgaben üblicher SMART-Tools an, damit Sie kein völlig ausgenudeltes Exemplar erhalten.

Ob man beim Kauf von Festplatten der beiden anderen verbliebenen Hersteller Toshiba und Western Digital auf der sicheren Seite ist, ist unklar. Denn auch bei diesen lassen sich die SMART-Werte zurücksetzen. Der Betrug wurde bei den Seagate-Platten nur bemerkt, weil die Platten zusätzlich die FARM-Werte speichern – solche erweiterten Diagnosewerte sind bei Toshiba und Western Digital nicht vorhanden. Sofern solche Laufwerke beim Kauf laut Aufdruck schon ein paar Jahre alt sind, raten wir zur Vorsicht. ([!!@ct.de](mailto://@ct.de)) **ct**

Literatur

- [1] Lutz Labs, Aus alt mach neu, Betrug mit Seagate-Festplatten, c't 4/2024, S. 43

Tools und Garantieabfragen: ct.de/ydqp

Abschied vom Kupfer

Wie die DSL-Abschaltung in Deutschland ablaufen wird



Die Tage der DSL-Technik sind gezählt	Seite 16
DSL, Kabel, Glasfaser: Kosten und Leistung im Vergleich	Seite 22
Tipps für den Umstieg von DSL auf Glasfaser, TV-Kabel oder Funktechnik	Seite 28

Die Tage der DSL-Anschlüsse sind gezählt. Bereits in acht Jahren könnten sie deutschlandweit abgeschaltet und durch Glasfaseranschlüsse ersetzt sein. Bis dahin gibt es aber noch viel zu tun.

Von Urs Mansmann

Die Breitbandzukunft hat in Bad Salzungen und Wiesbaden schon begonnen. Dort wurden im vergangenen Jahr die ersten Anschlussgebiete komplett von DSL auf Glasfaser umgestellt. In einem Pilotprojekt testete die Branche, wie ein forcierter Umstieg in der Praxis funktionieren könnte. In Bad Salzungen kündigten die Zugangsanbieter 251 Kunden und zwangen sie damit zum Umstieg, in Wiesbaden wurde lediglich der Vertrieb neuer Kupferanschlüsse für 450 Haushalte eingestellt, sie sollten zunächst freiwillig wechseln, indem man den DSL-Kunden Glasfaserangebote unterbreitete. Die Branche testete also, wie die Kunden auf harten Zwang oder sanften Druck zum Wechsel reagierten.

Die beiden Projekte sind Vorboten dessen, was in den nächsten Jahren schrittweise auf immer mehr DSL-Nutzer zukommt. Denn die Zeit der Kupfertechnik läuft ab. Geht es nach der EU-Kommission, soll der Übergang zu Glasfaser schon 2030 europaweit abgeschlossen sein, um mit Gigabit-Geschwindigkeit in jedem Haushalt die Digitalisierung voranzubringen.

Einige europäische Länder wie Frankreich oder Schweden dürften dieses Ziel locker erreichen, in Deutschland wird es aber voraussichtlich länger dauern. Denn beim Ausbau der Glasfasernetze steht Deutschland im Europavergleich zusammen mit Griechenland und Tschechien ganz hinten. Gerade einmal fünf Prozent ihres Netzes habe die Deutsche Telekom auf FTTB (Fiber to the Building) oder FTTH (Fiber to the Home) umgestellt, konstatiert der Lobbyverband FTTH Council.

Die Telekom nennt andere Zahlen: Rund zehn Millionen Haushalten bietet sie nach eigenen Angaben einen Glasfaseranschluss an. Ihren Marktanteil bei den mit FTTH versorgten Haushalten habe sie

in den vergangenen vier Jahren von 36 auf 48 Prozent gesteigert. Insgesamt sind bei allen Zugangsanbietern zusammengenommen also rund 50 Prozent der Haushalte mit Glasfaser versorgt.

Die Diskrepanz zwischen den unterschiedlichen Angaben liegt an der Zählweise: Als versorgt gelten auch Haushalte, die unter die Kategorie „Homes Passed“ fallen. Das bedeutet, dass in der Straße Glasfaser liegt, aber die Stickleitung ins Haus möglicherweise eben noch nicht. Diese Haushalte gelten zwar als erschlossen, können aber nicht ohne Weiteres einen Anschluss bekommen, denn das letzte Stück Leitung fehlt ja noch. Ist im Haushalt bereits eine Anschlussdose montiert, gehört er zur Gruppe „Homes Connected“, bei diesen könnte man jederzeit

ein Glasfasermodem anschließen und den Anschluss aktivieren. Sobald das passiert ist, fällt das unter „Homes Activated“.

Glasfaserversorger und Politiker nennen gerne die Zahl für „Homes Passed“, denn die liegt derzeit ungefähr doppelt so hoch wie die für „Homes Connected“ und lässt sich deshalb besser verkaufen. Die Zahl der Haushalte mit einem tatsächlich gebuchten Glasfaseranschluss liegt nochmals niedriger. 2024 betrug der Anteil der aktivierten Anschlüsse im Verhältnis zu „Homes Passed“ 28 Prozent. Geht man davon aus, dass derzeit nur die Hälfte aller Haushalte in irgendeiner Form ans Glasfasernetz angeschlossen werden kann, liegt der reale Marktanteil der Glasfaseranschlüsse also bei knapp 15 Prozent.

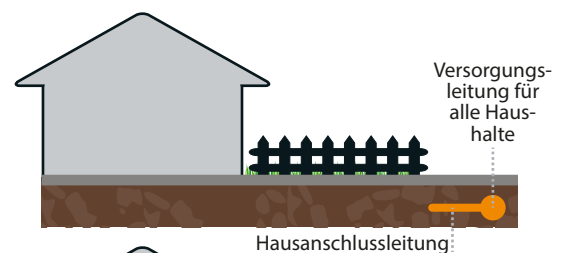
Die Nachfrage nach Glasfaseranschlüssen ist auch deswegen so niedrig, weil viele Kunden bereits Anschlüsse auf Kupferbasis haben und keinen Anlass sehen, zu einer neuen Technik zu wechseln. Verlässlichere Verbindungen, höhere mögliche Datenraten, geringere Latenzen und ein geringerer Energieverbrauch allein genügen vielen Kunden offenbar nicht als Grund. Die schleppende Nachfrage bremst den Glasfaserausbau aus und verschiebt Termine für einen Kupferausstieg nach hinten.

Ausbaustufen für Glasfaser

Die Anschlusszahlen für Glasfaser unterscheiden sich stark für die unterschiedlichen Ausbaustufen. In Deutschland unterscheidet man nach drei Kategorien.

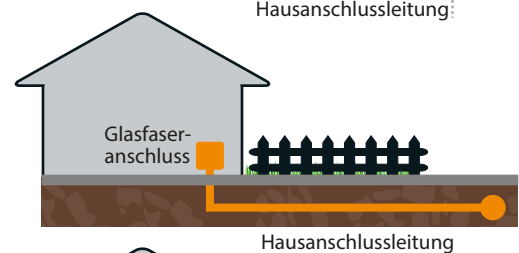
Homes Passed

Unter der Straße vor dem Haus liegt bereits ein Glasfaserkabel, die Hausanschlussleitung ist aber noch nicht fertig gestellt.



Homes Connected

Der Glasfaseranschluss liegt bis in die Wohnung, ist aber noch nicht geschaltet.



Homes Activated

Der Glasfaseranschluss ist geschaltet und wird aktiv für den Internetzugang und optional weitere Dienste genutzt.



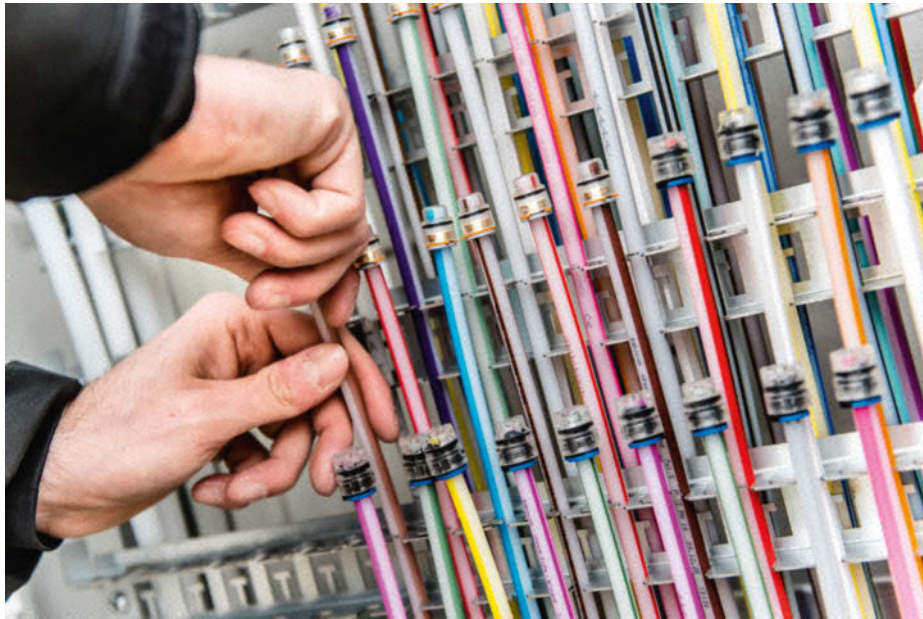


Bild: Deutsche Telekom

Die Glasfaserkabel zu den anliegenden Häusern laufen durch Leerrohre zu Netzverteilern am Straßenrand und von dort weiter in die Vermittlungsstelle.

Das oft gehörte Argument von Breitbandkunden, dass die erzielbaren Datenraten auf Kupferkabeln für alle ihre Anwendungen ausreichen, führt allerdings in eine Sackgasse. Wie beim Aus für ISDN vor vielen Jahren erzwingt der technische Fortschritt auf mittlere Frist die Umstellung auf neue Technik. Weltweit spielt DSL-Technik eine immer geringere Rolle, fast alle anderen Länder, sowohl in der EU als auch weltweit, sind bei der Umstellung auf Glasfaser bereits viel weiter als Deutschland. Es wird also zunehmend schwieriger, Ersatzteile für die bestehenden Installationen zu finden und passende Router oder Modems für die Kunden zu beschaffen. Hinzu kommt, dass der Bandbreitenhunger von Privathaushalten kontinuierlich zunimmt. Es ist also abzusehen, dass in einigen Jahren ein 250 Mbit/s-Anschluss nicht mehr ausreichen wird.

Kriterien für den Ausbau

Bevor das Kupfernetz abgeschaltet werden kann, muss das Glasfasernetz ausgebaut sein. Bei der Erschließung neuer Haushalte prognostizieren die Glasfasernetzbetreiber die Nutzung, schätzen die Investitionskosten und berechnen die Wirtschaftlichkeit. Je geringer die Zahl der potenziellen Kunden ausfällt, desto geringer sind die prognostizierten Umsätze und damit die Chancen, dass sich der Ausbau ohne Zuschüsse rechnet.

Zu Beginn eines Ausbauvorhabens sammeln die Anbieter vielerorts Vorver-

träge. Stellt sich dabei heraus, dass das Interesse geringer ist als prognostiziert, stellen sie das Projekt womöglich wieder ein und buddeln woanders, wo es sich eher für sie lohnt. Wer gerne Glasfaser haben möchte, ist also gut beraten, dieses Interesse auch beispielsweise durch einen Vorvertrag zu signalisieren und dafür auch bei Nachbarn zu werben. Geringes Interesse führt dazu, dass die Ausbaupläne zurückgestellt werden.

Ein großes Ärgernis für Glasfaseranbieter ist es, wenn sie nicht allein bleiben, sondern ein Konkurrent gleichzeitig oder anschließend eigene Kabel verlegt. Volkswirtschaftlich ist es nicht sinnvoll, zwei parallele Infrastrukturen zu betreiben, weil das unterm Strich die Kosten hochtreibt. Statt ein Gebiet zweimal zu versorgen, ist es sowohl aus Sicht der Anbieter als auch der von Kunden günstiger, wenn dafür ein zusätzliches unerschlossenes Gebiet versorgt wird.

Glas gegen Kupfer

Ein Konflikt entsteht aber nicht nur bei einem Doppelausbau, sondern auch, wenn ein neuer Anbieter Glasfaser ausbaut, wo bisher nur Kupferkabel liegt. Das Interesse des Kupferkabelbetreibers ist es, die Kunden möglichst lange zu halten, um den Umsatz nicht zu verlieren. Das Interesse des Glasfaserbetreibers ist es, möglichst schnell möglichst viele Kunden zu gewinnen, um die Kosten für den Betrieb und die Investitionen wieder einzuspielen.

Einfach liegt der Fall, wenn Kupfer- und Glasfaserausbau vom gleichen Unternehmen stammen. Dann ist es für den Anbieter am lukrativsten, wenn er nach dem Ausbau die Kunden möglichst schnell von Kupfer auf Glasfaser migrieren und die alte Kupferinfrastruktur abschalten kann.

Der EU-Rat stellte klar, dass eine Kupferabschaltung zwar den Ausbau von Glasfasernetzen unterstützen könnte, dass aber Wettbewerb und Verbraucherrechte dabei berücksichtigt werden sollten. Eine harte Abschaltung bei Erreichen eines Zieldatums, ohne dass es anderweitigen Ersatz gibt, droht also nicht. So wie beim analogen UKW-Rundfunk, der ursprünglich spätestens 2015 abgeschaltet werden sollte, aber bislang jede gesetzte Deadline überlebt hat, wird die DSL-Technik an vielen Orten so lange weiterbetrieben, wie es dafür Nachfrage gibt und kein Nachfolger am Start ist.

Die Branchenverbände der Telekommunikationsanbieter möchten den Übergang gerne beschleunigen. Der Bundesverband Breitbandkommunikation (BREKO) fordert, dass die Telekom nicht alleine darüber entscheiden dürfe, wann sie den Betrieb ihrer DSL-Vermittlungen einstellt, und plädiert damit für eine Abschaltung auch dort, wo andere Unternehmen Glasfaser ausgebaut haben. „Das aber darf nur für Gebiete gelten, in denen mehr als 95 Prozent der Haushalte mit Glasfaser versorgt sind und wo das Netz offen für Mitbewerber ist“, erklärte Sven Knapp, der Geschäftsführer des Hauptstadtbüros des BREKO, im Gespräch mit c't.

Damit spricht er einen sehr wichtigen Punkt an: Der Umstieg auf Glasfaser und die Abschaltung der Kupfer-Infrastruktur könnte vielerorts dazu führen, dass ein einzelnes Unternehmen ein Quasimonopol besitzt. Eine Öffnung der Netze für Konkurrenten zu regulierten Konditionen, wie sie die Telekom-Konkurrenten anstreben, baut dem vor und sorgt mit regulierten Vorleistungspreisen für ein einheitliches Preisgefüge.

Gibt es weder Öffnung noch Konkurrenz, versagen auch die Marktmechanismen. Konkurrenten, die durch günstigere Preise Kunden von einem örtlichen Glasfasermonopolisten abwerben wollten, der ihnen keine Vorleistungen anbietet, müssten mit langem zeitlichem Vorlauf erheblich investieren – um dann womöglich durch eine strategische Preissenkung wieder ausgekontert zu werden. Trotz dieser

möglichen Probleme entschied sich die Bundesnetzagentur 2022 zu einer „Regulierung light“, in der der Zugang zu den neuen Glasfasernetzen flexibler reguliert ist als bisher zu den Kupfernetzen.

Verpflichtende Abschaltung

Aus Sicht der Branchenverbände müsste die Bundesnetzagentur die DSL-Betreiber zu einer Abschaltung verpflichten können, wenn die Voraussetzungen hierfür vorliegen. Die erste und wichtigste Voraussetzung ist dabei, dass in den betroffenen Gebieten fast alle Haushalte bereits anschlussfertig mit Glasfaser erschlossen sind. Für die Betroffenen heißt das, dass sie keine Angst haben müssen, plötzlich ohne Internetanschluss dazustehen.

Außerdem müsste der Glasfaseranbieter, der von der DSL-Abschaltung profitiert, den bisherigen DSL-Betreibern Zugang zu seinem Netz ermöglichen, so dass diese ihre Kunden weiter versorgen können, nur dann eben über eine eingekaufte Glasfaser statt über das selbst betriebene DSL-Netz.

Hinzu käme, dass man den betroffenen Unternehmen und ihren Kunden mindestens ein Jahr Vorlaufzeit einräumen müsste, um den Übergang organisieren zu können. In Deutschland stehen rund 180.000 MSANs (Multi-Service Access Node), also dezentrale Vermittlungsstellen, die die direkt umliegenden Gebäude mit DSL versorgen. Für jeden dieser MSANs muss man die Migration von Kupfer auf Glasfaser einzeln planen, eine Mammutaufgabe.

Allerdings hätte man mit einem solchen Vorgehen zwei Fliegen mit einer Klappe geschlagen: Zum einen würde man für Investitionssicherheit sorgen und damit den Glasfaserausbau beschleunigen. Zum anderen hätte man das Problem mit der drohenden Monopolbildung elegant gelöst, wenn man die Glasfaseranbieter generell dazu verpflichtet, ihren Konkurrenten per Layer-2- (Ethernet) oder Layer-3-Bitstream-Access (IP) Zugang zu festgelegten finanziellen und technischen Konditionen zu gewähren.

Ringen um den Übergang

Dass die Branche um einen geordneten Übergang auf die neue Technik ringt und einen flächendeckenden Glasfaserausbau anstrebt, ist auch im Interesse der Kunden. Telekommunikationsanbieter haben keine Versorgungspflicht und können ihre Verträge jederzeit kündigen. Falls ein DSL-

Anbieter seine Leistungen einstellt, ohne dass ein anderer Anbieter übernehmen kann, stehen die Kunden ohne Internetanschluss da.

Die Abstimmungen über das Vorgehen finden im Gigabitforum statt, das die Bundesnetzagentur eingerichtet hat. In diesem Branchengremium tauschen sich Unternehmen, Verbände und Institutionen darüber aus, wie der Übergang gestaltet werden soll. Dort sind alle großen Player der TK-Branche vertreten, also die vier deutschen Mobilfunknetzbetreiber, die auch Festnetzanschlüsse per Glasfaser anbieten, sowie die Deutsche Glasfaser. Die kleineren Glasfaserunternehmen sind über ihre Verbände ANGA, BREKO, BUGLAS, VATM und VKU repräsentiert. Ebenfalls am Tisch sitzen die Bundesnetzagentur, das Digital- und Verkehrsministerium, der Länderarbeitskreis Telekommunikation und das Wissenschaftliche Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste (WIK).

Ergebnisse der Testabschaltung

Im Auftrag dieses Gremiums fanden die eingangs erwähnten testweisen DSL-Abschaltungen in Bad Salzungen und Wiesbaden statt, die jeweils nur wenige hundert Haushalte betrafen. Dabei hatte man die Testgebiete sorgfältig herausgesucht, um möglichst aussagekräftige Ergebnisse für verschiedene urbane Strukturen wie Reihenhaussiedlungen und Mehrfamilienhäuser zu erhalten. Das WIK fasste im November 2024 die Erfahrungen aus diesem Pilotprojekt in einem Abschlussbe-

richt zusammen. Das Institut resümiert, dass die Glasfasermigration mit gleichzeitiger Kupferabschaltung „ein sehr komplexes Projekt“ sei. Dafür seien „intensive Vorarbeiten nötig“.

Kleinste sinnvolle Einheit für die Abschaltung von Kupfer und eine Umschaltung auf Glasfaser ist dem Bericht zufolge der Versorgungsbereich eines MSAN, also typischerweise 200 bis 400 Haushalte. Für so kleine Einheiten sei das leichter zu realisieren als für größere. Die gleichzeitig nötige Kommunikationskampagne hingegen, also die Information der betroffenen Verbraucher über die bevorstehenden Maßnahmen, seien besser in größeren Gebieten umsetzbar, also beispielsweise Kommunen oder Stadtteilen.

Das ist gar nicht so einfach, denn viele Kunden haben sich beispielsweise Werbung verbeten. Die gezielte Kundenansprache gestaltet sich „teilweise auch aufgrund rechtlicher Restriktionen schwierig“, konstatiert der Bericht. Zudem dürfen die Anbieter die Gelegenheit nicht dazu nutzen, sich gegenseitig Kunden abspenstig zu machen. Das WIK schlägt deshalb vor, dass eine „wettbewerbs- und anbieterneutrale Erstkommunikation“ über die Kommune laufen könnte. Die Bundesnetzagentur könnte als neutrale Stelle dafür sorgen, dass sich kein Anbieter einen Vorteil verschafft. Helfen würde es auch, wenn Verbraucher in einer Datenbank abfragen könnten, ob sie von einer solchen Umstellung betroffen sind, schlägt das WIK vor.



Bild: Deutsche Glasfaser

Für den Glasfaserausbau werden in ganz Deutschland die Straßen aufgerissen.

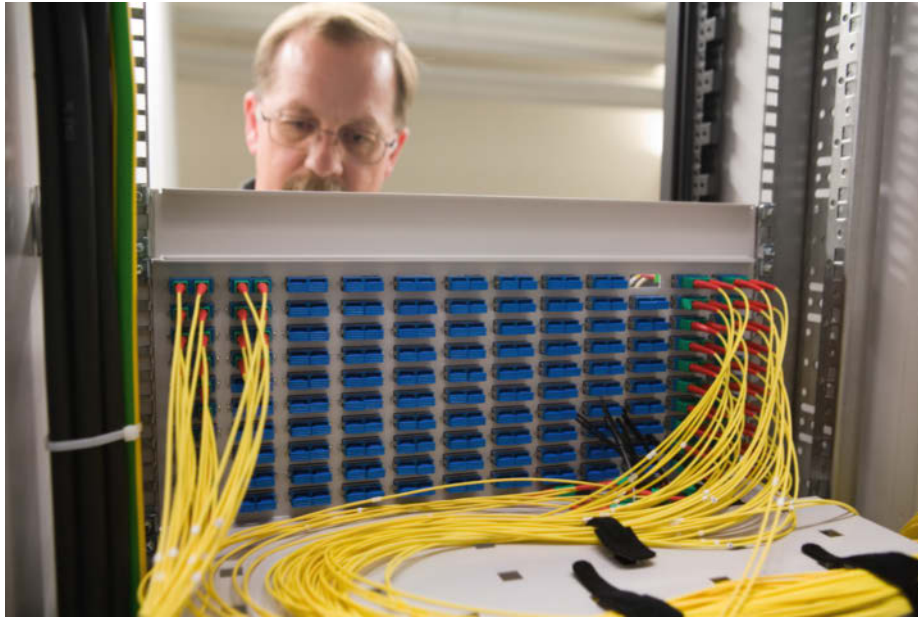


Bild: Deutsche Telekom

In der Vermittlungsstelle laufen künftig keine Kupfer-, sondern nur noch Glasfaserkabel auf.

Eine zusätzliche Hürde sei, dass in viele Haushalte noch kein Glasfaserkabel liege, obwohl sie als „Homes Passed“ gelten, also als erschlossen. „Eine weitgehende Vorbereitung des Ausbaus mit Homes Connected dürfte die spätere Massenmigration deutlich vereinfachen“ heißt es im Bericht lapidar.

Komplexe Aufgabe

Bis die Umstellung in großem Maßstab anlaufen kann, sind noch etliche Detailfragen zu klären. Der Bericht listet mehrere organisatorische Probleme auf, die gelöst werden müssen. Bereits die Erfassung der Ausgangssituation in den Abschaltgebieten sei aufwendiger gewesen als gedacht. Komplex sei auch die Lage bei Vorleistungsnachfragern, also Unternehmen, die Anschlüsse verkaufen, diese aber nicht selbst geschaltet haben. Außerdem gebe es Diskrepanzen bei den Adressdaten, beispielsweise weil nicht die richtige Hausnummer erfasst wurde, wenn der Anschluss über ein anderes Gebäude geführt wird.

Ein wichtiges Thema sind IT-Prozesse, etwa Sperren für die Buchung von Kupferleitungen, die Buchung von Übergangsprodukten bei verspäteter Bereitstellung von Glasfaser und die Integration der Abschaltung in bestehende IT-Prozesse bei den Anbietern. Ein weiteres Problem sind bestehende Mindestlaufzeiten, die bis zu zwei Jahre betragen können. An diese sind auch die Anbieter gebunden, sie können den Vertrag also nicht vorzeitig beenden,

wenn der Kunde damit nicht einverstanden ist.

Ein weiterer Stolperstein sind die Eigentümer. In den Pilotgebieten verweigerten einige Grundstückseigentümer den Zutritt, beispielsweise weil sie Umbaumaßnahmen im Haus ablehnten. Ein Anbieter der Wohnungswirtschaft erklärte, er habe bereits mit einem anderen Anbieter einen Vertrag zur Aufrüstung der Gebäudeinfrastruktur auf Glasfaser getroffen. Hier müssten also die Glasfaserbetreiber für den Stadtteil einerseits und für das Gebäude andererseits untereinander eine Vereinbarung treffen, um eine Versorgung per Glasfaser sicherzustellen. Würde man die Kupferinfrastruktur abschalten, bevor das geklärt ist, fielen die Haushalte womöglich komplett aus der Versorgung.

Die DSL-Abschaltung ist dabei nur die erste Runde der Kupferabschaltung. Als Nächstes müssen auch TV-Kabelanschlüsse umgestellt werden. Zwar sind diese grundsätzlich gigabitfähig, aber der Upstream kann mit dem von Glasfaseranschlüssen nicht mithalten. Hinzu kommt, dass TV-Kabelanschlüsse wahre Stromfresser sind. Während Glasfaseranschlüsse nur mit 2 Watt pro Haushalt zu Buche schlagen verbrauchen Internetanschlüsse per TV-Kabel mit 6,4 Watt rund das Dreifache. DSL liegt mit 4 Watt ungefähr in der Mitte. Rechnet man diese Differenz auf 40 Millionen Haushalte hoch, könnte man rund 100 Megawatt Leistung in Deutschland sparen, pro Jahr wären das rund 0,9

Terawattstunden. Schon aufgrund der Energieeffizienz wird das Kabel kein ewiges Leben mehr haben.

So bald wie möglich umsteigen

Der Praxistest hat gezeigt, dass die Vorstellung, ganze Anschlussgebiete bis zu einem Stichtag komplett auf Glasfaser umzustellen, nicht realistisch ist. Die größte Aufgabe für die Glasfaseranbieter wird es sein, Lücken im Versorgungsgebiet zu schließen, also Hausanschlüsse nachzurüsten, wo sie noch nicht vorhanden sind.

Kunden mit Kupferkabel sollten in den kommenden Jahren deshalb jede sich bietende Gelegenheit nutzen, an einen Glasfaseranschluss zu gelangen, um sicherzustellen, dass sie nicht am Ende zu den Problemfällen gehören. Der Umstieg ist ohnehin auf lange Sicht unvermeidlich, die Vorteile eines Glasfaseranschlusses wie mehr Tempo und höhere Zuverlässigkeit kann man schon jetzt nutzen, zu durchaus vergleichbaren Preisen wie für DSL.

Den Hausanschluss erhält man üblicherweise gratis, zumal wenn man gleich einen passenden Tarif bucht. Wer das für unnötig hält und die Glasfaserbauprops nicht ins Haus lässt, steht in einigen Jahren dann ohne Anschluss da, wenn die Kupferanschlüsse endgültig abgeschaltet werden. Für die Anbieter lohnt es sich auf lange Sicht nicht, die teure Infrastruktur für immer weniger zahlende Kunden am Laufen zu halten, und verpflichtet sind sie dazu auch nicht.

Fazit

Obwohl die Gebiete für das Pilotprojekt zur DSL-Abschaltung denkbar klein waren, zeigten sich dort bereits mannigfaltige Probleme, die einer flächendeckenden Glasfaserversorgung im Weg stehen. Die Erschließung jedes Grundstücks ist eine Mammutaufgabe, die noch viele Jahre in Anspruch nehmen wird. Aber das Aus für DSL kommt auf jeden Fall, vermutlich zwischen 2030 und 2032.

Angst vor einer überraschenden DSL-Abschaltung muss man dabei nicht haben, die Anbieter planen mit einem langen Vorlauf. Allerdings sollte man sich technisch nicht abhängen lassen. Wenn man einen Glasfaseranschluss angeboten bekommt, sollte man zugreifen, selbst wenn man ihn erst in einigen Jahren wirklich benötigt.

(uma@ct.de)

**Abschlussbericht zum Pilotprojekt
DSL-Abschaltung: ct.de/yjuw**

heise security tour

Save the date 2025

- 05. Juni** – Köln
- 12. Juni** – Hannover
- 18. Juni** – Digital
- 26. Juni** – Stuttgart
- 25. Sept.** – Digital



Das bietet die heise security tour

- Praxisnahe Vorträge renommierter Branchenexperten
- Rein redaktionell ausgewähltes Programm, keine Sales-Vorträge
- Hilfreiche Informationen und Tipps zur Umsetzung im Arbeitsalltag
- Vor Ort: Direkter Austausch und Networking
- Online: Fragerunden per Chat mit den Referent:innen
- Im Nachgang alle Präsentationen und Materialien

 heise security

Tickets verfügbar ab 26.2.
security-tour.heise.de



Bild: KI, Collage c't

Die Rechnung, bitte!

Neues Glasfasernetz, neue Preise?

Die Umstellung auf Glasfaser kommt zügig voran. Viele Kunden befürchten nun, dass es für sie teurer wird, und überlegen, ob ein Zugang per 5G oder Satellit womöglich günstiger wird. Eine Preisexplosion für Glasfaseranschlüsse ist aber nicht zu erwarten.

Von Urs Mansmann

Die Kosten für einen Internetanschluss sind erheblich. Bei 40 bis 60 Euro im Monat kommen jährlich 480 bis 720 Euro zusammen, und es gibt durchaus noch teurere Anschlüsse. Der Festnetzmarkt ist heftig umkämpft, allorten locken die Provider mit Sonderangeboten und Nachlässen. Allerdings gelten diese in aller Regel nur vorübergehend. Bleibt ein Kunde länger dabei, zahlt er früher oder später wieder den Normalpreis.

Die Preise hängen auch davon ab, wie die Infrastruktur organisiert ist. An dieser Stelle hat sich bei den Festnetzanschlüssen in den vergangenen Jahrzehnten viel

getan. Die derzeit noch verbreitetste Anschluss-technik ist der DSL-Anschluss. Er setzt auf Zweidrahttelefonleitungen auf, die seit grob 100 Jahren deutschlandweit verlegt wurden. Anfangs bauten die Anbieter ihre DSL-Modems und Backbone-Anbindungen in den Vermittlungsstellen auf. Platz war dort in Hülle und Fülle vorhanden, weil in den 90er-Jahren durch die Umstellung von analoger auf digitale Vermittlungstechnik auch die Maße der Technik schrumpften. Wo vorher eine ganze Schrankreihe mit mechanischen Wählern klackerte, erledigte den Job fortan nur noch ein einzelner Schaltschrank mit Steckkarten.

Die Telekom-Konkurrenten mieteten von der Telekom nur den Platz in der Vermittlungsstelle, wo sie ihre eigene Technik aufstellten, und die Zweidrahtleitung zu ihrem Kunden. Für beides stellte der Gesetzgeber strenge Regeln auf, umgesetzt von der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTP), die 2005 zusätzliche Aufgaben und den heutigen Namen Bundesnetzagentur (BNetzA) erhielt.

Mit dem technischen Fortschritt veränderte sich auch der Markt. Um die DSL-Anschlüsse schneller zu machen, wanderte die Vermittlungstechnik aus den zentralen Vermittlungsstellen (VSt) für Tausende von Haushalten in kleine Schaltverteiler (MSAN; Multi Service Access Node) für jeweils wenige Hundert Haushalte: Das sind die neben den Kabelverzweigern neu aufgebauten grauen Kästen am Straßenrand. VDSL sorgte durch kürzere Kabelwege für deutlich schnellere Verbindungen, zwang die Anbieter aber auch, ihre Vermittlungstechnik dezentral aufzubauen.

Neue Regeln

Mit der Einführung von Vectoring, was die Datenrate nochmals vervielfachte, änderten sich die Spielregeln grundsätzlich: Technisch bedingt müssen alle Verbindungen an einem Standort von nur einer Instanz abgewickelt werden; für die Vermittlungstechnik mehrerer Unternehmen war damit kein Platz mehr. Die Regelung der BNetzA sah vor, dass Unternehmen nach dem Windhundprinzip den Zuschlag für einen Standort bekamen: Wer zuerst den Ausbau eines Verteilers mit Vectoring bekannt gab, erhielt den Zuschlag und musste anschließend fristgerecht anschalten. Das Rennen gewann in der überwiegenden Zahl der Fälle die Deutsche Telekom.

Das führte dazu, dass in den meisten Fällen die Mitbewerber der Telekom seither nicht mehr das Kabel einkaufen und die Vermittlung selbst betreiben, sondern den kompletten Anschluss inklusive der Vermittlung bei der Telekom buchen, ohne dort aber eigene Vermittlungstechnik einzusetzen. In Fachkreisen heißt das Modell Layer-2 BSA (Bitstream Access). Die Telekom verbindet den Teilnehmeranschluss auf Ethernet-Ebene mit dem Netz des jeweiligen Anbieters, leitet also den kompletten Datenverkehr weiter. Die Preise für dieses sogenannte Wholesale-Modell werden ebenfalls von der Bundes-

netzagentur kontrolliert, damit die Telekom sich keinen unfairen Marktvorteil verschaffen kann. Dennoch verlagerte sich durch diese Konzentration ein Teil der Wertschöpfung wieder hin zum Ex-Monopolisten.

Schnelle Breitbandanschlüsse über das TV-Kabelnetz gibt es erst seit 2006, also rund sieben Jahre nach dem Start von DSL in Deutschland. Hier gab es anfangs nur Angebote aus einer Hand, also von den Betreibern der Kabelnetze. Wholesale-Angebote von Konkurrenten kamen erst vor wenigen Jahren hinzu.

Mobilfunk und Satellit

Ganz unabhängig von einer Kupfer- oder Glasfaserleitung sind Internetzugänge, deren Verbindung per Funk läuft, entweder terrestrisch per Mobilfunk oder aus dem Weltraum per Satellit. Allerdings sind solche Zugänge nicht überall verfügbar. Das Mobilfunknetz hat Lücken, ungünstigerweise meistens genau dort, wo es auch keine Zugänge per Kupferkabel oder Glasfaserleitung gibt.

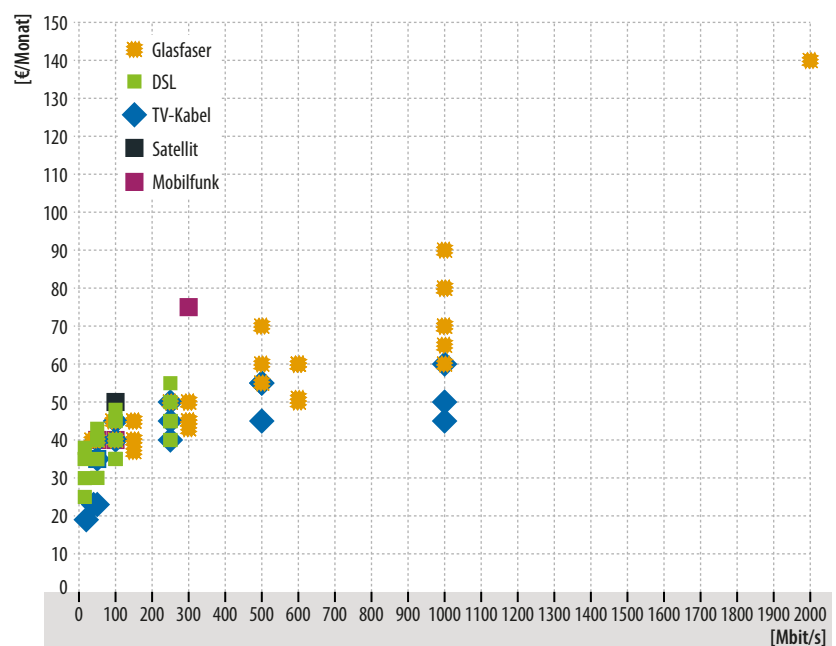
Bei Satelliten gibt es zwei konkurrierende Systeme: Geostationäre Satelliten und Satellitennetze in niedrigem Orbit (LEO, low earth orbiting), allen

voran Starlink. Für geostationäre Satelliten benötigt man eine fest ausgerichtete Parabolantenne, also eine Satellitenschüssel. Die Sicht zum Satelliten muss frei sein, ein Montageort mit Blick nach Süden ist also erforderlich. In vielen Mietverträgen ist die Montage solcher Antennen allerdings ausdrücklich verboten. Diese Technik spielt spätestens seit dem Aufkommen der LEOs nur noch dann eine Rolle, wenn keine andere Internetverbindung möglich ist, die Preise liegen eine Größenordnung höher. Wir gehen in diesem Artikel nicht weiter darauf ein.

Für einen guten Zugang zu einem LEO-Satelliten-Netzwerk braucht man einen Antennenstandort mit möglichst ungehindertem Blick auf weite Teile des Himmels, denn LEOs ziehen schnell darüber hinweg, und es sind in der Regel mehrere Satelliten gleichzeitig sichtbar. Wer beispielsweise in einem engen Tal oder am Waldrand wohnt, kann solche Dienste nicht oder nur mit Einschränkungen nutzen. Im Mehrfamilienhaus lässt sich die dafür nötige Antenne in der Regel nur auf dem Dach anbringen, was wegen der Kabelwege meist nicht möglich ist – wenn Eigentümer das überhaupt gestatten.

Geschwindigkeiten und Preise

Je schneller der Anschluss, desto höher der Preis. Wir haben für diese Grafik 80 Angebote mit verschiedenen Zugangsarten analysiert. Jeder Datenpunkt repräsentiert mindestens ein Angebot mit Preis (y-Achse) und Downloadgeschwindigkeit (x-Achse).





Die Kapazität von Satellitensystemen ist begrenzt. Im Großraum London verkauft Starlink derzeit keine neuen Zugänge mehr für Satelliten-Internet.

Mobilfunk- und Satelliten-Lösungen funktionieren nur dann, wenn nur ein kleiner Teil der Breitbandkunden sie nutzt. Das Funkspektrum ist begrenzt und alle Anwender teilen sich die gemeinsam verfügbare Bandbreite. Stiegen Nutzer in großer Zahl von Festnetz auf Mobilfunk und Satellit um, wären die Ressourcen schnell ausgelastet. Schon heute bietet Starlink in etlichen Ballungszentren weltweit, darunter im Großraum London, keine neuen Zugänge mehr an, weil die Kapazität des Netzwerks dort offenbar bereits ausgeschöpft ist.

Preisstrukturen

Die konkurrierenden Unternehmen stehen unter erheblichem Preisdruck. Sie haben alle nahezu identische Konditionen beim Einkauf der Leistungen, die sie an ihre Kunden verkaufen, und ähnliche Kostenstrukturen, etwa für den Betrieb ihrer eigenen Infrastruktur, den technischen Service und die Kundenbetreuung. Nach unten wird der Preis durch die eigenen Kosten begrenzt, nach oben entsteht erheblicher Druck auf die Preise durch den starken Wettbewerb.

Dadurch liegen die Angebote preislich und von ihrer Leistung her recht eng bei-

einander. In der Grafik auf Seite 23 haben wir 80 aktuelle überregionale Breitbandangebote analysiert und nach Zugangstechnik (Farbe), Geschwindigkeit (x-Achse) und Preis (y-Achse) in einem Koordinatensystem verortet.

Dabei fällt auf, dass die Kabelangebote bei vergleichbarer Datenrate in Empfangsrichtung günstiger ausfallen als gleich schnelle DSL- oder Glasfaserangebote. Die Kabelnetze sind seit vielen Jahrzehnten verlegt, die laufenden Instandhaltungskosten dafür sind gering. Auch werden kaum mehr neue Kabel in der Erde vergraben, es entstehen also keine Investitionskosten. Obendrein haben die Kabelnetzbetreiber eine zusätzliche Einkommensquelle mit der Übertragung von Kabelfernsehprogrammen, was die anteiligen Betriebskosten für Breitbandanschlüsse senkt.

Die Kabelnetzbetreiber können ihre Anschlüsse deshalb recht günstig anbieten. Die Anschlüsse sind schnell und zuverlässig, bieten also insgesamt eine ordentliche Leistung. Die technische Achillesferse ist allerdings der Upstream, also die Senderichtung. In diesem Punkt bieten Kabelanschlüsse nicht spürbar mehr als DSL-Anschlüsse und

bleiben hinter Glasfaseranschlüssen weit zurück.

Die DSL-Anbieter haben hingegen recht hohe monatliche Fixkosten für den Bitstromzugang, den sie an ihre Kunden durchreichen müssen. Die Telekom darf mit ihren Angeboten kein Preisdumping betreiben, ihre Preise müssen sich an dem orientieren, was sie ihrer Konkurrenz in Rechnung stellt. Die Bundesnetzagentur hat die Kosten für Bitstromzugänge bis 2034 festgeschrieben, möglicherweise also länger, als DSL-Anschlüsse überhaupt noch relevant für den deutschen Markt sind. Das dürfte dauerhaft für stabile Preise sorgen.

Ein Sparanschluss mit 16 bis 20 Mbit/s kostet rund 19 (TV-Kabel, Eazy) bis 25 Euro (DSL, Drillisch) im Monat. Für nur rund 5 Euro mehr gibt es schon einen 50-Mbit/s-Anschluss, der merklich mehr Leistung bringt. Die weiteren Staffeln mit 100 und 250 Mbit/s kosten jeweils 5 Euro mehr im Monat. 40 bis 55 Euro im Monat sind für einen 250-Mbit/s-Anschluss fällig, egal ob per TV-Kabel oder per VDSL.

Schnellere Anschlüsse auf Kupferbasis gibt es nur in den TV-Netzen, denn das TV-Kabel kann Hochfrequenzsignale bis in den Gigahertzbereich übertragen, das Telefonkabel schafft mit Supervectoring gerade einmal 35 MHz. Direkt vergleichen kann man die Kapazität nicht, denn ein Kabelstrang versorgt Dutzende oder gar Hunderte von Kunden und muss neben den Daten für den Internetverkehr auch Fernsehsignale transportieren, wohingegen ein DSL-Anschluss einen Kunden exklusiv versorgt.

Bei den Kabelanschlüssen gibt es noch zwei weitere Geschwindigkeitsstufen: 500 und 1000 Mbit/s. Auch hier beträgt der Preisaufschlag 5 Euro pro Stufe. Ein Gigabit-Anschluss per TV-Kabel ist für 44,99 Euro im Monat (Vodafone, Sonderangebot) bis 59,99 Euro im Monat erhältlich.

Karten neu gemischt

Mit den Glasfaseranschlüssen ändert sich die technische Grundlage. Im Vergleich zu DSL und TV-Kabel bieten Glasfasern eine viel höhere potenzielle Datenrate. Derzeit werden maximal 2 Gbit/s angeboten, bei Bedarf könnten die Provider aber jederzeit nachrüsten und über die bestehenden Kabel eine vielfach höhere Datenrate liefern. Dazu müssten nur die Modems an den Leitungsenden getauscht werden.

Neues Signal auf dem

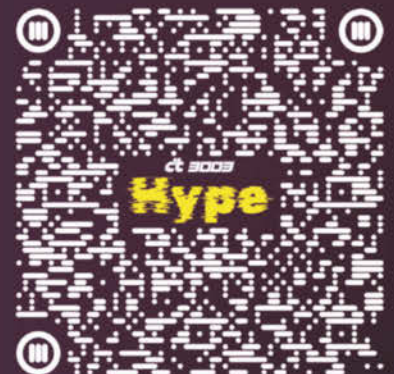
Hype-Radar!



ct 3003 Newsletter

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

Jetzt KOSTENLOS abonnieren:
ct.de/hype



Die bestehende Kupferkabeltechnik nutzt fast überall Kabel, die schon seit Jahrzehnten im Boden liegen und ursprünglich für einen ganz anderen Zweck gedacht waren, nämlich Telefonanschlüsse (DSL) und analoges Kabelfernsehen (TV-Kabel). Glasfaserkabel hingegen müssen mit hohem Aufwand neu verlegt werden. Pro Wohneinheit fallen Erschließungskosten von einigen Hundert bis einigen Tausend Euro an. Vergleichsweise günstig ist das in Ballungszentren, insbesondere wo viele Wohnungen auf kleiner Fläche stehen, also beispielsweise in Wohnblocks oder Hochhaussiedlungen. Teuer hingegen ist der Ausbau auf dem Land, wo die Siedlungsdichte gering und die Kabelwege weit sind.

Mehr Tempo

Die Glasfaseranbieter, allen voran die Telekom, haben für ihr Produkt neue Geschwindigkeitsstufen eingeführt. Langsame Glasfaseranschlüsse mit 50 Mbit/s haben nur noch wenige Versorger im Programm, beispielsweise 1&1 und Maingau Internet. Bei der Telekom hat der langsamste Glasfaseranschluss bereits 150 Mbit/s, die weiteren Stufen liegen bei 300, 600, 1000 und 2000 Mbit/s.



Bild: Vodafone

Internetzugänge per Mobilfunk und 4G/5G-Router, im Bild ein Modell von Vodafone, sind nur bei guter Netzabdeckung verfügbar.

Das allgemeine Preisniveau steigt dadurch, dass die Glasfaseranschlüsse ein größeres Potenzial für höhere Geschwindigkeiten bieten und höhere Geschwindigkeiten mehr kosten. Die Sparvariante mit 50 Mbit/s kostet in der Glasfaserversion mindestens 40 Euro im

Monat, ein 150er-Anschluss ist bei anderen Anbietern zum gleichen Preis erhältlich. Eine Stufe schneller, also 300 Mbit/s, bekommt man für zumeist 5 Euro Aufschlag. Bis dahin ist das preislich gut mit DSL-Anschlüssen mit 100 oder 250 Mbit/s vergleichbar, jenseits der mit DSL

Welche Datenrate ist sinnvoll?

DSL- und Kabelanschlüsse gibt es in verschiedenen Geschwindigkeitsstufen. Die Einstiegsvariante mit 16 Mbit/s (DSL, verschiedene Anbieter) oder 20 Mbit/s (TV-Kabel, Eazy) bringt erhebliche Einschränkungen bei der Nutzung im Vergleich zu schnelleren Anschlüssen.

Hinzu kommt: 16-Mbit/s-DSL-Anschlüsse werden technisch bei einigen Kunden mit der veralteten ADSL2+-Technik in der zentralen Vermittlungsstelle geschaltet. Das heißt, dass der Kabelweg deutlich länger ist als für VDSL-Anschlüsse, die im näherliegenden MSAN geschaltet sind, also dem Verteilerkasten an der Straße. Das kann die Datenrate deutlich unter den versprochenen Maximalwert drücken. Kommen am Ende nur noch 10 Mbit/s oder gar noch weniger an, reicht das für hochauflösende Videos nicht mehr und bedeutet

ewige Ladezeiten für Homeoffice-Anwendungen oder Updates für Apps und Betriebssysteme.

Die günstigste brauchbare Variante ist der 50 Mbit/s-Anschluss. Den gibt es wahlweise per Glasfaser, DSL, TV-Kabel oder Mobilfunk. Diese Rate reicht zumindest für einen Videostream in UHD (4K) oder mehrere HD-Streams, der Upstream mit 10 bis 20 Mbit/s taugt auch für anspruchsvolle Homeoffice-Anwendungen.

Noch höhere Datenraten versprechen noch mehr Komfort, vor allem schnellere Downloads und kürzere Ladezeiten zum Puffern beim Start von Videos. 100 Mbit/s reichen für Singles und auch im Homeoffice arbeitende Paare problemlos aus und lassen Apps, die Daten aus dem Internet nachladen, flott starten. Datenraten von 250 Mbit/s und mehr sind sinnvoll, wenn mehrere Viel-

nutzer am Anschluss hängen oder auch, wenn regelmäßig für Studium, Schule oder Beruf mehrere lange Videokonferenzen gleichzeitig stattfinden. Familien mit halbwüchsigen Kindern, Studenten-WGs oder kleine Büros können damit etwas anfangen.

Eine noch höhere Datenrate beschleunigt auch große Downloads nachhaltig. Mit einem 2-Gbit/s-Anschluss lässt sich ein modernes Spiel mit einem Datenvolumen von 100 Gigabyte in unter sieben Minuten herunterladen, sofern der Downloadserver diese Datenrate hergibt und die Verbindung im Heimnetz zwischen PC und Router ebenfalls mindestens 2 Gbit/s schafft. Schnelle Uplinks mit 250 Mbit/s oder mehr, wie sie Glasfaseranschlüsse bieten, beschleunigen cloudintensives Arbeiten mit großen Dateien, insbesondere Videos.

erreichbaren Geschwindigkeit wird es teurer. Ein 500-Mbit/s-Anschluss kostet 45 bis 70 Euro, für 600 Mbit/s zahlt man ab 60 Euro und für den Gigabit-Anschluss muss man 60 bis 90 Euro berappen, ein Preisvergleich lohnt also.

Wer das Top-Produkt der Telekom mit 2000 Mbit/s buchen will, muss Glück haben, dass Anbieter und Technik am gewünschten Anschluss verfügbar sind, und tief in die Tasche greifen: Stolze 140 Euro ruft das Unternehmen dafür auf, also genau das Doppelte wie für einen 1-Gbit/s-Anschluss.

Die richtige Wahl

Welche Angebote genau verfügbar sind, hängt vom Eigentümer der Glasfaser ab. Wo die Telekom allein oder in Kooperation mit anderen Unternehmen Glasfaser verlegt hat, kann man bei zahlreichen Unternehmen einen Anschluss buchen, etwa bei den bundesweiten Anbietern 1&1, Vodafone und O2 oder den Regionalanbietern Netcologne und M-net, die mit der Telekom eine Wholesale-Vereinbarung geschlossen haben. Anders sieht es aus, wenn lokale oder regionale Anbieter den Ausbau allein vorgenommen haben und bislang keine Kooperation mit anderen Anbietern oder Wiederverkäufern eingegangen sind. Dann bleibt einem nur die Wahl, die Tarife des Anbieters zu akzeptieren oder auf einen Anschluss zu verzichten. Hat ein Anbieter in einem Anschlussgebiet bereits Glasfaser verlegt, ist die Chance gering, dass dort noch ein zweiter nachzieht und ebenfalls Kabel verlegt.

Aufschluss darüber, welchen Anschluss man mit welchem Tempo buchen kann, geben die Verfügbarkeitsanfragen der Internetprovider auf ihren Buchungsseiten. Am besten spielt man dort einen Bestellvorgang unter Angabe der Anschlussadresse bis zu dem Punkt durch, an dem Preise und Leistungen zusammengefasst werden. Solange man dabei keinen Button mit einer Aufschrift wie „Jetzt kostenpflichtig bestellen“ betätigt, löst man keine Bestellung aus. Eine solche Verfügbarkeitsanfrage sollte man auch ausführen, wenn man einen Umzug plant, am besten vor der Unterschrift unter einen Miet- oder Kaufvertrag.

Bislang konnten wir nicht feststellen, dass Glasfaseranbieter ein lokales Quasimonopol ausnutzen und überhöhte Preise verlangen. Selbst wenn das Angebot

konkurrenzlos ist, bleibt der Internetanschluss dennoch bezahlbar. Glasfaseranbieter in einer Monopolstellung sind bis auf Weiteres auch noch die Ausnahme, denn vorerst werden DSL- und TV-Kabelanschlüsse weiter betrieben.

Achten Sie beim Preisvergleich auch auf die Telefoniekosten: In den meisten Angeboten ist eine Festnetznummer enthalten, meist mit Telefonie-Flatrate – die aber in den meisten Fällen nur Festnetz-anrufe umfasst. Es gibt inzwischen auch Angebote ohne Telefonie, die aber deswegen nicht unbedingt günstiger ausfallen.

Zögerlicher Wechsel

Höhere Kosten sind also nicht der Grund, dass die Kunden eher zögerlich zur neuen Technik wechseln. Solange der bisherige Anschluss ausreichend Leistung bringt und zuverlässig arbeitet, fehlt den meisten Kunden ein Anlass zum Wechsel auf eine neue Technik. Dabei gibt es gute Argumente für einen Umstieg: Glasfaserkunden bekommen in jeder Hinsicht eine bessere Leistung. Im Vergleich zu Anschlüssen auf Kupferbasis bieten Glasfaseranschlüsse bei ähnlichem Preis mehr Upstream, eine höhere Betriebssicherheit und Verfügbarkeit, geringere Latenz und einen niedrigeren Stromverbrauch.

Wie sich die Preise langfristig entwickeln, bleibt abzuwarten. Ein starker Preisanstieg steht nicht zu erwarten, so richtig zur Kasse gebeten werden lediglich die Kunden, die besonders schnelle Anschlüsse haben möchten. Sparfüchse mit einem 150-Mbit/s-Anschluss profitieren ebenfalls von den Vorteilen der Glasfaser, werden aber ungefähr das Gleiche bezahlen müssen wie heute für ihren 100-Mbit/s-DSL-Anschluss.

Möglicherweise führen geringere Betriebs- und Wartungskosten der Glasfaserinfrastruktur langfristig zu stabilen oder sogar leicht fallenden Preisen. Aber zunächst müssen die Unternehmen ihre hohen Investitionen für das Verlegen eines neuen Netzes wieder hereinholen. An das jetzige Preisniveau werden sich Kunden also gewöhnen müssen.

Wenn man möglichst günstig ins Internet will, sind langsame Anschlüsse per Kupferkabel das Mittel der Wahl – solange es noch welche gibt. Die günstigsten Glasfaseranschlüsse sind für knapp 40 Euro im Monat erhältlich. Etwas günstiger sind langsame Anschlüsse per DSL (ab 25 Euro) und TV-Kabel (ab 19 Euro). Das günstigste

te Angebot für Mobilfunk von O2 liegt preislich auf gleichem Niveau wie Glasfaseranschlüsse.

Fazit

Mit dem Übergang zu Glasfaseranschlüssen wird sich preislich zunächst nicht viel ändern. Das Preisniveau entspricht dem, was DSL- und TV-Kabelanbieter schon seit Jahren etabliert haben. Für die Kunden ist der Wechsel auf die neue Technik in den meisten Fällen ein gutes Geschäft: Sie bekommen fürs annähernd gleiche Geld eine bessere und zuverlässigere Leistung. (uma@ct.de) **ct**

O₂ Home M

100

MBit/s

- ✓ **Internet-Flat**
Bis zu 100 MBit/s Download
- ✓ **Telefon-Flat**
in alle deutschen Netze ⓘ
- ✓ 24 Monate Laufzeit

Verfügbar über: ⓘ


KABEL


DSL


LTE 5G

[Produktinformationsblatt >](#)

monatlich ab

19⁹⁹, €

ab 13. Monat 29,99 € mtl.

10 € mtl. Kombi-Rabatt enthalten ⓘ

Einmalige Kosten 0,00 €

[Technologie wählen >](#)

O2 lässt dem Kunden die Wahl, welche Zugangstechnik er gerne nutzen möchte.



Bild: KI, Collage ct

Endlich schnelles Internet – und jetzt?

Tipps zur Routerwahl und LAN-Optimierung

Juchuu, endlich Glasfaser, Kabelinternet, Starlink oder 5G! Doch jetzt müssen Sie entscheiden: Einen neuen Router kaufen oder den alten nutzen? Wie gelangt das Internet vom Anschlusspunkt zum Router? Funkt das WLAN schnell genug? Und woher kommt eigentlich das TV-Programm?

Von Jörg Wirtgen

Der richtige Zeitraum, um über die zukünftige Infrastruktur Ihres Heimnetzes nachzudenken, ist vor dem Vertragsabschluss für das schöne neue Internet. Denn dabei steht Ihre Entscheidung an, ob Sie einen Router mitbestellen oder nicht.

Die unkomplizierteste Möglichkeit: Sie nutzen, was auch immer Ihr Provider Ihnen anbietet, denn deren Router sind meist konfiguriert. Die billigste Möglichkeit: Sie kaufen oder mieten nichts vom Provider, nehmen nur dessen kostenlosen Abschlusspunkt, oft Medienkonverter oder Modem genannt, und schließen daran Ihren bisherigen Router an. Das ist zudem die einfachste Möglichkeit,

falls Sie sich in dessen Konfiguration bezüglich etwa DECT, Anrufbeantworter, Smart Home oder Heimservers ausgetobt haben.

Die aufregendste Möglichkeit schließlich: Sie kaufen einen Router, der zum neuen Anschluss passt, und bekommen vielleicht schnelleres WLAN, 2,5 Gbit/s statt 1 Gbit/s fürs Kabelnetz (Ethernet-LAN), Zigbee fürs Smart Home oder sonstigen interessanten Beifang. Welche dieser drei Möglichkeiten die für Sie optimale ist, hängt von weiteren Kriterien ab, vom Aufstellort des Routers oder davon, ob Sie noch Festnetztelefonie nutzen wollen und über welchen Weg das Fernsehprogramm Sie erreicht.

TV-Überlegungen

Zum TV-Empfang: Wenn Sie über DVB-S-Satellit oder DVB-T2 fernsehen, müssen Sie sich keine Gedanken machen, das läuft unabhängig vom Internet; das Gleiche gilt, wenn Sie per Kabel-TV gucken und Ihr Internetwechsel damit nichts zu tun hat, wenn Sie also beispielsweise von DSL zu Glasfaser wechseln.

Falls Sie vom Kabelinternet zu Glasfaser wechseln und bisher über Kabel-TV fernsehen, kommts darauf an: In manchen Mehrfamilienhäusern bekommen Sie auch nach Wegfall des Nebenkostenprivilegs [1, 2] einen Kabelanschluss per Nebenkosten. Den können Sie auch nach Abschalten des Kabelinternets weiter nutzen; wenn er beim Wechsel irrtümlich ebenfalls abgeschaltet wird, sollte das ein Anruf beim Anbieter richten. Ohne Nebenkosten-TV oder im Einfamilienhaus müssen Sie beim Wechsel zu Glasfaser aber einen neuen TV-Anbieter suchen, mehr dazu gleich.

Falls Sie Telekom-DSL mit Magenta-TV nutzen: Manche alten TV-Receiver funktionieren nur am DSL-Zugang, die können Sie nicht weiter verwenden. Schon länger vertreibt die Telekom unter gleichem Namen aber auch IPTV, also Fernsehen übers Internet, und Zuspäher dafür sollten Sie weiterverwenden können, vor allem wenn Sie für den Glasfaserzugang bei der Telekom samt MagentaTV bleiben. Wechseln Sie hingegen zu einem anderen Anbieter, müssen Sie sich auch einen neuen TV-Anbieter suchen.

Auf der Suche nach einem neuen TV-Anbieter sind TV-Streamingdienste wie Waipu oder Zattoo inzwischen die flexibelste Lösung, wenn Ihnen nicht gar die Mediatheken der Sender reichen. Auch MagentaTV wäre als reine Streamingvariante möglich. Einen ausführlichen Vergleich finden Sie in [3], Updates dazu in [1]. Die Hauptvorteile: Alle Familienmitglieder können auch auf Notebooks, Tablets und Smartphones gucken, Sie sind unabhängig vom Internetprovider und Sie benötigen vielleicht keine HDMI-Sticks oder Set-Top-Boxen mehr, weil die nötigen Apps in viele Smart TVs eingebaut sind.

Ein Blick zum Internetanbieter lohnt trotzdem, da manche einen dieser Dienste in Kooperation für ein paar Euro weniger anbieten oder auf lokale Gegebenheiten abgestimmte Angebote machen. Aber selbst wenn Sie zu einem Kabelinternet wechseln, ist dessen TV-Angebot nicht un-

bedingt die beste Wahl, ebenso wenig MagentaTV, wenn Sie über die Glasfaser der Telekom angebunden sind. Einige Glasfaserzugangsanbieter haben eine TV-Lösung, bei der das TV-Programm über eine zweite Glasfaser läuft. Das ist nicht ratsam, weil Sie dadurch auf deren Medienkonverter mit Koaxausgang festgelegt sind, sodass Sie keinen eigenen Glasfaserrouter direkt anschließen können.

Wie Sie fernsehen, beeinflusst auch, wo Sie Router und etwaige Repeater am besten positionieren: Falls Sie vom Kabelfernsehen auf Internet-TV umsteigen, müssen Sie nun alle Fernsehgeräte und Zuspäher mit einem stabilen Netz versorgen. Solche stationären Geräte sind im Kabel-LAN am besten aufgehoben: Damit streamt es sich zuverlässiger und es bleibt mehr Übertragungskapazität im WLAN für die Mobilgeräte.

Telefonieüberlegungen

Die Glasfaser- und Kabelanbieter stellen auch Festnetznummern bereit, im Allgemeinen inklusive Festnetz-Flatrate. Eine Flatrate auch für Anrufe zu Mobilfunknummern ist bei einigen dabei, bei anderen gegen Aufpreis und bei wieder anderen gar nicht erhältlich, dort zahlen Sie also pro Minute.

Die mitgelieferten Router und Medienkonverter haben im Allgemeinen eine RJ11-Buchse zum Anschluss eines Telefons, Faxgeräts oder einer DECT-Basisstation. Das Gleiche gilt bei stationären Mobilfunktarifen: Router wie der O2 Hotspot 5G haben einen RJ11-Anschluss und Sie telefonieren per Festnetznummer. Das Telefonat wird technisch über VoIP und Internet abgewickelt, wie übrigens auch Telefonate über Glasfaser, Kabel und DSL.

Das Telefon steht dann allerdings erst mal dort, wo nun das neue Internet aus der Wand kommt, was in großen Häusern selbst für DECT-Funk kein guter Standpunkt sein mag; wer möchte schon zum Abhören des Anrufbeantworters oder gar für jedes Telefonat in den Keller rennen. Eine Alternative könnte sein, das RJ11-Kabel quer durch Haus oder Wohnung zu einem besseren Standort zu ziehen, aber flexibler dürfte sein, den Router fern von der Providerdose aufzustellen – mehr dazu später.

Bei Starlink bekommt man hingegen keine Festnetznummer und hat keine RJ11-Buchse am Router. Für Festnetztelefonie bräuchte man einen VoIP-Vertrag, etwa bei Spezialisten wie Sipgate oder Fonial; auch einige Breitbandanbieter haben

VoIP-Only, etwa Easybell. Ihre Festnetznummer können Sie dorthin übertragen. Den Zugang tragen Sie am einfachsten in einer Fritzbox ein, die Sie hinter den Starlink-Router hängen; dadurch haben Sie sowohl RJ11-Buchsen als auch eine DECT-Basisstation. Alternativ nutzen Sie eine VoIP- oder SIP-App auf dem Smartphone, über das Sie dann per WLAN Festnetzgespräche führen können. Unkomplizierter dürfte aber in den meisten Fällen sein, aufs Festnetz zu verzichten und nur per Smartphone zu telefonieren.

WLAN-Überlegungen

Je älter Ihr Router und je langsamer der bisherige Anschluss, desto größer die Wahrscheinlichkeit, dass er für den neuen Internetzugang zu lahm ist, insbesondere wenn der auch noch das TV-Programm verteilen soll. Wenn er nur uraltes WLAN aus der 11b/g-Ära beherrscht, rauschen maximal 54 Mbit/s brutto durch die Luft. Davon kommen bestenfalls 25 Mbit/s am Gerät an, im überfüllten 2,4-GHz-Band im Alltag üblicherweise weniger. Das Gleiche gilt für diejenigen Wi-Fi-4-Router (IEEE 802.11n), die nur 2,4 GHz beherrschen; das 5-GHz-Band war bei ihnen optional.

Heute ist für schnelles Internet Wi-Fi 6 empfehlenswert, damit sind selbst durch mehrere Wände 100 Mbit/s und mehr erreichbar. Wi-Fi 5 wäre nur bei günstigen Gebrauchtgeräten akzeptabel. Wi-Fi 6E und Wi-Fi 7 mit dem zusätzlichen 6-GHz-WLAN-Band bringen Vorteile, wenn man viele Daten im eigenen Netz überträgt, etwa zu einem Netzwerkspeicher (NAS), und dort, wo in Innenstädten auch das 5-GHz-Band langsam vollläuft. Viele Tipps, wie Sie Ihren Router am besten um

Heimnetztechniken

Bezeichnung	Standard	Bruttodatenrate	Nettodatenrate
Wi-Fi 3	802.11g	54 Mbit/s	bis 3 MByte/s
Fast Ethernet	100Base-T	100 Mbit/s	bis 11 MByte/s
Wi-Fi 4	802.11n	72–300 Mbit/s	bis 20 MByte/s
Gigabit-Ethernet	1000Base-T	1 Gbit/s	bis 115 MByte/s
Wi-Fi 5	802.11ac	0,433–1,73 Gbit/s	bis 130 MByte/s
Wi-Fi 6	802.11ax	0,6–2,4 Gbit/s	bis 190 MByte/s
Multigigabit-Ethernet	NBase-T 2.5	2,5 Gbit/s	bis 280 MByte/s
Multigigabit-Ethernet	NBase-T 5	5 Gbit/s	bis 560 MByte/s
Wi-Fi 7	802.11be	0,7–11,5 Gbit/s	bis 1000 MByte/s
10-Gigabit-Ethernet	10GBase-T/SR/LR	10 Gbit/s	bis 1100 MByte/s

Repeater erweitern, um Haus und Wohnung gut abzudecken, finden Sie in [6].

Wichtig ist ferner, dass Ihre eigenen Geräte das schnelle WLAN ebenfalls beherrschen. Wie flott sie mit dem Router funken, zeigt dieser in seinen Menüs, bei Fritzboxen beispielsweise unter Heimnetz/Mesh und etwas genauer unter WLAN/Funknetz. Spannend an der angezeigten Datenrate ist, dass es sich um den momentanen Wert in Ihrem Umfeld und genau am Gerätestandort handelt. Die Geschwindigkeit ändert sich beim Entfernen mit dem Handy, oft auch schon beim Drehen der Geräte und erst recht, wenn sie – um die Verbindung zu halten – mal das Funkband wechseln.

Geräte, die wenig Datenverkehr erzeugen, beispielsweise Staubsaugerroboter, Messsteckdosen, Drucker, Streaminglautsprecher und Internetradios, können im 2,4-GHz-Netz verbleiben. Mit 5 GHz würden sie zwar besser laufen, aber extra dafür lohnt kein Neukauf. Hingegen sollten alle Notebooks, PCs, Smartphones und Tablets sowie die streamenden Fernseher und TV-Zuspieler mindestens Wi-Fi 5 beherrschen und Dualband-fähig sein, also auch im 5-GHz-Band funken können. PCs kann man gut per Steckkarte oder USB-Adapter aufs schnelle WLAN hieven. Bei Notebooks ist eine USB-Erweiterung nur an Dockingstationen praktikabel und das WLAN-Modul nur bei sehr wenigen Modellen austauschbar. Manche TVs und Zuspieler erkennen ebenfalls USB-Adapter, vielleicht aber nur sehr spezielle, die nicht mehr erhältlich sind.

LAN-Überlegungen

Die bessere Alternative zum vielleicht überfüllten Heim-WLAN ist ohnehin, Geräte wann immer möglich per LAN-Kabel anzuschließen. Wenn Ihr Router nur Fast Ethernet (100Base-T, 100 Mbit/s) spricht, ist er ohnehin so alt, dass Sie ihn gegen einen mit modernem WLAN austauschen wollen und dann obendrein auch schnelle LAN-Verbindungen bekommen. Aktuelle Router können mindestens Gigabit-Ethernet (1000 Mbit/s), ebenso PCs, Notebooks und Docking-Stationen.

Falls Sie Notebooks mit einem einzigen USB-C-Kabel an eine Dockingstation oder einen Monitor mit LAN anschließen: Kontrollieren Sie, ob das LAN dann wirklich mit 1 Gbit/s läuft und die erwarteten Transferraten erzielt. Je nach Displayauflösung und USB-Geschwindigkeit kann die LAN-Verbindung mal auf 100 Mbit/s herunterfallen. Abhilfe wäre, den Monitor mit 4K-Auflösung bei ergonomisch nicht empfehlenswerten 30 Hz anzusteuern. Oder Sie schalten eine Thunderbolt-Dockingstation dazwischen, da manche Notebooks mit 5-Gbit/s-USB (USB 3.0, 3.1 Gen1 oder 3.2 Gen1) an der gleichen Buchse durchaus Thunderbolt 3 mit 10 Gbit/s beherrschen, was schnell genug für 4K60 und gleichzeitig Gigabit-Ethernet ist.

Mehr braucht es aus Internetsicht nicht, aber für schnelle lokale Netzwerkspeicher (NAS) mag der Schritt zu 2,5 Gbit/s ratsam sein [4]. Damit das Tempo am PC ankommt, müssen alle dazwischen liegenden Komponenten mitspielen, etwa USB-LAN-Adapter, Dockingstationen und

Switches. Weitere Tipps zur günstigen Verkabelung finden Sie in [5].

Bei Mobilfunk- und Satelliteninternet kommt ein weiterer Aspekt hinzu, die Latenz. Während Glasfaser die Datenpakete um 3 bis 15 ms verzögert und DSL sowie TV-Internet zwischen 20 und 40 ms bremsen, schlagen 5G mit 30 bis 50 ms und Starlink mit 20 bis 90 ms Versatz zu Buche. Interessant ist die gesamte Laufzeit zwischen Endgerät und Server: Die Anbieter von Online-Actionspielen empfehlen um 50 ms bis maximal 100 ms, bei Videokonferenzen fällt man sich ab 150 ms häufiger ins Wort, und beim Remotezugriff auf andere Rechner machen sich hohe Latenzen beispielsweise als ruckelige Mauszeiger bemerkbar. Das heimische WLAN fügt üblicherweise weitere 2 bis 5 ms hinzu, manchmal aber auch kurzzeitig mehr, und das mag entscheidend sein. Wer also bei solchen Anwendungen häufiger Probleme erfährt, sollte erwägen, zumindest währenddessen das Notebook ans LAN anzuschließen.

Anschlusskabel zum Router verlängern

Es gibt also mehrere Gründe, einen Router woanders aufzustellen als am Anschlusspunkt Ihres Internets, beispielsweise sollen Telefone oder andere am Router angeschlossene Geräte leichter erreichbar sein, oder der Anschlusspunkt passt nicht gut zur vorhandenen Hausverkabelung oder geplanten WLAN-Abdeckung. Wenn Sie Anschlusspunkt und Router beziehungsweise Medienkonverter örtlich trennen wollen, können Sie überlegen, das Medienkabel zu verlängern.

Glasfaser können Sie innerhalb eines Raumes einigermaßen einfach und optisch elegant verlegen, viele Anbieter bringen Ihnen beim Anschlussstermin ein Röllchen mit bis zu 20 Metern mit. Beim Kabelinternet müssen Sie mit dem dickeren TV-Koaxkabel hantieren, was schon quer durch einen Raum problematisch wird. Schwieriger wird's in beiden Fällen beim Wand- und Deckendurchgang. Sie müssen die maximalen Biegeradien der Kabel kennen und benötigen lange Bohrer. Entweder müssen die Löcher groß genug für die Stecker sein oder Sie müssen fachgerecht neue Stecker am Kabel anbringen.

Beim Mobilfunkinternet bekommen Sie statt Medienkonverter einen Router mit Mobilfunkantennen. Den können Sie teilweise am Wunschplatz aufstellen und schauen, ob der Mobilempfang gut genug ist. Wenn nicht, müssen Sie in Fensternähe



Medienkonverter (oben) oder Router direkt mit Glasfasermodem? Die Entscheidung hängt von den lokalen Gegebenheiten ab.

einen geeigneten Ort finden. Manche Mobilfunkrouter haben einen Antenneneingang, dann sind außen angebrachte Richtfunkantennen zum nächsten Mobilfunkmast sehr empfehlenswert. Aber weil deren Antennenkabel nur ein paar Meter lang sein sollten, muss der Mobilrouter trotzdem in der Nähe der Richtantenne beziehungsweise der Fenster- oder Wanddurchführung des Antennenkabels stehen.

Beim Starlink-Internet legen Sie anhand der besten Aufstellmöglichkeit für die Schüssel selbst fest, wo Sie das fette Anschlusskabel durch die Wand führen. Das ist ein 15 Meter langes, auf 150 Watt Stromversorgung ausgelegtes PoE-Kabel mit proprietärem Stecker, das Sie direkt mit dem Starlink-Router verbinden müssen. Ein 150 Euro teures Kabel aus dem Zubehörshop mit 45 Meter Länge verschafft draußen und drinnen mehr Spielraum. Die Starlink-Kabel sind aber noch störrischer als Koax und Glasfaser zu verlegen. Einen Ausweg böten die 770 Euro teure Business-Variante oder ein etwas Gebastel erfordernder PoE-Injektor von EDUP [7].

LAN-Verbindung

Kommen diese Möglichkeiten nicht infrage, um das Kabel zwischen Anschlusspunkt und Medienkonverter zu verlängern, bleibt die zweite Methode zur räumlichen Trennung von Router und Anschlusspunkt: eine Verbindung per Ethernet. Im Allgemeinen sollte das eine dedizierte Leitung sein, die vom Medienkonverter in den WAN-Eingang des Routers führt. Alternativwege über Powerline oder ungenutzte Antennen- oder Telefonkabel funktionieren, aber nicht immer optimal; die Umsetzer kosten Geld und ziehen Strom [5].

Sie können dann am Wunschort Ihren alten Router nutzen, falls dieser WAN-Internet vorbei am internen Modem unterstützt – was fast jeder tut. Die Internetkonfiguration stellen Sie auf WAN um, alle übrigen Einstellungen für DECT, Telefonieverteilung, Anrufbeantworter, LAN-Konfiguration, feste IP-Adressen und ähnliches können so bleiben.

Falls Sie einen neuen Router kaufen wollen, kommen auch welche ohne Modem infrage, weil diese Funktion der Medienkonverter übernimmt. Das können beispielsweise die Fritzbox 4050 [8] oder 4060 [9] sein, beide mit Wi-Fi 6 und DECT-Basisstation. Erste kostet unter 150 Euro und hat drei GBit-LAN-Buchsen. Letztere bietet für 220 Euro USB3, schnel-

leres VPN und mehr 5-GHz-Kapazität im WLAN, aber kein 2,5-GHz-LAN. Wer mehr will, muss zu teureren Fritzboxen greifen und deren Modems ungenutzt lassen. Die Fritzbox 7690 für rund 280 Euro bietet beispielsweise 2,5-GBit-LAN, Wi-Fi 7 (ohne 6-GHz-Band) und ein Zigbee-Modul für Smart-Home-Geräte.

Wenn der Provider Ihnen ohnehin einen kompletten Router liefert (bei Mobilfunkinternet und Starlink immer, auch „Kabelmodems“ sind in der Regel vollwertige Router), lohnt ein Blick auf dessen Möglichkeiten: Unterstützt er IPv6? Hat er ein Gastnetz für Besucher? Beherrscht er einen Mesh-Standard, mit dem Sie weitere Router oder Repeater steuern können? Das könnte Ihren LAN-Aufbau vereinfachen. Falls nicht, sollten Sie ihn so weit wie möglich „auf Durchzug schalten“ und nur als Medienkonverter nutzen.

Hier kommt jetzt endlich zum Tragen, am Anschlusspunkt einen neuen Router einzusetzen, der direkt Ihr Internetmedium beherrscht. Sie könnten dann den Medienkonverter ganz weglassen. Das spart ein wenig Strom – aber längst nicht so viel, dass Sie damit in absehbarer Zeit den Kaufpreis des neuen Routers einspielen würden. Wichtiger ist, dass man weniger Geräffel unterbringen muss und eine Stromsteckdose weniger braucht. Das kann in Neubauten, wo Glasfaser- oder TV-Kabel in einem engen Schaltschrank ankommen, entscheidend sein. Im Fritzbox-Universum kämen beispielsweise die 5530 oder 5590 für Glasfaser infrage, die 6690 für TV-Kabel oder die 6860 für Mobilfunk. Für Starlink haben andere Anbieter keinen Router im Angebot, aber wenn Sie das oben beschriebene Problem mit dem proprietären Kabel und der PoE-Einspeisung von 150 Watt lösen, können Sie jeden Router nutzen, auch vorhandene oder modemlose Fritzboxen.

Sitzt der Hauptrouter am Anschlusspunkt Ihres Internets, benötigen Sie in großen Wohnungen möglicherweise Funkunterstützung, beispielsweise WLAN-Repeater oder obige Fritzbox 4050/4060 mit WLAN und zweiter DECT-Station. Wenn diese sich per Mesh mit dem Hauptrouter verständigen, also im Allgemeinen vom gleichen Hersteller stammen, spart das viel Arbeit. Möglicherweise kann der alte Router so noch weiter dienen.

Fazit

Um Ordnung in die ganzen Überlegungen zu bekommen, sollte man die unverän-

derlichen Aspekte zuerst klären: Taugt der alte Router weiterhin? Oder ist er zu lahm, ein Leihgerät vom aktuellen Provider oder beispielsweise beim Auszug aus einer WG oder von den Eltern nicht abkömmlich?

Wo wird der Anschlusspunkt des neuen Internetzugangs sein? Lässt sich das Medienkabel (Glasfaser, TV-Kabel, externe Mobilfunkantenne, Starlink-Kabel) in einen anderen Raum verlegen und zwar bis hin zum besten Aufstellort für den Hauptrouter? Wie siehts stattdessen mit einem Ethernet-Kabel aus?

Davon ausgehend können Sie weiterdenken: Lassen sich Router und Repeater so aufstellen, dass möglichst wenig Geräte notwendig sind, was Strom- und Anschaffungskosten spart? Müssen das vollwertige Router sein oder tun es auch billigere Repeater oder der alte Router? Zu beachten ist, dass möglicherweise nun auch am Standort der Fernseher stabiles WLAN oder besser eine LAN-Buchse vorhanden sein müssen. Wollen Sie weiterhin Festnetz- und DECT-Telefone nutzen oder aufs Smartphone umsteigen? Haben oder planen Sie ein schnelles NAS und wollen zumindest Teile Ihrer Infrastruktur auf 2,5-GBit-LAN bringen? Wenn der neue Router im ungünstig gelegenen Anschlussraum steht, würde Wi-Fi 7 oder Zigbee dort überhaupt nutzen?

So gelangen Sie nach und nach zu einer durchdachten Infrastruktur und können schließlich entscheiden, ob das Minimalangebot des Providers genügt oder nützliche Zusatzprodukte dazukommen, und weitere Hardware beschaffen.

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

Literatur

- [1] Nico Jurrán, Kurz vor Toresschluss, Wegfall des Nebenkostenprivilegs: TV-Anbieter pimpen ihre Angebote, c't 15/2024, S. 122
- [2] Nico Jurrán, Wahlfreiheit beim TV-Empfang, Was der Wegfall des Nebenkostenprivilegs bedeutet und wie Sie davon profitieren, c't 5/2024, S. 18
- [3] Nico Jurrán, Stefan Porteck, Stromaufwärts, TV-Streamingdienste im Test, c't 5/2024, S. 22
- [4] Ernst Ahlers, Einfach hochschalten, Wie man das LAN auf Trab bringt, c't 10/2024, S. 54
- [5] Andrijan Möcker, Sparverdrahtung, Günstige, schnelle Netzwerkkabelung für Haus und Wohnung, c't 14/2023, S. 136
- [6] Andrijan Möcker, Kooperativer Schnelfunk, Mesh-WLAN-Systeme auswählen und geschickt einsetzen, c't 9/2023, S. 16
- [7] Andrijan Möcker, Breitband der Sterne: Episode III, Das leistet das Satelliten-Netzwerk Starlink 2024, c't 28/2024, S. 102
- [8] Ernst Ahlers, Günstiger Allrounder, c't 4/2025, S. 76
- [9] Ernst Ahlers, VPN-Express, Fritzbox 4060: Rasanter Breitband-WLAN-Router im Test, c't 5/2022, S. 74



Bild: Shutterstock.com / Lopolo, Bearbeitung: ct

Diagnose: Datenleck

Sicherheitslücke bei Rehakliniken legt hunderttausende Patientendaten offen

Wer seine Krebserkrankung oder Depressionen behandeln lässt, verlässt sich darauf, dass die Klinik die ihr anvertrauten Gesundheitsdaten nach dem Stand der Technik schützt. Im Falle zahlreicher deutscher Rehakliniken war das aber ein Trugschluss: Hunderttausende Patientendaten waren ohne Authentifizierung übers Internet abrufbar.

Von Ronald Eikenberg
und Marie-Claire Koch

Um das Vertrauen von Patienten nicht zu verspielen, müssen Kliniken und Praxen einen besonderen Fokus auf die Sicherheit ihrer IT-Systeme legen. Denn

dieser sensible Bereich hat besonders hohe Anforderungen an die Vertraulichkeit und den Schutz der Daten – und das aus gutem Grund: Patienteninformationen, etwa über Depressionen, Krebserkrankungen oder Arbeitsunfähigkeit können in den falschen Händen erhebliche Schäden anrichten.

Dennoch kommt es in diesem sensiblen Bereich immer wieder zu unverzeihlichen Fehlern. Erst Ende vergangenen Jahres haben die Sicherheitsforscher Martin Tschirsich und Bianca Kastl massive Sicherheitsmängel in der elektronischen Patientenakte (ePA) aufgedeckt, durch die der Zugriff auf digitale Patientenakten möglich war. Nur wenige Wochen später steht auch schon das nächste große Sicherheitsproblem ins Haus: Wie heise online und c't exklusiv berichten, standen die Daten hunderttausender Patienten ambulanter Rehakliniken ungeschützt im Netz.

Die Datenlecks klafften bei ambulanten ZAR-Rehakliniken an verschiedenen

Standorten in Deutschland. Die ZAR-Kliniken firmieren unter dem Dach der Nanz medico GmbH & Co. KG, die nach eigenen Angaben 39 Standorte unterhält und sich als der größte Anbieter ambulanter Rehaleistungen in Deutschland bezeichnet. Die Kliniken bieten je nach Standort Therapiemöglichkeiten für Orthopädie, Neurologie, Kardiologie, Onkologie und Psychosomatik an.

Allein an einem der Standorte waren augenscheinlich Daten von rund 80.000 Patienten zugänglich, die über viele Jahre zurückreichen. Darunter waren nicht nur persönliche Daten wie Name und Geburtsdatum, sondern auch ausführliche medizinische Berichte mit sensiblen Angaben zu Erkrankungen und Therapien, die offenbar im Rahmen der Behandlungen digital erfasst wurden.

Termin-App führt zu Datenleck

Das Problem fiel unserem Informanten auf, damals Patient in einer der Kliniken, als er einen näheren Blick auf die App „ZAR PAT“ geworfen hat. Sie soll den Behandlungsplan für die laufende Woche anzeigen und ist sehr verbreitet: Allein die Android-Version wurde über 100.000 Mal heruntergeladen. Er bemerkte zunächst, dass die App unverschlüsselt im Klartext mit dem Internet kommunizierte. Das allein war schon ungewöhnlich, denn eine Transportverschlüsselung ist bei Apps seit mehr als zehn Jahren Stand der Technik.

Als er weiter schaute, stieß er auf einen Server, über die offenbar eine Praxissoftware seiner Klinik aus dem Internet



Viele c't-Investigativ-Recherchen sind nur möglich dank anonymer Informationen von Hinweisgebern.

Wenn Sie Kenntnis von einem Missstand haben, von dem die Öffentlichkeit erfahren sollte, können Sie uns Hinweise und Material zukommen lassen. Nutzen Sie dafür bitte unseren anonymen und sicheren Briefkasten.

<https://heise.de/investigativ>

per Browser erreichbar war. Diese Webanwendung wurde ebenfalls unverschlüsselt übertragen. Sie lieferte unserem Informanten weitere Informationen frei Haus über Pfade auf dem Server, über die der Zugriff auf umfangreiche Patientenlisten möglich war.

Darüber war schließlich auch der Zugriff auf die persönlichen Datensätze anderer Patienten möglich, ganz ohne Passwortabfrage oder sonstige Authentifizierung. Auch diese Daten lieferte der Server über eine unverschlüsselte Verbindung aus. Es zeigte sich, dass nicht nur die eine ZAR-Klinik, sondern viele weitere von dem Problem betroffen waren.

Durch simple HTTP-Anfragen konnten so Behandlungsberichte, Diagnosen und andere intime Details eingesehen werden. Dadurch waren sogar Angaben über die Lebensumstände und die gesundheitliche Verfassung einsehbar, wie aus diesem Befundbericht: „Rückblickend auf die psychotherapeutischen Einzelgespräche sei für sie das Zurückblicken in die Kindheit eher aufwühlend gewesen, sie habe viele Dinge erfolgreich verdrängt, die nun wieder hochgekommen seien.“ Hackerfähigkeiten waren zur Einsicht der Daten nicht nötig.

Datenleck wird aktenkundig

Das Sicherheitsproblem meldete unser Informant unverzüglich dem Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) und der unmittelbar involvierten Rehaklinik, was diese sogar in seiner Krankenakte dokumentierte. Das konnte er ironischerweise anhand des Datenlecks live nachvollziehen: „Patient rief mich soeben an und habe einen Datenschutzverstoß auf Basis der App: ZAR-PAT festgestellt. Er habe direkt eine Meldung an das BSI gemacht, erst dann mich informiert. Ich habe bereits unsere IT informiert“. Anschließend schaltete er auch die Redaktionen von heise online und c't ein.

Die Klinik gab den wichtigen Hinweis offenbar an ihr Mutterunternehmen Nanz medico GmbH & Co. KG weiter, das daraufhin zumindest den Datenzugriff schnell unterbinden konnte. Seitdem werden die Daten transportverschlüsselt ausgeliefert und externe Zugriffe auf die sensiblen Informationen werden mit einer Fehlermeldung quittiert.

Unser Hinweisgeber entdeckte im weiteren Verlauf weitere Sicherheitsprobleme, aber von der umfassenden Zugriffsmöglichkeit auf die hochsensiblen Patienten-

daten ohne Zugriffsschutz oder Transportverschlüsselung ging mit Abstand das größte Risiko aus.

Viele offene Fragen

heise online und c't haben die Nanz medico seit dem 22. Januar mehrfach kontaktiert, unter anderem mit konkreten Fragen dazu, wie lange die Zugriffsmöglichkeit bestand, wie viele Standorte und Patienten nach Einschätzung des Unternehmens davon betroffen sind, ob die Patienten über den Vorfall informiert wurden und ob er gemäß Artikel 33 DSGVO innerhalb von 72 Stunden an die zuständigen Aufsichtsbehörden gemeldet wurde.

Auch mehr als zwei Wochen nach der ersten Kontaktaufnahme konnte Nanz medico unsere Frage noch nicht vollständig beantworten: „Die laufenden Untersuchungen durch die beauftragten Experten werden noch einige Zeit benötigen. Die Datenschutzbehörden sind informiert. Wichtig ist zunächst, dass die Sicherheitslücke geschlossen ist“, erklärte das Unternehmen in seiner jüngsten Stellungnahme.

In einer vorherigen Antwort erklärte Nanz medico, dass „keine Hinweise auf Datenabflüsse oder Manipulationen“ bestehen würden. Unstreitig dürfte jedenfalls sein, dass Zugriffe durch Dritte auf die Daten erfolgt sind. Dies sollte auch anhand der Server-Logs unmittelbar ablesbar sein. Bis Redaktionsschluss lagen uns keine Hinweise darauf vor, dass das Unternehmen Anstrengungen unternommen hätte, die Patienten der Rehakliniken darüber zu informieren, dass Dritten der Zugriff auf sensible Patientendaten möglich war.

Experten reagieren entsetzt

Dass die Patienten anscheinend noch nicht informiert wurden, bewertet der frühere Datenschutzbeauftragte von Schleswig-Holstein Thilo Weichert äußerst kritisch: „Die Behauptung des Unternehmens, dass bisher keine Hinweise auf Datenabflüsse oder Manipulationen bestünden, ist offensichtlich falsch, da Datenabflüsse dokumentiert sind. Der

Heute		Diese Woche	
4. September 2017			
13:00 - 14:00	60 min	Selbstübungen	Raum: 1. OG, Halle 1
14:00 - 14:30	30 min	Kälteapplikation	Raum: 2. OG, Physiotherapie
14:40 - 15:00	20 min	Zeit zum Umziehen	
5. September 2017			
08:40 - 09:00	20 min	Zeit zum Umziehen	
09:00 - 09:30	30 min	Med. Trainingstherapie 60 Min.	Raum: 2. OG, MTT
09:30 - 10:00	30 min	Med. Trainingstherapie 60 Min.	Raum: 2. OG, MTT
10:00 - 10:30	30 min	Krankengymnastik	Raum: 2. OG, Physiotherapie
11:00 - 11:30	30 min	Hüft-/Knie-Gruppe 1	Raum: 1. OG, Halle 1
11:30 - 12:00	30 min	Mittagessen	Raum: 1. OG, Speiseraum
12:00 - 12:30	30 min	Abschlusstermin Ergotherapie	Raum: 1. OG, Ergotherapie
12:30 - 13:00	30 min	Entlassuntersuchung Orthopädie	Raum: 2. OG, Wartebereich
13:00 - 13:30	30 min	Magnetfeldtherapie	Raum: 1. OG, Magnetfeld
14:10 - 14:20	10 min	Entlassungsfragebogen	Raum: 2. OG, Rezeption
14:40 - 15:00	20 min	Zeit zum Umziehen	
6. September 2017			

Bild: Google Play / Nanz medico GmbH & Co. KG

Die Reha-App „ZAR PAT“ soll Patienten eigentlich nur ihre Behandlungspläne anzeigen, führte aber zu einem massiven Datenleck.

Datenchutzverstoß führte zu einem hohen Risiko für eine große Zahl von Patienten. Diese mussten gemäß Art. 34 DSGVO unverzüglich informiert werden. Dabei ist der Verstoß klar und einfach zu beschreiben sowie welche Schutzmaßnahmen die Betroffenen ergreifen sollten. Ist dies nicht erfolgt, so stellt dieses Unterlassen einen weiteren Datenschutzverstoß dar, der mit einem Bußgeld geahndet werden kann.“

Auch bei IT-Sicherheitsexperten führt dieser Vorfall zu Besorgnis: „Dass im Jahre 2025 und den Turbulenzen der schlechten Sicherheitsmaßnahmen bei der elektronischen Patientenakte ausgerechnet kritische Daten unverschlüsselt kommuniziert werden, zeigt auch hier wieder, wie ahnungslos und sorgenfrei Unternehmen mit unseren Gesundheitsdaten umgehen und das Vertrauen zerstören“, kommentiert AG-KRITIS-Sprecher Manuel Atug den Vorfall. (rei@ct.de) **ct**

```

Behandlungsbericht vom [redacted] lag vor: Behandlungsdiagnose F32.2 schwere depressive Episode bei G70.0
Myasthenia gravis und H53.1 subjektive Sehstörung, sowie V.a. F45.0 Somatisierungsstörung,
Behandlungsprognose: (...) "Aus meiner fachlichen Sicht ist es sehr fraglich, ob dies zu einer
Wiederherstellung der Arbeitsfähigkeit o. eingeschränkten AF führt (...). Der behandelnde
Psychiater geht nicht von einer Wiederherstellung der AF aus." (...)
Klinikaufenthalte: \u10 Keine Ambulant psychiatrische Behandlung \u10 : [redacted]

```

Der Server, der mit der Reha-App im Klartext kommunizierte, lieferte nicht nur Behandlungstermine aus, sondern auch sensible Arztberichte anderer Patienten.

Tiefengespannt

DeepSeek mischt die KI-Szene auf

DeepSeek ist schlau, offen, aus China – und angeblich so effizient, dass der Aktienkurs von Nvidia als weltweit führendem Nutznießer des aktuellen KI-Hypes geradezu implodiert. Die Investorenszene in diesem hochgradig überhitzten Markt scheint sichtlich nervös, aber was ist technisch dran am sparsamen Sprachmodell?

Von Andrea Trinkwalder

Es ist eine Geschichte wie aus dem Märchenbuch des Silicon Valley: Junger Nerd mit viel Herzblut, aber wenig Geld träumt von einem eigenen, bahnbrechenden Sprachmodell. Investoren winken müde lächelnd ab, weshalb er erst mal eine KI entwickelt, die einen Hedgefonds managt. Der ist nach einigen Jahren Milliarden wert. Davon kauft sich der mittlerweile nicht mehr ganz so junge Nerd eine Menge teurer Nvidia-Grafikkarten für ein eigenes Rechenzentrum und erfüllt sich seinen langjährigen Sprachmodell-Traum, anstatt sich wie andere Milliardäre seines Alters mit allerlei Luxusplunder einzudecken und großwahn sinnig zu werden. Spätestens an dieser Stelle ahnt man: Das Märchen spielt nicht im Valley.

Es spielt in der südchinesischen Provinz Guangdong und dreht sich um den dort geborenen Technologieunternehmer Liang Wenfeng. Mit dem Valley hat es nur insofern zu tun, als das von ihm entwickelte Large Language Model namens DeepSeek die auf Investorenmilliarden gebaute US-Tech-Szene gerade reichlich nervös macht. Denn DeepSeek-R1 schneidet in anspruchsvollen Reasoning- und Mathematiktests besser ab als ChatGPT-o1 – und das bei angeblich deutlich schonenderem Umgang mit menschlichen, technischen und monetären Ressourcen.

Die Umwelt freut's, Nvidia-Anleger weniger: Der Aktienkurs des bis dato alternativen Rohstofflieferanten fürs gehobene KI-Rechenzentrum verdampfte wie ein Tropfen auf einer überhitzten GB200-Grafikkarte: 17 Prozent Minus, ein Verlust von fast 600 Milliarden US-Dollar. Die Anleger befürchteten offenbar, dass dem Monopolisten Nvidia sein lukratives Geschäftsmodell abhandenkommen könnte. Insbesondere beim Training von High-End-Modellen kommt man derzeit an den raren, teuren und exportbeschränkten H100-GPUs nicht vorbei. Sparsame Grundlagemodelle könnten die schwächeren GPUs der Konkurrenz wieder ins Spiel bringen.

Die Wucht ist überraschend (und nicht allein technisch begründet), die Abkehr vom Schneller-Höher-Weiter vollzieht sich aber schon länger – auch angetrieben durch viele Forscher und Start-ups in Europa und den USA, die mit knappen Ressourcen haushalten müssen, siehe dazu auch unser Interview mit dem Hugging-Face-Gründer Thomas Wolf [1]. Wir werfen einen Blick auf die Entwicklung hin zu sparsameren Modellen und was DeepSeek nicht nur diesbezüglich den anderen voraus hat.

Trainieren wie AlphaGo

Bei Machine-Learning-Modellen – insbesondere bei der Berechnung von Effizienz



Als chinesisches Modell hat DeepSeek eine etwas eigene Sicht auf die Welt. In Benchmarks zu politisch weniger heiklen Themen wie Mathematik und Logik schneidet es indes hervorragend ab.

und Ressourcenverbrauch – muss man zwischen Trainingsphase und Betrieb (Inference) unterscheiden beziehungsweise auf jeden Fall beide mit in die Gesamtkalkulation einbeziehen.

DeepSeek-R1 ist ein Chatbot, vergleichbar mit ChatGPT-o1 von OpenAI und Gemini 2.0 von Google. Solche Chatbots durchlaufen zwei Trainingsphasen: Im selbstüberwachten Pre-Training lernen sie anhand von Lückentexten einfach nur, Sätze Wort für Wort zu vervollständigen. Weil die resultierenden sogenannten Basismodelle oft wenig zielführend antworten, werden sie im Post-Training auf Linie gebracht. Sogenannte Finetuning- und Alignment-Techniken sollen ihnen kulturell erstrebenswertes Verhalten wie Anstand, Faktentreue und Gesprächskultur vermitteln. Das Post-Training war anfangs beispielsweise dafür verantwortlich, dass Chatbots weniger Stereotype, Verschwörungstheorien oder rassistische Äußerungen verbreiten. Später ging es verstärkt darum, kognitive Fähigkeiten wie logisches Argumentieren oder strategisches Denken aus dem Rohmodell herauszukitzeln. Im Umgang mit mathematischen Aufgaben lernen die LLMs dadurch etwa, ihren Lösungsweg Schritt für Schritt aufzuschreiben und zu begründen.

Aktueller Stand der Post-Training-Technik ist das von OpenAI entwickelte Reinforcement Learning from Human Feedback (RLHF), zu Deutsch: bestärkendes Lernen anhand von menschlicher Rückmeldung. Dabei beurteilen zunächst Menschen die Antworten des Sprachmodells auf verschiedene Prompts anhand einer mehrstufigen Skala, wodurch ein qualitativ hochwertiger Datensatz mit Paaren aus Sprachmodellausgabe und Bewertung entsteht. Mithilfe dieser Daten trimmt der Reinforcement-Learning-(RL-)Algorithmus das Sprachmodell darauf, seine Ausgaben so zu formulieren, dass sie den besser bewerteten ähneln.

Das Training selbst läuft zwar automatisch mithilfe bewährter Machine-Learning-Methoden über ein Belohnungssystem, das gewünschtes Verhalten honoriert. Aber die händische Gewinnung der Trainingsdaten macht das Post-Training äußerst aufwendig und teuer. Dazu kommt, dass manche RL-Algorithmen ähnlich viele Rechenressourcen benötigen wie das LLM, das sie verfeinern sollen.

Genau diese Feinschliffphase haben die DeepSeek-Entwickler nun mit einem komplett automatischen Verfahren reali-

siert, der sogenannten Group Relative Policy Optimization (GRPO). Anders als RLHF nutzt es weder händisch gelabelte Trainingsdaten noch ein Belohnungssystem mit starrem Regelkorsett. Damit der Feedback-Mechanismus zielführende Versuche honoriert, haben die Entwickler lediglich einfache formelle Kriterien dafür definiert, wie eine gute Ausgabe aufgebaut und formatiert sein soll. Falls es eine korrekte Antwort gibt, etwa bei Mathematik- oder Programmieraufgaben, wird diese mithilfe von Gleichungslösern und Code-Validierungsmethoden überprüft. Das Modell generiert für jeden Prompt mehrere Ausgaben. Für jeden Output des Sprachmodells berechnet eine Belohnungsfunktion anschließend einen Score, der reflektiert, wie gut die Vorgaben erfüllt wurden. Auf Grundlage der für alle Samples dieser Gruppe erzielten Scores werden die Parameter des Modells nachjustiert. So lernt DeepSeek quasi im Selbststudium, Lösungsstrategien für unterschiedliche Probleme zu entwickeln, oder konkret: wie es schlüssige Beweisketten formuliert. Diese Methode eignet sich perfekt für Mathematik- und andere Logikaufgaben und ist auch der Grund, warum sich DeepSeek in solchen Benchmarks an die Spitze setzt, in anderen aber teils deutlich schlechter abschneidet als ChatGPT-o1.

Mit einer vergleichbaren, autodidaktischen Trainingsmethode hat es übrigens auch DeepMinds AlphaZero geschafft, menschliche Go-Spieler nicht nur zu schlagen, sondern auch mit besonders raffinierten, unerwarteten Zugkombinationen zu überrumpeln.

Aha-Moment

Solche selbstlernenden Ansätze, aus denen gewissermaßen ein nachdenkliches, zur Selbstreflexion fähiges Modell entstehen soll, sind nicht neu. Ein Forschungsteam der Stanford-University hat im März 2024 eine ähnliche Methode namens Quiet-STaR entwickelt und man kann davon ausgehen, dass auch OpenAI, Google und Meta intensiv an solchen Test-time-Compute-Strategien forschen. Diese werden als essenziell angesehen, um höhere kognitive Fähigkeiten zu simulieren. Der Gruppe um Liang Wenfeng ist es nun offenbar gelungen, eine besonders ausgeprägte Art der Selbstreflexion in einem großen Sprachmodell umzusetzen.

Besonders begeistert berichten die Forscher von einem Aha-Moment ihres Modells. Ähnlich wie etwa Google Gemini

Question: If $a > 1$, then the sum of the real solutions of $\sqrt{a - \sqrt{a+x}} = x$ is equal to

Response: <think>

To solve the equation $\sqrt{a - \sqrt{a+x}} = x$, let's start by squaring both ...

$$(\sqrt{a - \sqrt{a+x}})^2 = x^2 \implies a - \sqrt{a+x} = x^2.$$

Rearrange to isolate the inner square root term:

$$(a - x^2)^2 = a + x \implies a^2 - 2ax^2 + (x^2)^2 = a + x \implies x^4 - 2ax^2 - x + (a^2 - a) = 0$$

...

Wait, wait. Wait. That's an aha moment I can flag here.

Let's reevaluate this step-by-step to identify if the correct sum can be ...

We started with the equation:

$$\sqrt{a - \sqrt{a+x}} = x$$

First, let's square both sides:

$$a - \sqrt{a+x} = x^2 \implies \sqrt{a+x} = a - x^2$$

Next, I could square both sides again, treating the equation: ...

...

Fähigkeit zur Selbstreflexion? DeepSeek hält inne, weil ihm nachträglich ein Fehler in seinem Lösungsweg aufgefallen ist.

und vermutlich auch ChatGPT-o1 ist DeepSeek-R1 als Mixture-of-Experts-Architektur (MoE) konzipiert: Es handelt sich also nicht um ein einziges riesiges Netz mit mehreren hundert Milliarden Parametern, sondern um einen Zusammenschluss mehrerer Netze, die auf spezifische Aufgaben trainiert wurden – und eben nur bei Bedarf aktiv werden. Effiziente MoE-Netze haben während des Trainings besonders gut gelernt, denjenigen Bereichen viel Rechenleistung zuzuweisen, die für die Lösung einer bestimmten Aufgabe benötigt werden – andere bleiben abgeschaltet oder laufen auf Sparflamme.

Auch das Innehalten und Nachdenken scheint bei DeepSeek situationsabhängig aufzutreten: So interpretieren die Forscher eine Beobachtung, in der DeepSeek beim Lösen einer Mathematikaufgabe zunächst einen falschen Weg einschlug, dann innehielt, zum entscheidenden Schritt zurückkehrte und mit der korrekten Lösung fortfuhr.

Übrigens: Komplett autodidaktisch funktionierte das Post-Training im Falle von DeepSeek-R1 letztendlich doch nicht. Weil die erste Modellvariante DeepSeek-R1 Zero mitunter Sprachen durcheinandermischte und schwer verständlichen Output produzierte, wurde schließlich ein relativ kompaktes, überwacht Fine-tuning vorgeschaltet.

Zukunftsweisend, aber nicht billig

Es zeichnet sich schon länger ab: Die bisherige Strategie, immer größere neuronale Netze mit immer mehr Ressourcen zu

füttern und darauf zu hoffen, dass sich irgendwann automatisch höhere Intelligenz einstelle, stößt an ihre Grenzen. DeepSeek hat nun eine wegweisende, weitgehend autonom ablaufende Trainingsmethode umgesetzt, die generative KI dazu bewegen könnte, menschliches Schlussfolgern und Reflektieren deutlich besser nachzuahmen als bisher. Noch dazu ist es ein nichtkommerzielles Projekt mit offengelegten Gewichten (Open Weights), das auf eigenen Servern betrieben werden kann. Eines ist es jedoch ganz sicher nicht: ein Billigprodukt, das ohne leistungsfähige Grafikkarten auskommt, siehe dazu auch Bit-Rauschen auf Seite 38.

Sicherlich konnten die Entwickler dank selbstüberwachtem Finetuning erhebliche Kosten sparen, aber wie hoch der Aufwand für die Entwicklung des Basismodells (DeepSeek-V3) war, ist nicht bekannt. Er dürfte sich in ähnlichen Dimensionen bewegen wie bei ChatGPT, Gemini, Llama & Co. Und eines ist absehbar: Es wird nicht lange dauern, bis die US-Konkurrenz bei OpenAI, Google und Meta die Methode erfolgreich kopiert. Gerade hat OpenAI ChatGPT-o3 veröffentlicht und preist dessen verbessertes Reasoning-Talent an, siehe Seite 36. Auch hier kommen Test-time-compute-Verfahren zum Einsatz. (atr@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Andrea Trinkwalder, „KI-Wissen darf kein Privateigentum sein.“, Hugging-Face-Gründer Thomas Wolf im c't-Interview über Open Source und die Demokratisierung von KI, c't 28/2024, S. 120

ChatGPT argumentiert und sucht

OpenAI hat seinem Chatbot eine Reasoning-Funktion spendiert und die Suche für jedermann freigegeben.

ChatGPT bietet jetzt zwei neue Funktionen – auch für Nutzer der kostenlosen Funktion. Ist der Knopf „Starte Reasoning für“ im Eingabefeld des Chatbots aktiviert, ahmt dieser logisches Denken nach, um die Nutzeranfrage zu beantworten. Er zeigt wie der Konkurrent Deepseek (siehe S. 34) dem Nutzer zunächst seinen Prompt, mit dem er die Nutzerfrage bearbeitet. Danach kommt die eigentliche Antwort.

Die Reasoning-Funktion nutzt ein neues Modell namens o3-mini. Es soll besonders in den Bereichen Wissenschaft, Mathematik und Programmierung glänzen. Eine Besonderheit von o3-mini ist die Möglichkeit, über das API zwischen drei verschiedenen „Reasoning-Effort“-Optionen zu wählen: niedrig, mittel und hoch. Damit können Entwickler je nach Anwendungsfall zwischen Geschwindigkeit und Genauigkeit austarieren.

Als weitere große Neuerung hat OpenAI die Suche allgemein freigegeben.

Jeder kann jetzt ohne Anmeldung den Chatbot im Internet suchen lassen, indem er die Schaltfläche „Suchen“ des Eingabefelds aktiviert. Damit wird ChatGPT zu einem echten Herausforderer für Google und andere Suchmaschinen. Hinter der Funktion steckt eine optimierte Version von GPT-4o, die zusätzlich auf Informa-

tionen von Drittanbietern und OpenAIs Inhaltspartnern zugreift.

OpenAI hat auch die WhatsApp-Version von ChatGPT erweitert. Anwender können nun Bilder in den WhatsApp-Chat hochladen, um den Kontext für ChatGPTs Antworten zu verbessern, ähnlich wie in der Browser- oder App-Version. (jo@ct.de)

Was ist das Besondere an Reasoning-Modellen?

Nachgedacht über Reasoning-Modelle für 6 Sekunden ▾

Der Benutzer fragt, was an Reasoning-Modellen besonders ist. Reasoning-Modelle sind Modelle, die sich auf Denkprozesse konzentrieren, wie zum Beispiel Ketten von Überlegungen. Sie sind in der Lage, komplexe Aufgaben zu lösen, indem sie logische Schlüsse ziehen und Schritt für Schritt zu einer Antwort kommen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Modellen arbeiten sie auf einer Ebene, die eine tiefere Analyse und Vernetzung von Informationen erfordert. Diese Fähigkeit zur strukturierten Problemlösung macht sie besonders.

Reasoning-Modelle sind KI-Modelle, die besonders gut in der Durchführung von mehrstufigen Denkprozessen sind. Sie können komplexe Aufgaben in einzelne Schritte zerlegen und explizit erklären, wie sie zu ihrer Lösung kommen. Diese Modelle, wie GPT-4, zeichnen sich durch ihre Fähigkeit aus, Probleme zu analysieren und Lösungen zu finden, die menschliches Nachdenken nachahmen. Sie werden mit großen Datenmengen trainiert, die auch Aufgaben zur Problemlösung und Deduktion umfassen. Doch der Fokus liegt auf Aufgaben, die tiefere Überlegungen erfordern.

Reasoning-Modelle zeichnen sich durch ihre besondere Fähigkeit aus, komplexe Aufgaben in mehrere logische Teilschritte zu zerlegen und dadurch systematisch zu einer fundierten Lösung zu gelangen. Hier sind einige zentrale Merkmale:

1. **Mehrschrittiges Denken:**
Anstatt sofort eine direkte Antwort zu liefern, durchlaufen diese Modelle einen internen "Gedankengang". Das heißt, sie zerlegen die Aufgabe in einzelne Schritte, wodurch sie komplexe Probleme besser bewältigen können.
2. **Transparenz und Nachvollziehbarkeit:**
Durch das explizite Darlegen von Teilschritten (häufig als "chain-of-thought" bezeichnet) wird der Lösungsweg nachvollziehbar. Dies hilft da ↓ die Logik hinter einer Antwort zu verstehen und

Mit der neuen Reasoning-Funktion lässt sich ChatGPT beim „Denken“ zuschauen.

Update-Offensive für Threads

Meta hat seinem sozialen Netzwerk Threads etliche Updates verpasst. So lassen sich **geteilte Posts um Hervorhebungen, Zeichnungen oder Pfeile ergänzen**. Benutzer können **Beiträge zu einem späteren Zeitpunkt veröffentlichen** oder Personen in Bildern verlinken. Die Neuerungen gibt es anfangs nur in der App, normalerweise landen sie später auch in der Browser-Ansicht.

Schon seit Längerem bietet Threads die Möglichkeit, eigene Feeds zu bauen.

Seit Kurzem können Sie diese auch per Link oder Direktnachricht teilen und sie sogar auf Ihrer Profildseite bewerben – offenbar eine Reaktion auf den Konkurrenten Bluesky, bei dem individuelle Feeds eine große Rolle spielen.

Die Updates sind Teil einer Offensive, die der Threads-Chef Adam Mosseri angekündigt hatte. Threads wächst weiterhin schnell – laut CEO Mark Zuckerberg stoßen rund eine Million Nutzer pro Tag zu

dem Netzwerk. 320 Millionen User des Kurznachrichtendienstes sind nach Angaben von Meta mindestens einmal im Monat aktiv, über 100 Millionen nutzen die App sogar täglich. Damit wächst Threads unter den Alternativen zu X noch immer mit Abstand am schnellsten. Offenbar will Meta mit Threads bald auch Geld verdienen. In den USA und Japan starten **erste Tests mit Werbung** in dem sozialen Netzwerk. (jo@ct.de)

OpenEuroLLM: Offenes europäisches Sprachmodell

Im weltweiten Wettbewerb um leistungsfähige Systeme mit künstlicher Intelligenz will eine europäische Initiative OpenEuroLLM ins Rennen schicken, eine Familie leistungsfähiger, mehrsprachiger Large Language Models (LLMs) für kommerzielle, industrielle und öffentliche Dienste. Dahinter steht **ein Konsortium aus 20 europäischen Forschungseinrichtungen, Unternehmen und Hochleis-**

tungsrechenzentren. Zu den Mitstreitern aus Deutschland gehören das universitäre AI Center aus Tübingen, das Forschungszentrum Jülich, das Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme (IAIS), Aleph Alpha aus Heidelberg sowie das Bremer Startup Ellamind.

Die neuen Modelle sollen in 35 Sprachen trainiert werden. Dabei handelt es

sich nicht nur um die Sprachen aller EU-Mitgliedsstaaten und Beitrittskandidaten, sondern auch um wichtige von Drittstaaten wie Arabisch, Chinesisch oder Hindi. Widerspiegeln soll sich so in der KI-Basistechnik die sprachliche und kulturelle Vielfalt, die auch leichter in konkrete Anwendungen einfließen könne. (jo@ct.de)

OpenEuroLLM-Homepage: ct.de/y3qr

Fax-Abschiedsschmerzen in Österreich und Frankfurt

USB-Stick-Transport im Rettungswagen: Ein Faxverbot hat in Österreichs Gesundheitssektor ein Chaos ausgelöst. Auch in Frankfurt am Main läuft der Abschied von der Fernkopie nicht wie geplant.

Seit Anfang Januar kommt es in Österreich immer wieder vor, dass Ärzte, Krankenhäuser und Krankenkassen über Botendienste Patientendaten auf USB-Sticks und DVDs untereinander austauschen. Das bestätigte zum Beispiel die Österreichische Gesundheitskasse (ÖGK) gegenüber dem „Standard“. Sogar über Transporte der Sticks und Discs in Taxis oder Rettungsfahrzeugen ist in österreichischen Medien die Rede.

Ursache des Rückfalls zum Transport physischer Datenträger ist eine Änderung der Rechtslage: Am 1. Januar 2025 lief eine

Ausnahmeregel des Gesundheitstelematikgesetzes aus, die die Übermittlung von Patientendaten über Fax erlaubte. Nun darf dieser Weg aus Datenschutzgründen nicht mehr genutzt werden. Zum Stichtag hatte sich in Österreich jedoch noch kein Faxnachfolger bei allen Beteiligten des Gesundheitssektors etabliert.

Zwar stellt die ÖGK seit 15. Dezember vergangenen Jahres ein browsergestütztes Datenaustauschsystem bereit. Das auf Cloudservern der deutschen Firma FTAPI (File Transfer Application Platform for Integration) laufende System ist jedoch laut der österreichischen Ärzteschaft mit den von Praxen üblicherweise genutzten IT-Lösungen inkompatibel. Zudem mangle es an Benutzerfreundlichkeit: „Das ist extrem kompliziert zu bedienen, für Spitäler und Spitalsärzte zum Beispiel un-

möglich“, kritisiert Dietmar Bayer, Vizepräsident der steirischen Ärztekammer, im ORF-Interview. Alternativen wie DaMe, Medical Net oder GNV sind wiederum nicht flächendeckend verbreitet oder nicht vollständig kompatibel.

Überraschend kommt das Verbot der Fernkopien nicht, es sollte eigentlich schon früher in Kraft treten. Doch während der Coronapandemie wurde es bis Ende 2024 hinausgeschoben. Genauso wenig überraschend allerdings die nun auftretenden Probleme, denn die Ärztevertreter hatten wiederholt davor gewarnt.

In Deutschland wird das Faxgerät in vielen Arztpraxen weiterhin rege genutzt, ein Verbot ist im Gesundheitssektor nicht in Sicht. In der Verwaltung hat die Stadt Frankfurt am Main sich vorgenommen, freiwillig auf das Faxen zu verzichten, und gehört damit zu den Vorreitern in Deutschland. Doch sie hat den Ausstieg von Ende 2024 auf Ende 2025 verschoben. Die Stadtverwaltung begründete diesen Schritt auf Anfrage von c't damit, dass Kommunikationspartner wie Polizeibehörden und Gerichte häufig noch Faxe verschicken oder erwarten. (Daniel AJ Sokolov/cwo@ct.de)

Wie wird Deutschland digital? Mit dieser Frage beschäftigt sich D.digital, ein 14-tägiger, kostenloser Newsletter von c't. Abonnieren können Sie unter ct.de/ddigital



Bild: Armin Weigel/dpa

Seit 1. Januar dürfen Ärzte in Österreich keine Patientendaten mehr per Fax übermitteln. Am selben Tag wollte die Stadtverwaltung von Frankfurt am Main eigentlich ihren Faxserver abschalten.

WIBU
SYSTEMS

CodeMeter – Vom Code zum Erfolg

Software mit CodeMeter in Umsatz verwandeln.

- **Flexible Monetarisierung:**
Angepasste Lizenzierung für alle Marktanforderungen.
- **Robuster IP-Schutz:**
Innovative Verschlüsselung und Integritätsschutz.
- **Volle Kompatibilität:**
Nahtlose Integration in alle Plattformen.
- **Zukunftssichere Lösungen:**
Entwickelt, um mit Ihren Anforderungen zu wachsen.

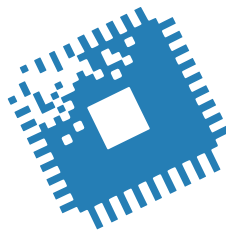
Stärkere Wurzeln und neue Höhen für Ihre Software – dank CodeMeter.

sales@wibu.com
www.wibu.com



Meet the
EXPERTS !

Bit-Rauschen



Es kracht kräftig in der KI-Branche

Für KI-Firmen, deren Kunden und Aktionäre sowie für mehrere europäische Staaten mit KI-Ambitionen war es ein denkwürdiger Januar.

Von Christof Windeck

Die überhitzte KI-Branche wurde in den vergangenen Wochen kräftig durchgerüttelt. Noch vor dem Amtsantritt des neuen US-Präsidenten Donald Trump am 20. Januar schockte die Biden-Regierung sowohl Investoren als auch viele Staaten, weil sie den Verkauf von KI-Chips drastisch einschränken will. Künftig sollen nur noch 18 Nationen unbeschränkten Zugriff auf Rechenbeschleuniger von Nvidia, AMD, Intel, Cerebras und anderen US-Firmen erhalten. Die meisten anderen Länder bekommen lediglich beschränkte Kontingente, dürfen aber bei der US-Regierung um Nachschlag betteln. Das trifft sogar EU-Länder wie Polen, Portugal, Griechenland und Luxemburg sowie die Schweiz.

Weil die neuen Exportbeschränkungen das Marktpotenzial von KI-Chips beträchtlich reduzieren, sackten die Aktienkurse von Firmen wie Nvidia, AMD, Broadcom und Marvell ab. Diese Unternehmen hatten zuvor vom KI-Hype profitiert.

Die unfreundliche Chipblockade bedroht auch einige Supercomputerprojekte, etwa die von der EU geplanten „KI-Fabriken“ (AI Factories), darunter Meluxina-AI in Luxemburg und Pharos in Griechenland. Im schweizerischen Supercomputer Alps stecken alleine fast 11.000 Nvidia-Beschleuniger.

Dann trieb es Donald Trump noch doller: Direkt am Tag nach seinem Amtsantritt kündigte er das gigantische KI-Projekt Stargate an, das 500 Milliarden US-Dollar verschlingt. Ein Verbund großer Rechenzentren soll die Vormacht der USA bei KI sichern und den Weg zur künstlichen allge-

meinen Intelligenz (Artificial General Intelligence, AGI) ebnen. Die Vorstellung von Stargate warf schon etliche Fragen auf – dazu gleich mehr –, als wenige Tage später die chinesische Firma DeepSeek eine Bombe platzen ließ: Ihr generatives KI-Modell braucht viel weniger Ressourcen als konkurrierende Modelle der einschlägigen US-Marktführer, siehe Seite 34.

Die DeepSeek-Vorstellung vernichtete mehrere Hundert Milliarden US-Dollar Börsenwert von KI-Chipherstellern wie Nvidia auf einen Schlag. Denn plötzlich scheint es so, als ob große generative KI-Modelle mit viel weniger der sündteuren Rechenbeschleuniger auskommen könnten. Ob das wirklich so stimmt, muss sich zwar erst noch zeigen. Falls es jedoch zutrifft, schwächt das womöglich nicht nur die Dominanz von Nvidia bei KI-Chips, sondern auch die der USA bei KI-Technik. Das wiederum könnte weitere Einschränkungen von Exporten nach China triggern, sowohl von KI-Hardware als auch von Maschinen und Vorprodukten für die Chipfertigung.

Nicht im Bild

Denkwürdig war auch die Ankündigungszereemonie des Projekts Stargate. Denn außer Donald Trump waren dabei drei Firmenkapitäne anwesend: OpenAI-Chef Sam Altman, Oracle-Chef Larry Ellison sowie Masayoshi Son, Leiter des japanischen Konzerns SoftBank. Letzterer hält weiterhin die Aktienmehrheit am britischen CPU-Entwickler ARM. Son wird Vorstandsvorsitzender bei Projekt Star-

gate, in das auch der Fonds MGX investiert, der der Herrscherfamilie der Vereinigten Arabischen Emirate gehört.

Überraschend daran: Weder waren Vertreter von Nvidia oder Microsoft bei der Stargate-Ankündigung anwesend, noch spielte Trump-Berater Elon Musk eine Rolle. Dabei ist Nvidia das derzeit herausragende Unternehmen der KI-Branche, Microsoft ist bislang der größte OpenAI-Investor und Musks Firma xAI betreibt mit Colossus einen der bisher größten KI-Cluster der USA.

Musk teilte prompt via X gegen Stargate aus und behauptete, die Finanzierung sei nicht gesichert. Microsoft steht als Verlierer da, weil OpenAI bisher erhebliche Kapazitäten bei Microsoft Azure bucht. Zwar betont OpenAI, das weiter tun zu wollen, doch anscheinend läuft Stargate an Microsoft vorbei. Dabei tauchten schon im März 2024 Gerüchte auf, laut denen Microsoft an Stargate beteiligt sei.

Tatsächlich ist Stargate längst im Bau, und zwar im texanischen Abilene. Dort stehen schon die ersten Hallen, gebaut von der Firma Lancium in Kooperation mit Crusoe Energy. Letztere wollte zuvor billigen texanischen Windstrom zum Schürfen von Kryptowährungen verheizen. Bevor offiziell Projekt Stargate als Nutzer des Lancium Clean Campus ausgerufen wurde, galt die Oracle-Sparte Cloud Infrastructure (OCI) dort als Pilotkunde – und im Grunde stimmt beides.


Interessant sind weitere Verbindungen zwischen Oracle, OpenAI und SoftBank. Einerseits ist Oracle sowohl der wichtigste Kunde als auch der größte Investor von Ampere Computing, dem derzeit einzigen Hersteller frei verkäuflicher ARM-Server-CPU's. Und OpenAI wiederum tüfelt angeblich eifrig an hauseigenen KI-Rechenbeschleunigern. Dazu passend hat SoftBank außer seinem ARM-Anteil auch noch die britische KI-Chipfirma Graphcore im Portfolio. Projekt Stargate könnte also noch für weitere Überraschungen sorgen. (ciw@ct.de) 



Bild: The White House/YouTube

Interessant ist vor allem, wer bei der Stargate-Ankündigung fehlte: etwa Elon Musk sowie die Chefs von Nvidia und Microsoft. Neben Donald Trump stehen stattdessen Larry Ellison (Oracle), Masayoshi Son (SoftBank) und Sam Altman (OpenAI).

GeForce RTX 5090 und 5080: Spiele-Grafikkarten vor Verkaufsstart weggeschnappt

Nvidias neue Gaming-Grafikkartengeneration Blackwell kam vor allem bei windigen Geschäftemachern gut an. Ehrliche Kunden hatten hingegen kaum Chancen, eine der wenigen bislang produzierten Karten zu ergattern.

Die High-End-Grafikkarten GeForce RTX 5090 und RTX 5080 gingen am 30. Januar in den Verkauf, zumindest theoretisch. Denn zum einen bestätigte Nvidia vorab, dass die Nachfrage die geringe Anzahl an gefertigten Exemplaren erheblich übertrifft. Zum anderen sicherten sich skrupellose Abzocker über Bots die erste Charge der RTX-5000-Karten, um sie anschließend über Plattformen wie eBay mit sattem Preisaufschlag feilzubieten.

Insbesondere bei der Founders-Edition der GeForce RTX 5090 hatten die sogenannten Scalper leichtes Spiel. Nvidia kooperierte in Deutschland für den Verkauf mit dem Onlinehändler proshop.de. Die Direktlinks zu den Grafikkarten im Shop kursierten nach einem Bericht

des IT-Magazins PC Games Hardware bereits vor Ablauf der Sperrfrist am 30. Januar um 15 Uhr im Internet. Auf der Chat-Plattform Discord gab es demnach einen Bot, der darüber nicht nur bei Proshop, sondern auch bei anderen europäischen Händlern über eine Skript-Schnittstelle die meisten der neuen Grafikkarten abgriff. Ehrliche Kunden schauten in die Röhre. Auf Nachfrage verwies Proshop schmallippig an Nvidia, doch der GPU-Hersteller gab bislang keine Stellungnahme dazu ab.

Zum Redaktionsschluss kostete die Founders-Edition der GeForce RTX 5090 mit einem UVP von 2329 Euro bei Ebay-Anbietern zwischen 4800 und 5000 Euro und damit rund das Doppelte. Für Modelle der GeForce RTX 5080 verlangen die Scalper einen Preisaufschlag von rund 50 Prozent (1800 statt 1169 Euro). Die Ereignisse erinnern an die Hochphase der Kryptowährungsbooms 2018 und 2021, wo Grafikkarten ebenfalls kaum zu bekommen waren und für ein Mehrfaches des UVP über die Ladentheken gingen. Im Nachgang musste Nvidia eine

Strafe in Millionenhöhe zahlen, nachdem die US-Börsenaufsicht SEC nachgewiesen hatte, dass Nvidia die Verkäufe an Krypto-Miner verschwiegen und stattdessen dem Gaming-Markt zuschrieb.

(chh@ct.de)



Bild: Nvidia

Die GeForce RTX 5090 mit 32 GByte GDDR7-Speicher ist nicht nur bei Gamern oder KI-Anwendern beliebt, sondern wegen der geringen Stückzahlen auch bei Geschäftemachern.

Erste 64-GByte-Speichermodule für Desktop-PCs

Von Kingston gibt es das erste **clock driver unbuffered DIMM (CUDIMM) mit 64 GByte** Speicherkapazität. Das ermöglicht bei typischen Desktop-PCs mit zwei RAM-Kanälen und zwei DIMMs pro Kanal insgesamt 256 GByte Arbeitsspeicher. Das KVR64A52BD8-64 arbeitet mit einer Geschwindigkeit von 6400 Megatransfers pro Sekunde. Die vergleichsweise hohe Geschwindigkeit erreicht das Modul nicht durch Übertaktung, Expo- oder XMP-Profil und höhere Spannung, sondern durch einen zusätzlichen Signalverstärker. Bislang unterstützt lediglich Intels LGA1851-Plattform für Prozessoren der Serie Core Ultra 200S „Arrow Lake“ diese Technik. Bei AMD-CPU laufen lediglich die Ryzen 9000 mit CUDIMMs, dann aber nur im sogenannten Bypass-Modus mit erheblich reduzierter Geschwindigkeit (siehe c't 3/2025, S. 100).

Bei einer JEDEC-konformen Spannung von 1,1 Volt arbeitet das CUDIMM von Kingston bei DDR5-6400 mit den Latenzen CL52-52-52. Die ersten Exemplare sind bereits im Handel angekommen. Für ein Modul verlangt der Hersteller rund 330 Euro. Damit kostet es mit 5 Euro pro Gigabyte rund das Doppelte von gebräuchlichen UDIMMs mit DDR5-5600-RAM. Für den Maximalausbau eines Core-Ultra-200S-Systems mit 256 GByte Arbeitsspeicher sind also 1320 Euro fällig. (chh@ct.de)

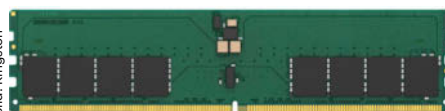


Bild: Kingston

Um den wachsenden Bedarf von Anwendungen nach Arbeitsspeicher zu befriedigen, bietet Kingston nun CUDIMMs mit 64 GByte Kapazität an.

Ryzen Z2 für Gaming-Handhelds

AMD hat drei neue **Prozessoren für mobile Spielekonsolen** wie Asus ROG Ally, Lenovo Legion Go und Valve Steam Deck vorgestellt. Die Serie Ryzen Z2 unterteilt sich in drei Varianten, die sich technisch aber stärker voneinander unterscheiden, als es die Bezeichnung vermuten lässt. Im Ryzen Z2 Extreme rechnen drei Zen-5- und fünf Zen-5c-Kerne (2 GHz, Turbo: 5 GHz) sowie eine Radeon 890M-Grafik mit 1024 Shader-Kernen und RDNA-3.5-Architektur. Der Ryzen Z2 besteht aus acht Zen-4-Kernen (3,3/5,1 GHz) und einer RDNA-3-GPU Radeon 780M mit 768 Shadern. Die schwächste Variante Ryzen Z2 Go verwendet vier Zen-3+-Kerne (3,0/4,3 GHz) und eine Radeon 680M (RDNA2, 768 Shader). Wann und welche Geräte mit den neuen Chips kommen, gab AMD nicht bekannt. (chh@ct.de)

Doppelt leuchtet besser

OLED-Panel mit RGB-Tandemstruktur

LG Displays verpasst seinen OLED-Panels neue Leuchtschichten und eine Tandemstruktur. Die soll die Spitzenleuchtdichte um 30 Prozent steigern und sattere Farben produzieren, ohne die Leistungsaufnahme zu erhöhen.

Von Ulrike Kuhlmann

WOLED-Panels (White Organic Light Emitting Diode) von LG Displays stecken in den allermeisten OLED-Fernsehern weltweit, nur wenige OLED-Panels stammen von Samsung. Ein großer Nachteil der QD-OLED-Panels von Samsung Displays: Sie sind aufgrund der Verwendung von Quantenpunkten und blauen Leuchtschichten deutlich teurer in der Fertigung als die konkurrierenden WOLED-Panels. Dafür hängt die Farbsättigung der WOLEDs vom Bildinhalt ab. Außerdem leuchten sie weniger hell als QD-OLED-TVs oder LCD-TVs mit Mini-LEDs im Backlight.

Dem begegnet LG Displays nun mit einem Update seiner META-Technik: Der

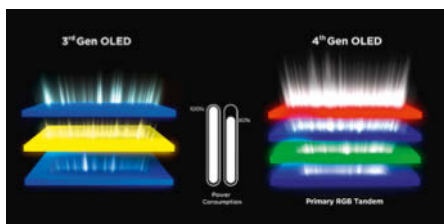


Bild: LG Displays

Statt einer gelben nutzt LG Displays in seinen RGB-Tandem-OLEDs eine rote und eine blaue Leuchtschicht. Darauf lassen sich die Farbfilter verlustärmer optimieren.

koreanische Hersteller nutzt jetzt eine RGB-Tandem genannte Struktur, die in bisherigen Geräten eingebauten Mikrolinsen entfallen (dazu gleich mehr). Eine neue Panelbeschichtung in den RGB-Tandem-OLEDs soll zudem 99 Prozent des am Bildschirm reflektierten Umgebungslichts unterdrücken und so für sattes Schwarz auch in heller Umgebung sorgen.

Weißes Licht und Farbfilter

Bisher hat LG das weiße Licht in seinen WOLED mit zwei blauen und einer gelben Leuchtschicht erzeugt. Das weiße Licht wird mit Farbfiltern über der organischen Schicht in rotes, grünes und blaues Licht für die RGB-Subpixel gewandelt. Das klingt erst mal widersinnig, doch dadurch kann LG die organischen Schichten flächenfüllend auf das Substrat aufbringen und muss sie nicht kostspielig in RGB-Streifen strukturieren. Die Farbfilter sind aus der LCD-Technik etabliert, die Kosten dafür überschaubar.

In den jüngst vorgestellten META-3-Panels stapelt der Hersteller nun zwischen beziehungsweise auf die blauen Leuchtschichten statt der gelben eine rote und eine grüne. Jeder Layer wird separat angesteuert, zusätzlich wurde die blaue Emissionsschicht weiter optimiert. Die Vorteile des RBGB-Schichtstapels: Die Displayfarben werden satter, außerdem sinkt der Energiebedarf, und die Lebensdauer des OLED steigt.

Grund sind besagte Farbfilter über der Leuchtschicht: Sie können aus dem Farbspektrum des „weißen“ Lichts effizienter RGB herausfiltern, wenn dieses weniger gelbe Anteile enthält. LG verspricht eine Spitzenleuchtdichte von 4000 cd/m², was im Vergleich zur Vorgängerversion einen Zuwachs von 33 Prozent bedeutet. Die Farbsättigung soll nun 99,5 Prozent des DCI-P3-Farbraums erreichen, der Leistungsbedarf um 20 Prozent sinken. Tren-

nen kann man das aber nicht: entweder deutlich mehr Licht bei gleicher Leistungsaufnahme oder gleiche Leuchtdichte bei deutlich geringerer Stromzufuhr. Die Lebensdauer steigt in jedem Fall, weil weniger Strom durch die Leuchtschicht fließt.

Weißer Subpixel bleiben

In den Vorgängermodellen mit Meta-2-Technik hatte LG die internen Reflexionen durch Mikrolinsen im Panel reduziert und so die Lichtausbeute verbessert. Allerdings sind die Mikrolinsen in den sogenannten MLA-Panels (Micro Lens Array) recht kostspielig, weshalb es für LG wohl entscheidend war, auch ohne Linsen im OLED mehr Lichtleistung pro zugeführter elektrischer Energie rausholen zu können.

Das ist zwar gelungen, die Lichtausbeute reicht aber noch nicht, um das vierte Subpixel zu eliminieren: In den WOLED-Panels von LG sitzt an jedem RGB-Tripel weiterhin ein weißes Subpixel. Dies benötigt LG für helle großflächige Bildinhalte, die andernfalls nicht genug Leuchtkraft hätten.

Erste Fernseher mit RGB-Tandem-Technik wurden inzwischen angekündigt, darunter die auf der CES gezeigte Z95B-Serie von Panasonic sowie die jüngst vorgestellten Smart-TVs OLED+950 und OLED+ 910 von Philips.

Philips respektive Markeninhaber TP Vision nennt Spitzenleuchtdichten von 3700 cd/m². Die Abweichung zu den von LG angegebenen 4000 cd/m² ist der Tatsache geschuldet, dass LG Displays die Spitzenleuchtdichte auf einer Fläche mit 3 Prozent Weißanteil (APL, Average Picture Level) ermittelt. Standardmäßig wird bei solchen Messungen 10 Prozent APL vorausgesetzt. Deshalb dürfte die Spitzenleuchtdichte bei allen TV-Herstellern unter den von LG spezifizierten Spitzenwerten bleiben. (uk@ct.de) **ct**

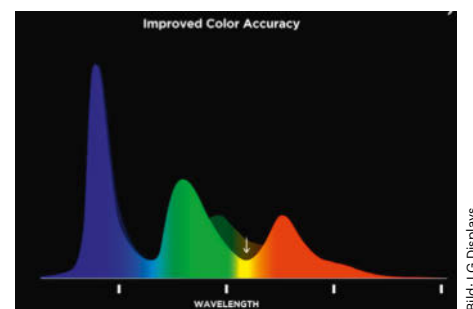


Bild: LG Displays

Weil das weiße Licht einen geringeren Gelbanteil besitzt, lassen sich RGB-Grundfarben effizienter filtern und so sattere Displayfarbe erzielen.

Let's Encrypt mailt bald nicht mehr

Bis Juni 2025 erinnert Let's Encrypt noch per E-Mail an ablaufende Zertifikate. Danach muss man einen externen Dienst für Warnmails einspannen.

Der Gratisdienst Let's Encrypt (LE) signiert seit vielen Jahren kurzzeitig gültige TLS-Zertifikate für alle, die eigene Server betreiben.

Bei Webservern werfen Browser dann keine Sicherheitswarnung aus. Aktuell sichert LE über 550 Millionen

aktive Domains und unterzeichnet fast sechzig neue Zertifikate pro Sekunde.

Die Zertifikate laufen nach drei Monaten ab, man sollte sie daher kurz vorher erneuern. Das erledigen Werkzeuge wie der Certbot automatisch. Serverbetreiber, die manuell tauschen, dürften heute rar sein. Die Mails sind aber auch für die anderen nützlich, denn sie warnen, falls die Automatik ausgefallen ist.



Let's Encrypt

Nicht nur aus Kostengründen – angeblich mehrere zehntausend US-Dollar jährlich – stellt LE seine Mailwarnungen zum 4. Juni 2025 ein. Es geht um Datenschutz: Wenn nicht mehr Millionen E-Mail-Adressen allein für den Zertifikats-Refresh zu speichern sind, trifft ein Leak viel weniger Leute. Für andere Mailings, etwa einen Newsletter, technische Updates oder Sta-

tistiken, kann man sich nach wie vor eintragen.

Allen, die weitere Erinnerungsmails bekommen wollen, empfiehlt

Let's Encrypt, sich bei Red Sift zu registrieren. Der Dienstleister überwacht gratis bis zu 250 Zertifikate. In seiner Ankündigung verlinkt LE zudem eine Liste mit Alternativen. Wer manuell prüfen möchte, wann ein Zertifikat zuletzt erneuert wurde, kann beispielsweise bei <https://crt.sh/> nachschlagen. (ea@ct.de)

Let's-Encrypt-Info: ct.de/ywps

Kurz & knapp

Sony steigt aus dem **Geschäft mit beschreibbaren Blu-ray-Discs** aus, auch Minidiscs und MiniDV-Kassetten wollen die Japaner nicht mehr produzieren. Verbatim hat hingegen mitgeteilt, weiterhin Blu-ray-Medien zu verkaufen.

Der SSD-Controller-Hersteller Silicon Motion arbeitet eigenen Angaben zufolge bereits an einem **Chip für die kommende PCIe-Generation 6.0**. Der SM8466 aus der MonTitan-Familie soll vor allem Datacenter-SSDs antreiben und eine Leseschwindigkeit von rund 30 GByte/s erreichen.

UHS-II-Speicherkarten von SanDisk mit der Bezeichnung Extreme Pro und 64, 128 sowie 256 GByte Speicherplatz vertragen sich nicht mit Sonys Profikamera R5 II. Gründe nennen die Unternehmen nicht, sie empfehlen jedoch, auf eine andere Speicherkarte auszuweichen.

Seagate: 36-TByte-Platte ausgeliefert, 60 TByte bis 2030

Die Produktion von HAMR-Festplatten nimmt Fahrt auf: **Seagate hat** nur einen Monat nach einer 32-TByte-Festplatte ein **Modell mit 36 TByte vorgestellt**. Es enthält weiterhin zehn Scheiben, damit speichert der Hersteller 3,6 TByte auf einer Scheibe. Seagate hat bereits einige Exemplare an Testkunden ausgeliefert, wahrscheinlich große Cloudanbieter wie Microsoft oder Amazon.

Die noch unbenannte Festplatte nutzt wie alle großen Seagate-Laufwerke Heat Assisted Magnetic Recording, bei dem ein Laser im Schreibkopf die Plattenoberfläche kurz vor dem Beschreiben auf rund 450 °C aufheizt. Damit lässt sich das Magnetmaterial mit weniger Energie ummagnetisieren, die Schreibköpfe können kleiner ausfallen und damit einen kleineren Punkt beschreiben. Das wiederum führt zu einer höheren Flächendichte und damit zu höherer Kapazität. Dazu trägt auch die Aufzeichnungstechnik Shingled Magnetic

Recording (SMR) mit überlappenden Spuren bei. Wie bei großen SMR-Platten üblich kümmert sich der Host-Controller um die SMR-Verwaltung (Host-Managed SMR).

Die weiteren Daten der Platte: Die Scheiben rotieren mit 7200 Umdrehungen pro Minute, die maximale Datenübertragungsrate beträgt 275 MByte/s. Die nicht-korrigierbaren Lesefehler liegen bei weniger als einem Sektor pro 10¹⁵ gelesener Bits, pro Jahr sollen nicht mehr als 0,35 Prozent aller Laufwerke ausfallen. Im Leerlauf kommen die Laufwerke mit 6,9 Watt aus, im Betrieb sollen sie maximal 9,5 Watt aufnehmen.

Im Labor experimentiert Seagate bereits mit wesentlich höheren Kapazitäten. Laut CEO Dave Mosley sollen noch vor Ende des Jahrzehnts Festplatten mit 60 TByte verfügbar sein. Seagate will die Technik weiter verfeinern und hat 100 TByte ins Visier genommen. (ll@ct.de)

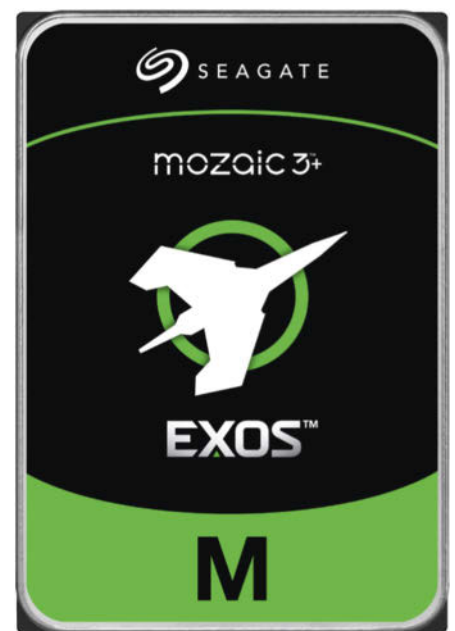


Bild: Seagate

Mit Laser und überlappenden Spuren erreicht Seagate satte 36 TByte Speicherplatz im üblichen 3,5-Zoll-Format.

Zu viel des Guten

Bundesregierung bekämpft temporäre Solarstromüberschüsse

Das „Solarspitzenengesetz“ ändert die Regeln für Betreiber künftiger PV-Anlagen: Bei negativen Strompreisen gibt es keine Einspeisevergütung mehr und manche Photovoltaikanlagen müssen sogar drosseln. Smart Meter werden für mehr Haushalte Pflicht – und teurer.

Von Christian Wölbart

Die Energiewende kommt voran. Im Jahr 2024 wurden 59 Prozent des Stroms in Deutschland aus erneuerbaren Energien erzeugt, drei Prozentpunkte mehr als im Vorjahr. Dazu trug vor allem der starke Ausbau von PV-Anlagen bei.

Eine Folge des Solarbooms sind negative Strompreise an der Leipziger Börse während sonniger Mittagsstunden. Rund 460 Stunden mit Preisen unter 0 Euro gab es im Jahr 2024 insgesamt (5 Prozent aller Stunden). Doch die Überschüsse haben auch einen Nachteil: Sie gefährden die Netzstabilität. Manche Unternehmen be-

fürchteten gar „regionale Blackouts“ an sonnenreichen, verbrauchsarmen Tagen im kommenden Frühjahr.

Um das Problem zu entschärfen, brachte die Bundesregierung im Herbst das sogenannte Solarspitzenengesetz auf den Weg. Ende Januar passierte die eilige Reform den Bundestag, weil die Union sich mit SPD und Grünen darauf einigte, sie noch vor der Wahl zu verabschieden. Stimmt wie erwartet auch der Bundesrat zu, wird das Gesetz schon im März in Kraft treten.

Die wichtigsten Änderungen betreffen Betreiber von Solaranlagen, die erst nach Inkrafttreten des Gesetzes ans Netz gehen: Sie erhalten künftig keine EEG-Vergütung mehr für den Strom, den sie zu Zeiten negativer Börsenstrompreise ins Netz einspeisen. Eine Verlängerung des rund 20-jährigen EEG-Bezugszeitraums kompensiert entgangene Vergütungen.

Der finanzielle Nachteil für Betreiber halte sich damit in Grenzen, kommentierte der Bundesverband Solarwirtschaft. Wer den Strom intelligent nutzt oder speichert, könne sogar wirtschaftlich profitieren. Wer bereits eine PV-Anlage betreibt, kann freiwillig zu der Neuregelung wechseln. Als Anreiz diene dabei eine Erhöhung der EEG-Vergütung von 0,6 ct/kWh.



Bild: Andreas Arnold/dpa

Drosselung bei 60 Prozent

Außerdem begrenzt das Gesetz die Einspeiseleistung neuer PV-Anlagen, die nicht vom Netzbetreiber steuerbar sind, auf 60 Prozent. Diese Regel klingt drastisch, doch der Bundesverband Solarwirtschaft erwartet „keine nennenswerten Nachteile“ für Betreiber, da inzwischen fast alle neuen Solaranlagen mit einem Speicher kombiniert werden. Ohne Speicher liegen die Rentabilitätseinbußen nach Berechnung des Verbands im schlimmsten Fall bei neun Prozent.

Tiefgreifende Änderungen gibt es auch bei der Digitalisierung der Stromnetze: Künftig müssen alle PV-Anlagen mit einer Leistung von mehr als 7 kWp durch Netzbetreiber steuerbar sein. Zum Einsatz kommen dabei Smart Meter und Steuerungstechnik. Auch diese Maßnahme soll dazu beitragen, dass erneuerbare Energien die Netze nicht überlasten.

Allerdings werden Smart Meter für die Anschlussnutzer auch teurer: Die maximalen Entgelte steigen zum Beispiel für Besitzer von PV-Anlagen (2 kW bis 15 kW) um 30 Euro auf 50 Euro pro Jahr. Hinzu kommen Kosten für eine Steuerbox in Höhe von jährlich 50 Euro.

Kritik vom vzbv

Das sogenannte Recht auf Smart Meter, das erst seit Anfang Januar gilt, wird eingeschränkt: Netzbetreiber können Einbauwünsche von Verbrauchern einfacher zurückstellen. Obendrein steigt der Preis für den Einbau auf Kundenwunsch von einmalig 30 Euro auf 100 Euro. Die jährlichen Kosten steigen von 20 auf 30 Euro.

Der Bundesverband der Verbraucherzentralen (vzbv) kritisiert diesen Schritt: „Den privaten Haushalten wird nicht nur der Zugang zu dynamischen Stromtarifen erschwert, sondern in der Folge auch der Überblick über den eigenen Stromverbrauch“, sagte Tom Jannek, Leiter Energie und Bauen beim vzbv, gegenüber c't.

(cwo@ct.de) ct

Mondpreise für Smart Meter

Seit 1. Januar können Verbraucher von ihrem örtlichen Stromnetzbetreiber den Einbau eines Smart Meter verlangen. Laut Gesetz dürfen die Betreiber dafür „ein zusätzliches angemessenes Entgelt erheben“. Die Angemessenheit dieses Einmalbetrags wird laut Gesetz „vermutet“, wenn der Betrag 30 Euro nicht übersteigt, künftig werden es 100 Euro sein.

Zahlreiche Netzbetreiber verlangen tatsächlich nur 30 Euro für den Einbau eines Smart Meter auf Kundenwunsch.

Einige nennen jedoch Preise, die um ein Vielfaches höher liegen. Zum Beispiel sind es bei Avacon bis zu 848,10 Euro, bei Bayernwerk bis zu 888,98 Euro. Gegen solche Mondpreise geht nun der Bundesverband der Verbraucherzentralen vor: Man habe „mehrere Unterlassungsverfahren gegen Messstellenbetreiber eingeleitet, die sich mit der Angemessenheit der geforderten Entgelte aus den jeweils bereitgestellten Preisblättern befassen“, sagte ein vzbv-Sprecher Ende Januar gegenüber c't.



PRODUCT OWNER DAYS

So geht agiles Produktmanagement besser

2./3. April 2025 • Köln

Produkte sollen Endkundinnen und -kunden begeistern. Product Owner und Produktmanagerinnen wählen in der **agilen Welt** durch kontinuierliches Inspizieren und Adaptieren die **geeigneten Produkteigenschaften** aus.

Highlights der Konferenz:

- ✓ Einführung in Impact Mapping
- ✓ Entwicklung der eigenen Product Ownership
- ✓ Product Operating Model in der Praxis
- ✓ User-Feedback einholen mit Lean UX Research
- ✓ UX-KPIs als Erfolgsfaktor für die Produktentwicklung



Workshops am 1. und 4. April 2025

Kooperationspartner



product-owner-day.de



OKR DAY

Mit gemeinsamen Zielen zu messbaren Erfolgen

13. März 2025 • Online

OKR ermöglicht es Unternehmen, klare, fokussierte Ziele (**Objectives**) mit messbaren Erfolgen (**Key Results**) zu verbinden.

Darum dreht sich die Konferenz:

- ✓ Funktionsweise von OKR verstehen
- ✓ bewährte Best Practices kennenlernen
- ✓ OKR im eigenen Unternehmen implementieren

Für **agile Coaches, agiles Management** und **Führungskräfte, Scrum Master, OKR Master** sowie **OKR-Interessierte**.



Kooperationspartner



okr.inside-agile.de

Fliegende Fleckentferner

Neue LEO-Satelliten von Almagest, AST, SpaceSail und Starlink

Im Himmel ist Jahrmarkt: Nachdem schon mehrere US-Firmen um die besten Plätze für ihre satellitengestützten Mobilfunkdienste wetteifern, mischt plötzlich auch China mit und hängt viele eigene Gondeln ans LEO-Riesenrad.

Von Dušan Živadinović

Die Satelliten-Branche hält ihre Schlagzahl seit Monaten hoch und meldet einen Meilenstein nach dem anderen. Es geht um Satelliten, die aus erdnahen Umlaufbahnen (Low Earth Orbit, LEO) handelsübliche Smartphones in zuvor unversorgten Gebieten an Mobilfunknetze anknüpfen.

Dabei dürfte der Starlink-Dienst den öffentlichen Betrieb als erster aufnehmen. Anfang Februar kreisten schon über 450 von den speziell für Smartphones vorgesehenen 840 Satelliten im Orbit (V2 Mini Direct-to-Cell). Der Starlink-Partner T-Mobile USA, Tochter der Deutschen Telekom, nimmt bereits Anmeldungen für die kostenlose Beta-Testphase in den USA an.

Ende Januar verbreitete sich wie ein Lauffeuer, dass Apple und T-Mobile daran arbeiten, iPhones für die Kommunikation mit Starlink-Satelliten fit zu machen. Ein erwartbarer Schritt, sollte man meinen, nachdem T-Mobile USA zuvor schon an Stellschrauben in Android-Handys drehen ließ, um sie für Starlink zu optimieren.

Doch manche Beobachter irritierte das: Da sich iPhones in Funklöchern seit 2022 mit den Satelliten des Apple-Partners Globalstar verbinden, sollten sie Star-

link nicht nötig haben. Davon ausgehend schlussfolgern sie: Wenn Apple mit T-Mobile und Starlink kooperiert, dann sei das ein Indiz für eine Abkehr von Globalstar. Diese Hypothese verbreitete sich schnell und prompt bröckelte zwischenzeitlich der Börsenkurs von Globalstar.

Modifizierte LTE-Basis

Doch näher besehen erscheint die Zusammenarbeit als Alltagsgeschäft: Jeder Betreiber möchte sicherstellen, dass Smartphones seiner Kunden hauseigene Dienste reibungslos erreichen, und so spielen auch Apple und T-Mobile USA zusammen, beispielsweise bei der Anpassung an Protokolldialekte. Starlink setzt keine 5G-Technik ein, sondern gründet auf einer serverseitig modifizierten LTE-Implementierung. Und mindestens solange die

Globalstar-Satelliten nicht die gesamte Erde abdecken (siehe Karte unter ct.de/y9w6), dürfte auch Apple ein Interesse an einer Starlink-Anbindung haben.

Starlink-Satelliten vermitteln Smartphones Verbindungen zu irdischen LTE-Netzen über zwei unterschiedlich breite Kanäle: entweder 1,4 MHz oder 5 MHz. Über den 1,4-MHz-Kanal erreicht der Downlink im besten Fall bis zu 4,4 Mbit/s und der Uplink bis zu 3 Mbit/s. Bei 5 MHz sind es bis zu 18,3 Mbit/s und 7,2 Mbit/s (Down- und Uplink). Im Alltag genügt das für Telefonie und Text-Messaging.

Das haben Starlink und der Partner T-Mobile USA bereits im Oktober 2024 gezeigt. Nachdem der Wirbelsturm Helene in North Carolina erhebliche Schäden hinterlassen hatte, erteilte die US-Behörde Federal Communications Commission (FCC) den beiden Unternehmen eine Sondergenehmigung bis zur Reparatur der irdischen Mobilfunkinfrastruktur.

Fünf blaue 5G-Vögel

Vermutlich hat Apple seine To-do-Liste längst ergänzt: Denn ebenfalls Ende Januar hat die FCC dem Sat-Anbieter AST SpaceMobile gestattet, Smartphones über seine ersten fünf kommerziellen BlueBird-Satelliten an terrestrische Netze von AT&T und Verizon anzuknüpfen; 243 Satelliten sind als Endausbau geplant. Man kann daher erwarten, dass Apple die iPhones auch für die Infrastrukturen dieser drei Mitspieler fit machen wird.



Bild: isstracker.pl

Der Webservice isstracker.pl hat ursprünglich nur die Umlaufbahn der internationalen Raumstation ISS auf einer Weltkarte dargestellt. Inzwischen lassen sich auch andere Satellitenbahnen in Echtzeit darstellen, im Bild die der BlueBirds von AST.

Zu den Investoren von AST gehören unter anderem Vodafone und Google. In den BlueBirds stecken modifizierte 5G-Basisstationen. Sie funkeln über riesige Antennen von 223 Quadratmeter Fläche und liefern Datenraten auf mittlerem Niveau irdischer 5G-Netze.

Das geht aus einem Test von AST und Vodafone Ende Januar hervor, der mit einer Sondergenehmigung der britischen Regulierung Ofcom lief. Dabei vermittelte ein BlueBird ein Videotelefonat vom englischen Newbury zu einem vom Mobilfunk normalerweise abgeschnittenen Ort in Wales. AST und Vodafone peilen den öffentlichen Betrieb für die Jahreswende 2025/2026 an. Dafür sind aber weit mehr BlueBirds erforderlich, als zurzeit schon im Orbit kreisen.

Bisher liefern sie im Zusammenspiel mit Vodafone Spitzendatenraten von rund 120 Mbit/s und es sollen sowohl 5G- als auch LTE-Smartphones ankoppeln können. Noch sickerte nicht durch, welche Frequenzbänder Vodafone dafür spendiert und wie breit diese sind. Andere Netzbetreiber können AST schmalere oder breitere Frequenzbänder zur Verfügung stellen und so andere Geschwindigkeiten liefern.

Offensichtlich ist aber, dass AST Starlink um Längen hinter sich lassen kann. Da rächt es sich, dass Starlink beziehungsweise die Muttergesellschaft SpaceX ihr technisches Konzept vor Jahren an die LTE-Spezifikationen angelehnt hat. Womöglich deshalb wollte sich SpaceX von der FCC höhere Sendepiegel genehmigen lassen, denn damit würden die Datenraten zunehmen. Allerdings hätte das Mitbewerber beeinträchtigt.

Konkret hatte SpaceX eine neunfache Erhöhung der derzeitigen Grenzwerte für die Leistungsflussdichte von Außerbandemissionen beantragt. AT&T, Verizon, Echostar und Omnispace wären davon unmittelbar betroffen gewesen und andere Netzbetreiber hätten Starlink nachgeleitet.

Doch unter anderem AT&T rechnete vor, dass eine Starlink-Ausnahme den Downlink-Durchsatz in seinem Netz um 18 Prozent drosseln würde. Konsequenterweise lehnte die FCC den Vorstoß von SpaceX im November 2024 ab.

Allerdings fragt man sich, wie die Geschichte weitergeht, nachdem der SpaceX-Chef Musk vom US-Präsidenten Trump zum Chef des Pseudoministeriums „Department of Government Efficiency“

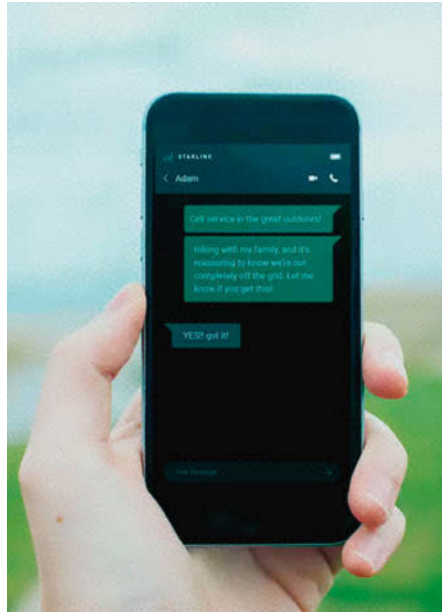


Bild: SpaceX

Herkömmliche Smartphones konnten in den USA bereits im Oktober über Starlink-Satelliten kommunizieren. Der Satellitenbetreiber SpaceX setzt dafür auf der Erde modifizierte LTE-Basisstationen ein.

ernannt worden ist. Das DOGE hat keine parlamentarische Autorisierung, lässt aber mittelbar über Trump auch schon mal Staatsbedienstete fristlos kündigen, wenn die sich widersetzen.

Himmliche Glasfaser

Ebenfalls Ende Januar brachte die US-Firma Almagest Space ihren ersten Testsatelliten Elevation-1 in seinen Low-Earth-Orbit. Dabei hat sich Almagest Space erst vor drei Jahren gegründet und besitzt keine eigenen Produktionsstätten. Stattdessen kombiniert die Firma Dienste von internationalen Zulieferern. Elevation-1 sei so „in nur 9 Monaten“ fertiggestellt worden.

Der Clou: Almagest zapft als erster Betreiber das riesige E-Band an (71 bis 76 GHz und 81 bis 86 GHz). Die insgesamt 10 Gigahertz will die Firma ab 2026 mit zunächst zwei Twinstar-Satelliten bewirtschaften und nicht etwa Smartphones versorgen, sondern weltweiten Glasfaseranbietern mit Millimeterwellenfunk Konkurrenz machen. Bis 2030 sollen es rund 100 Satelliten in einer Multi-Orbit-Konstellation werden.

Almagest rechnet sich aus, dass seine untereinander vernetzten Satelliten bestimmte Punkte auf der Erde direkt und daher mit kürzeren Latenzen verknüpfen kann, als es irdische Betreiber per Glas-

faser hinbekommen. In Glasfasern läuft vor allem Interkontinentalverkehr über mehrere Dutzend Zwischenstationen und jede davon fügt ein paar Millisekunden zur Latenz hinzu. Almagest will hingegen Punkt-zu-Punkt-Verbindungen anbieten, und zwar für Kunden mit tiefen Taschen: Staaten und Konzerne.

Nach vielen Jahren Verspätung kommt auch Amazons LEO-Projekt Kuiper in Gang. Amazon ging das aber nach dem Motto „klotzen statt kleckern“ an und baute erstmal seine eigene Rakete. Erst im Januar gelang der Jungfernflug des New Glenn genannten Raumtransporters.

Damit rücken die Starttermine für die ersten LEO-Satelliten des Project Kuiper in Sicht. Mit Kuiper-Satelliten will Amazon unterversorgte Gebiete aus dem All ans Internet ankoppeln. Bisher drang nicht nach außen, ob Kuiper für die Smartphoneversorgung ähnlich Starlink auf LTE aufsetzen oder gleich mit 5G starten wird.

Von China nach Brasilien

Ende Januar brachte auch die chinesische Firma Shanghai Spacecom Satellite Technology 18 Satelliten ihres SpaceSail-Projekts in den Orbit, auch bekannt als Quinfan, G60 oder Thousands Sails. SSST hat damit seit August 2024 insgesamt 72 SpaceSail-Flugkörper in erdnahen Umlaufbahnen ausgesetzt. In 2025 sollen es 648 Satelliten werden, im Vollausbau 15.000.

Das Projekt hat bereits Interessenten angezogen, und das bemerkenswertere ist trotz des noch frühen Stadiums und mancher Pannen: Beispielsweise haben 18 Satelliten der zweiten Mission ihre Zielumlaufbahn nicht erreicht.

Ende 2024 und Anfang 2025 haben Brasilien und der malaiische Sat-Betreiber Measat Abkommen mit China beziehungsweise SSST unterzeichnet. Brasilien möchte seine Smartphones in Funklöchern über SpaceSail an Mobilnetze ankoppeln. Measat, ein Betreiber geostationärer Satelliten, will mit SSST gemeinsam vermarkten, forschen und entwickeln.

Im Februar kam die vielleicht interessanteste Meldung zu LEO-Satelliten von Globalstar: Die Firma hat MDA Space mit dem Bau von 50 neuen Satelliten für eine „Konstellation der nächsten Generation“ beauftragt. Womöglich ist damit eine Megakonstellation gemeint, die Globalstar 2020 in Deutschland angemeldet hat (siehe ct.de/y9w6). (dz@ct.de) **ct**

Satelliten- und FCC-Infos: ct.de/y9w6

Mit Netz und doppeltem Boden

Neue Allianz zwischen Amazon Prime Video und Hollywood

Kunden von Videostreamingdiensten erwarten für ihr Geld einen permanenten Zufluss an attraktiven Inhalten. Um den zu gewährleisten, kommen Netflix, Prime Video & Co. nicht mehr um langfristige Allianzen herum, die jedoch weiter die Preisspirale antreiben könnten.

Von Nico Jurrán

Wer ist der große Gewinner im Videostreaming-Wettstreit? Für viele dürfte die Antwort auf diese Frage eindeutig „Netflix“ lauten. Immerhin knackte der Dienst jüngst die Marke von 300 Millionen Kunden weltweit – und hatte genug Chuzpe, diese Erfolgsmeldung mit erneuten Preiserhöhungen zu verknüpfen (siehe c't 4/2025, S. 37). Vor dem Hintergrund, dass alle Dienste permanent neuen Content benötigen, könnten am Ende unabhä-

ngeliefert werden, sondern Netflix mit älteren Streifen sowie frischen Filmen wie „Bad Boys: Ride or Die“ versorgt. Nun hat Prime Video einen mehrjährigen Vertrag mit dem Hollywood-Studio Lionsgate abgeschlossen. Dadurch erhält der Amazon-Dienst exklusiven Zugriff auf die Filme des Studios ab dem Produktionsjahr 2026, ein Paket ausgewählter Streifen aus diesem Jahr und eine Option für die Lizenzierung weiterer Katalogtitel.

Als solcher Vorreiter gilt Sony Pictures, das keinen eigenen Abo-Streamingdienst betreibt, sondern Netflix mit älteren Streifen sowie frischen Filmen wie „Bad Boys: Ride or Die“ versorgt. Nun hat Prime Video einen mehrjährigen Vertrag mit dem Hollywood-Studio Lionsgate abgeschlossen. Dadurch erhält der Amazon-Dienst exklusiven Zugriff auf die Filme des Studios ab dem Produktionsjahr 2026, ein Paket ausgewählter Streifen aus diesem Jahr und eine Option für die Lizenzierung weiterer Katalogtitel.

Allerdings steht Prime Video bei der Verwertung der Neuheiten hinter dem US-Sender Starz, was den Deal weniger attraktiv erscheinen lässt. Wie Netflix kommt Amazon aber kaum um solche Verträge herum, da in der Vergangenheit immer wieder Lücken durch ungewollte Stopps der Eigenproduktionen auftraten – durch Corona, Hollywood-Streiks und zuletzt die Brände in Los Angeles. Letztere unterbrachen etwa die Dreharbeiten zur zweiten Staffel der Prime-Video-Hitserie „Fallout“.

Über Laufzeit und Kosten des Vertrags schweigen die Parteien, billig dürfte es für Amazon aber nicht gewesen sein. Das könnte wiederum negative Auswirkungen auf die Abopreise haben. Als problematisch betrachten manche generell die lange Bindung an ein Studio mit der Hoffnung auf kommende Hits – nicht zuletzt, weil Lionsgates „Borderland“-Verfilmung floppte.

Der neue Vertrag bezieht sich nur auf die USA, einen ähnlichen hatten die Parteien zuvor schon für Großbritannien geschlossen. Nach dem Rückzug des eigenen Abodienstes „Lionsgate+“ aus dem nicht-englischsprachigen Europa darf man gespannt sein, ob Lionsgate künftig auch den deutschen Prime-Video-Ableger exklusiv beliefert. Lionsgates TV-Abteilung produziert bereits diverse Serien für verschiedene Dienste zur weltweiten Auswertung, darunter „Selling the OC“ für Netflix, „Yellowjackets“ für Paramount+ und „Mythic Quest“ für Apple TV+.

Falscher Alarm

Kritiker bemängeln, dass die Hollywood-Filme immer häufiger als Füllmaterial zwischen den Streamingdiensten hin- und hergeschoben werden, weshalb sich viele Titel immer nur eine sehr begrenzte Zeit bei einem Dienst abrufen lassen. Als einzig wahres Archiv für Lieblingsstreifen bleiben somit physische Medien. Daher schlugen in den vergangenen Wochen auch Berichte hohe Wellen, wonach Sony die Produktion von Blu-ray Discs komplett einstellt. Auslöser war eine in Japan veröffentlichte Pressemitteilung, bei der sich allerdings im Nachhinein herausstellte, dass sie sich nur auf beschreibbare Blu-rays bezog.

Das ändert aber nichts daran, dass die Industrie den physischen Medien immer mehr den Rücken zukehrt. Jüngst wurde bekannt, dass nach Samsung und Oppo nun auch LG die Produktion seiner Blu-ray- und UHD-Blu-ray-Player eingestellt hat. Sieht man einmal von den oftmals recht lauten und teuren Spielkonsolen mit optischen Laufwerken ab, bleiben praktisch nur noch Panasonic und Sony als Anbieter passender Abspieler übrig.

Hinzu kommt, dass die Studios mittlerweile nur noch Topfilme auf UHD-Blu-ray, Blu-ray und DVD herausbringen, sich die 4K-Scheibe aber selbst bei Streifen, die im Kino recht gut gelaufen sind, sparen. Weniger erfolgreiche Kandidaten veröffentlichen sie sogar überhaupt nicht mehr auf Disc, sondern vermarkten sie nur noch als Stream. (nij@ct.de) **ct**



Durch den Vertrag mit Lionsgate erhält Prime Video unter anderem Zugriff auf den dritten Teil von „Now You See Me“.

Quantentechnologie und KI geben Batterien ein zweites Leben

Upcycling von gebrauchten Batterien aus Elektrofahrzeugen fördert die Nachhaltigkeit der Elektromobilität, konnte sich aus technischen und wirtschaftlichen Gründen bisher aber nicht durchsetzen. Quantensensoren und künstliche Intelligenz sollen das nun ändern.

Können gebrauchte Batterien aus Elektrofahrzeugen in anderen Szenarien wiederverwendet werden? Welche technischen und wirtschaftlichen Herausforderungen gilt es zu meistern? Diese Fragen untersucht ein interdisziplinäres Forschungsteam im Projekt „QuaLiProM“. Ziel ist es, die Restleistung und Lebensdauer gebrauchter Lithium-Ionen-Batterien zerstörungsfrei, schnell und zuverlässig zu bestimmen und so eine wirtschaftlich rentable Zweitnutzung zu ermöglichen.

Um den Gesundheitszustand der Batterien zu bestimmen, nutzen die Forscher eine Kombination aus Quantenmagnetometrie und KI-gestützter Datenanalyse. Wissenschaftler der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg entwickeln

die Quantensensoren, während das Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM) die KI-Methoden zur Datenanalyse bereitstellt.

Die neue Technik nutzt Magnetfeldmessungen, um Defekte, Verunreinigungen und den Ladungszustand der Zellen zu identifizieren. Quantensensoren aus Defekten in Diamanten ermöglichen, die magnetische Signatur der Zelle präzise zu messen, ohne sie zu öffnen oder zu beschädigen. Deep-Learning-Algorithmen identifizieren anschließend charakteristische Merkmale in den Messdaten, sogenannte „Healthy

Features“, die direkt mit dem Alterungsstatus der Batterien zusammenhängen. So sollen insbesondere degradierte, aber noch funktionstüchtige Zellen identifiziert werden, die nicht mehr für den Betrieb in Elektrofahrzeugen geeignet sind, aber in weniger anspruchsvollen Anwendungen weiterverwendet werden können. Um den Ansatz zügig vom Labor in die Industrie zu bringen, kooperieren die Wissenschaftler mit Industriepartnern. (spa@ct.de)

Informationen zu den Projekten:
ct.de/y9jk

Der Quantensensor besteht aus Fehlstellen in einem Diamantgitter – sogenannten NV-Zentren. Aus den Messwerten lernen die Forscher etwas über den Gesundheitszustand der Batterie.



Bild: Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg/Prof. Roland Nagy

Das perfekte gekochte Ei

Ein Forschungsteam der Universität Neapel um Pellegrino Musto und Ernesto Di Maio hat eine neue Methode zur optimalen Zubereitung von Eiern entwickelt: **das „periodische Kochen“**. Dabei wird das Ei alle zwei Minuten zwischen heißem (100 °C) und kaltem Wasser (30 °C) gewechselt, um Eigelb und Eiweiß gleichmäßig über insgesamt 32 Minuten zu garen. So behält das Eigelb eine cremige Konsistenz ähnlich wie bei langsam gegarten (sous-vide) Eiern, während das

Eiweiß eine Textur zwischen sous-vide und weichgekocht aufwies.

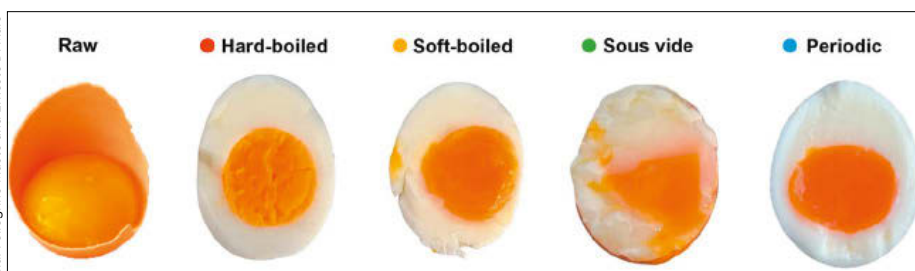
Die Forscher fanden ihre Methode, indem sie den Prozess in einer Software für numerische Strömungsmechanik simulierten. Chemische Analysen ergaben einen höheren Gehalt an Polyphenolen im Dotter, was die Eier gesünder machen könnte. Die Forscher vermuten, dass ihre Methode auch in der Materialverarbeitung nützlich sein könnte, etwa beim Aushärten und Kristallisieren von Materialien. (spa@ct.de)

Designer-Gegengift

Ein internationales Forschungsteam um Susana Vázquez Torres der Universität Washington hat mithilfe von KI Proteine entwickelt, die die **tödlichen Effekte von Schlangengiften neutralisieren**. Das Team nutzte den KI-Algorithmus „RFdiffusion“ des Nobelpreisträgers David Baker, um sogenannte Mini-Binder zu entwerfen. Diese stabilen und kostengünstigen Proteine binden stark an die toxischen Komponenten des Giftes und neutralisieren ihren Effekt.

Mäuse überlebten in ersten Tests auch tödliche Giftdosen, wenn ihnen Mini-Binder innerhalb von 15 Minuten verabreicht wurden. Bisher wirken die Proteine nur gegen einige Bestandteile der Gifte von Kobras und anderer Giftnattern. Künftige Gegengifte könnten aus einem Cocktail verschiedener Mini-Binder bestehen, dessen Zusammensetzung auf die Giftschlangen der Umgebung angepasst ist.

(spa@ct.de)



Die Forscher verglichen ihr periodisch gekochtes Ei (rechts) mit rohen, hartgekochten, weichgekochten und langsam gegarten (sous-vide) Eiern.

Bild: Pellegrino Musto und Ernesto Di Maio

secIT by heise

HANNOVER 2025

18. - 20. MÄRZ 2025, HANNOVER

Die Kongress- messe für Security-Profis



Aussteller

Offizieller
Eventpartner



Kooperations-
partner



© Copyright by Heise Medien.





meet. learn. protect.



Jetzt anmelden!



secit-heise.de

Copyright by Heise Medien.

Urlaub im Hotel der Unendlichkeit

hilberts-holidays.eu

miplabor.de



David Hilbert (1862-1943) gehört zu den bedeutendsten Mathematikern der Neuzeit. Unter anderem gab er den Anstoß für eine kritische Analyse der Begriffsdefinitionen und Beweise in

der Mathematik, manifestiert in 23 Fragen. In seinem berühmten Gedankenexperiment „Hilberts Hotel“ erdachte der Göttinger Professor ein Hotel mit unendlich vielen Zimmern und unendlich vielen Gästen. Damit demonstrierte Hilbert, welche Konsequenzen es nach sich zieht, dass man in der Mathematik den Unendlichkeitsbegriff eingeführt hat.

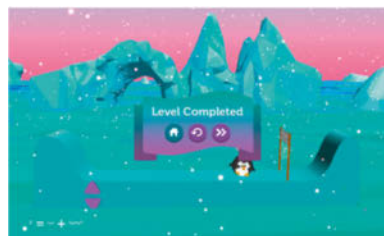
Davon inspiriert ist das im Browser kostenlos spielbare Point-&-Click-Adventure **Hilbert's Holidays**. Der Spieler wandert darin im Hotel von Zimmertür zu Zimmertür und lernt Mathematiker wie Evariste Galois oder Kurt Gödel und deren Problemstellungen kennen. Das Spielprinzip erschließt sich schnell, fatale Fehler kann man außerdem nicht machen. Im Vordergrund steht vielmehr das spielerische Lernen, zum Beispiel, warum unendlich viele Leute bei Hilbert ein Zimmer bekommen können, obwohl alle belegt sind. Vorausgesetzt, Hilberts Computer streikt nicht und will erst mit der 23 gefüttert werden.

Hinter dem datenschutzfreundlichen Spiel mit seinen liebevollen Illustrationen und Animationen steckt die Künstlerin und Informatikerin Marlene Knoche. Unterstützt wurde sie vom **MIP.Labor**, einer von der Klaus-Tschira-Stiftung geförderten Ideenwerkstatt für Wissenschaftsjournalismus in Mathematik, Informatik und Physik an der FU Berlin. (mon@ct.de)

Angespielte Physik

scienceathome.org

Auch andere Naturwissenschaften wie Physik lassen sich spielerisch vermitteln. Dieser Aufgabe widmet sich das Team von **Science at Home** um Professor Jacob Sherson an der Universität Aarhus, Dänemark. Auf ihrer englischsprachigen Website bietet ein großes internationales Team aus Natur- und Datenwissenschaftlern, Spieleentwicklern und -designern sowie Grafikern verschiedene Spiele für den Browser an, die physikalische Zusammenhänge verdeutlichen.



In **Potential Penguin** lernt man zum Bei-

spiel anhand von neun verschiedenen Aufgaben die Wechselwirkung von potenzieller (Lage-)Energie ($m \cdot g \cdot h$) und kinetischer Energie ($1/2 m \cdot v^2$) sowie den Energieerhaltungssatz kennen. Dazu lässt man einen kugelrunden Pinguin über eine Eisbahn schlittern. Der muss am richtigen Ort die richtige Geschwindigkeit erreichen. Das Tempo des Vogels beeinflusst man, indem man die Bahn an einem vorgegebenen Punkt auf das erforderliche Niveau anhebt oder absenkt oder den Pinguin antreibt. Kleine Vektorpfeile und variable Schriftgrößen von $m \cdot g \cdot h$ und $1/2 m \cdot v^2$ helfen dabei, die Energiezustände richtig auszutarieren. Rutscht das Federtier über die Kante, wird es Orcafutter.

Mit anderen Spielen wie „Quantum Moves 2“ wollen Shereson & Co. sogar mehr tun, als Wissen zu vermitteln. Dort werten sie zusätzlich die Spielverläufe aus, um Daten zu gewinnen. Die fließen beispielsweise in die Entwicklung von Quantencomputern oder liefern Antworten darauf, weshalb und wie menschliches Lernen Quantenalgorithmen überlegen ist. (mon@ct.de)

Küchenfreundlich zubereitete Rezepte

cooked.wiki

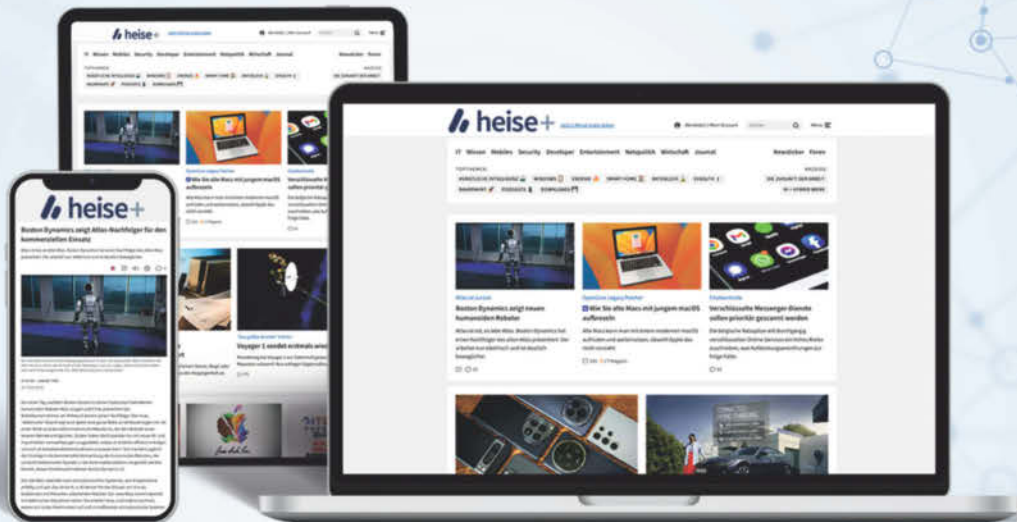
Viele Rezeptwebsites oder -Blogs sind durch Werbung und Aufbau so unübersichtlich, dass sich Rezepte kaum küchenfreundlich auf einem Tablet- oder gar Smartphonebildschirm darstellen lassen. Abhilfe und noch viel mehr verspricht das englischsprachige **Cooked**.

Das von dem portugiesischen Entwickler Eduardo Gonçalves erstellte Webtool für den Browser fasst ohne vorherige Registrierung Rezepte von anderen Webseiten und Webvideos werbefrei und kompakt zusammen, sobald man deren URL in das Suchfeld eingibt oder ihr in der Adresszeile des Browsers ein „cooked.wiki/“ voranstellt. Deutsche Rezepte wirft Cooked auf Deutsch aus, nur hier und da mogelt sich ein englischer Begriff aus den Templates der Website dazwischen.

Außerdem kann man Rezepte anderer Nutzer in der Community einsehen oder nach Rezepten mit bestimmten Zutaten wie Käse suchen. Auch Kategorien wie Nudeln sind möglich.

Wer sich kostenlos registriert, darf zudem Videos in schriftliche Rezepte konvertieren, Rezepte plattformunabhängig speichern und in die Community laden oder Einkaufslisten erstellen. Mit einer Fördermitgliedschaft für 90 US-Dollar im Jahr oder monatlich 10 US-Dollar lassen sich Rezepte auch aus Text- und Fotodateien oder Spracheingabe importieren und auf Wunsch in mehrere separate Anleitungen zum Beispiel für Teig und Füllung zerlegen. (mon@ct.de)

Diese Seite mit klickbaren Links: ct.de/ykdu



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

✉ leserservice@heise.de ☎ 0541 80009 120

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



Unbezahlbar

Ladesäulenbetreiber Aral bekommt Buchungsprobleme nicht in den Griff

Dass Unternehmen ihren Kunden zustehende Zahlungen nicht leisten, kommt immer wieder vor. Dass sie nicht in der Lage sind, Zahlungen ihrer Kunden zu empfangen, ist eher selten. Der zum BP-Konzern gehörende Betreiber von Ladeinfrastruktur Aral schafft das aber recht nachhaltig.

Von Tim Gerber

Michael J. nutzt verschiedene Bezahlkarten, um sein E-Auto an öffentlichen Ladesäulen aufzutanken. Eine davon ist Aral pulse. Mit der zugehörigen Smartphone-App startete er am 16. Oktober

einen Ladevorgang, den er erfolgreich abschloss. Allerdings wurde der anschließende Bezahlvorgang über zirka 32 Euro erfolglos abgebrochen. Denn die hinterlegte Kreditkarte war zuvor aufgrund eines Missbrauchsfallendes vom Kreditinstitut gesperrt worden, die Anfrage wurde folglich abgelehnt.

Das ließ Michael J. erst einmal auf sich beruhen, zumal andere Anbieter ihm infolge der Sperrung einfach Rechnungen nach Hause geschickt hatten, die er dann selbstverständlich umgehend bezahlte. Von Aral, respektive dem BP-Konzern, dem diese Marke inzwischen gehört, kam jedoch nichts.

Nachdem seine Bank Michael J. eine neue Kreditkarte ausgestellt hatte, hinterlegte er deren Daten in der Aral-App. Anschließend versuchte er, damit den ausstehenden Bezahlvorgang abzuschließen. In der Ladehistorie der App war der offene

Betrag zu sehen und der Kunde konnte dort auch den Bezahlvorgang auslösen. Doch nachdem er die Zahlung in seiner Kreditkarten-App bestätigt hatte, meldete die Aral-pulse-App nur: „Deine Zahlung ist fehlgeschlagen.“ Ungefähr 35 bis 40 Mal habe er das versucht, schildert Michael J.

Solange der Bezahlvorgang nicht abgeschlossen war, konnte er die App nicht mehr nutzen und folglich sein Auto nicht an Ladesäulen des Betreibers aufladen. Ende Oktober wandte er sich deshalb über die Webseite an den Support von Aral pulse und schilderte diesem sein Problem mit der offenen Bezahlung. Am 29. November entschuldigte sich der Aral pulse Customer Support per E-Mail ausdrücklich für die Unannehmlichkeiten und bat ihn um Geduld: „Unser Entwicklungsteam arbeitet derzeit mit Hochdruck daran, das technische Problem zu beheben.“

Aber auch nach weiteren Wochen tat sich nichts. Deshalb schrieb Michael J. dem Aral-Support am 10. Dezember eine Mail: Er habe sich nun weiter in Geduld geübt, doch die Zahlung funktioniere nach wie vor nicht. Arals Wettbewerber würden einfach eine Rechnung schicken, die dann beglichen werden kann, auch über ein normales Girokonto. Nach fast acht Wochen sollten die Probleme doch gelöst sein. Es sei jedenfalls nicht nachvollziehbar, worin das Problem bestehe. Schließlich könne er deswegen nun schon seit acht Wochen nicht mehr die Ladestationen des Unternehmens nutzen, worüber sich dessen Wettbewerber freuen dürften, hielt Michael J. dem Unternehmen vor. Aber auch für ihn selbst war das ein Ärgernis, da die Ladesäuleninfrastruktur von Aral gut ausgebaut ist und er ohne sie mitunter weitere Wege zu einer anderen Ladestation in Kauf nehmen muss.

Darauf und auch auf weitere Nachfragen des Kunden erfolgte keine Reaktion, die ausstehenden 32 Euro ließen sich partout nicht bezahlen. Am 13. Januar wandte sich Michael J. mit diesem Kuriosum an c't.

Erfolgreiche Bemühungen

Wir fragten am 20. Januar bei der Pressestelle des BP-Konzerns an, warum die Bezahlung des offenen Postens mit der neuen Kreditkarte des Kunden nicht möglich ist und bis wann die technischen Schwierigkeiten damit behoben sein sollen. Außerdem wollten wir wissen, warum Kunden

keine alternative Möglichkeit erhalten, solche Rechnungen zu begleichen, etwa den Betrag auf ein Girokonto einzuzahlen.

Am 27. Januar bestätigte ein Sprecher von BP, dass es derzeit technische Probleme mit Zahlungen bestimmter Kreditkarten in der Aral-pulse-App gebe. Dies betreffe aber nur einige Kreditkarten einzelner Institute. Man arbeite mit Hochdruck an der Lösung des Problems und bitte alle Kundinnen und Kunden um Verständnis und Geduld. Aus organisatorischen Gründen sei leider nur die Bezahlung per App möglich.

Der Aral-pulse-Kundendienst habe erneut Kontakt zu dem Kunden aufgenommen und versuche, kurzfristig eine Lösung für das Problem zu finden. Tatsächlich hatte Michael J. bereits am 20. Januar eine E-Mail erhalten, in welcher der Support ihn freundlich um einige Angaben wie Handymarke und Modell, den verwendeten Browser und Version des Betriebssystems, zum Internetanbieter sowie der hinterlegten Kreditkarte und dem ausgebenden Geldinstitut bat.

Das verwunderte den Kunden, denn an all dem hatte sich nichts geändert. Nur die Kreditkartennummer war neu, Marke und Aussteller waren die gleichen wie bei der alten Karte, mit der er problemlos hatte bezahlen können. Dessen ungeachtet stellte der Kunde die gewünschten Daten mit E-Mail vom 25. Januar zur Verfügung. Zwei Tage später erhielt er die Zusage, dass das Problem nun in der EDV

**VORSICHT
KUNDE!**



Wegen seiner erneuerten Kreditkarte kann der Kunde die ausstehende Rechnung in der Aral-App nicht bezahlen und das Ladesäulennetz des Anbieters nicht nutzen. Das technische Problem dahinter bekommt der Konzern seit Monaten nicht in den Griff.

priorisiert bearbeitet werden sollte und er bis spätestens Ende der Woche eine weitere Rückmeldung erhalten werde.

Doch die blieb aus. Auch wir hatten bereits am 27. Januar bei dem Sprecher nachgefragt, warum man die Sperre für Michael J. nicht individuell aufheben könne. Selbstverständlich könne die Sperre individuell aufgehoben werden, sobald eine Klärung erfolgt sei, entgegnete der Unternehmenssprecher umgehend.

Auf unsere Frage, warum man bei Aral nicht wie bei dessen Wettbewerbern einfach per Überweisung des Rechnungsbetrages auf ein Girokonto offen gebliebene Rechnungen begleichen könne, hieß es nur, dies sei aus „organisatorischen Gründen“ nicht möglich. Mit anderen Worten scheut man bei Aral einfach den zusätzlichen Aufwand, zulasten seiner Kunden. (tig@ct.de) **ct**

Service im Visier

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

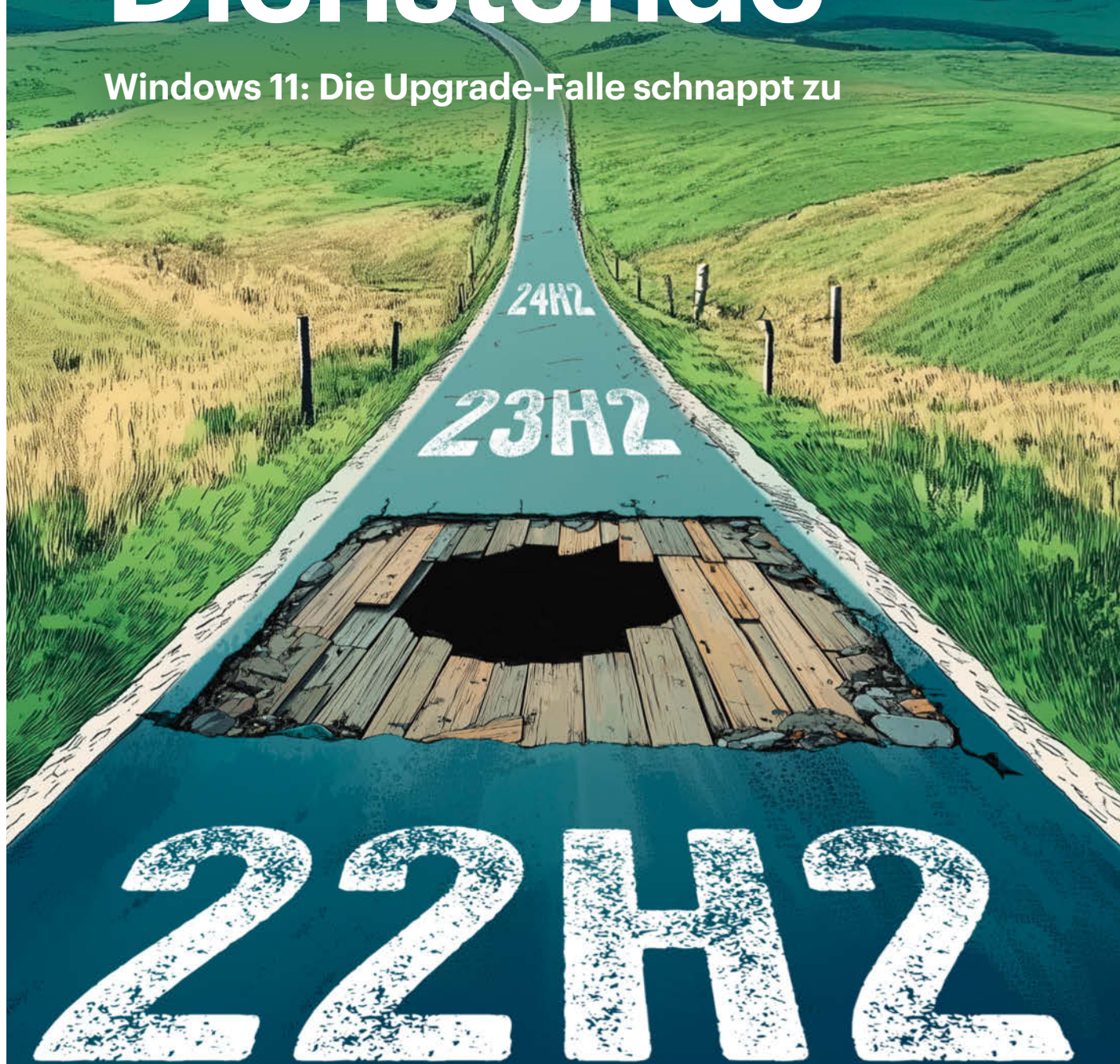
Manchmal erreichen uns aber auch Schilderungen von geradezu haarsträubenden Fällen, die deutlich machen, wie einige Firmen mit ihren Kunden umspringen. In unserer Rubrik „Vorsicht,

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

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

Vorzeitiges Dienstende

Windows 11: Die Upgrade-Falle schnappt zu



Die Windows-Upgrade-Falle Seite 54
Wie Sie der Blockade entkommen Seite 60

Während die Updates für Windows 10 zu dessen Support-Ende im Oktober offiziell versiegen, erhält manches Windows 11 schon jetzt keine Sicherheitsupdates mehr. Wir erklären die Hintergründe, helfen zu prüfen und die Update-Blockaden zu lösen.

Von Axel Vahldiek

Dass es ab Oktober dieses Jahres keine kostenlosen Sicherheitsupdates mehr für Windows 10 geben soll, dürfte mittlerweile bekannt sein. Was weit weniger bekannt ist: Nach dem Umstieg auf Windows 11 droht vielen Installationen ebenfalls ein Update-Stopp. In vielen Fällen ist die Drohung sogar schon wahr geworden. Nicht nur im Netz häufen sich die Beschwerden, dass Windows-11-Installationen keine Updates mehr bekommen, sondern auch in vielen Leserzuschriften an die c't-Redaktion. Besonders bitter ist das für jene, die Microsofts Empfehlung gefolgt und auf Windows 11 umgestiegen sind, um dem Update-Stopp für 10 zu entkommen – nur um nun feststellen zu müssen, dass es sie sogar noch früher trifft.

Es gibt gleich mehrere Gründe für den Update-Stopp für Windows 11, und alle hat Microsoft zu verantworten. Dazu zählt, dass für Windows 11 im Vergleich zum Vorgänger absurd viel höhere Systemvoraussetzungen festgeschrieben wurden. Doch wenn Sie nun denken, dass das Problem dann wohl nur jene treffen wird, die diese Anforderungen mithilfe gängiger Tricks [1] umgangen haben: Nein, es trifft es auch viele andere.

Die Zahl der Betroffenen wird zudem weiter steigen, und wenn es Sie bislang noch nicht traf, kann das in Zukunft anders aussehen. Der Update-Stopp ist nämlich keineswegs ein Bug, sondern Absicht. Microsoft will es so.

Dieser Artikel dröselte die Ursachen auf und erläuterte, wen es bereits jetzt trifft und wen es künftig treffen könnte. Der nachfolgende Beitrag liefert Tipps, wie Sie aus der Falle wieder herauskommen. Dazu gehört auch die Vorstellung eines neuen

Tricks, den wir aus einem bereits bekannten mit viel Forschung und noch mehr Tests weiterentwickelt haben.

Faktor 1: Support-Dauer

Microsoft verspricht für jedes Windows das kostenlose Liefern von Sicherheitsupdates. Das ist Teil des Supports für jede Windows-Version. Die Updates sind unverzichtbar, denn ohne sie bleiben bekannte Sicherheitslücken offen. Alternativen gibt es nicht, weil es gerade die Eigenheit solcher Lücken ist, Angreifern an allen anderen Sicherheitsmaßnahmen vorbei einen Einbruch ins System zu gestatten. Weitere Maßnahmen sind dennoch unerlässlich (Checklisten in [1]). Sicherheit ist ein Gesamtkonzept aus verschiedenen Bausteinen, und die Versorgung mit Sicherheitsupdates ist ein fundamentaler.

Wie lange es Updates gibt, legt Microsoft für jedes Betriebssystem bei dessen Veröffentlichung fest; die Fristen sind in der „Lifecycle-Richtlinie“ veröffentlicht (siehe [ct.de/yp2z](#)). Bei Windows Vista, 7 und 8 betrug der Zeitraum noch jeweils 10 Jahre, seit Windows 10 ist er deutlich kürzer. Das hat damit zu tun, dass Microsoft seit Windows 10 das Konzept von „Windows as a Service“ (WaaS) verfolgt: Statt neue Funktionen wie früher viele Jahre lang aufzusparen, bis eine neue Windows-Version fertig ist, verteilt Microsoft sie nun schneller, aber dafür in kleineren Häppchen. Für Windows 11 bedeutet das, dass jährlich Pakete erscheinen, die neue Funktionen nachrüsten.

Das Installieren solcher Pakete ergänzt aber nicht nur neue Funktionen, sondern verpasst Windows 11 auch eine neue Versionsnummer. Solche Nummern vergibt Microsoft nach folgendem Schema: erst eine zweistellige Jahreszahl und dahinter eine Abkürzung für das Halbjahr, in dem das Paket erschienen ist. Die ur-

sprünglich erschienene Version von Windows 11 trug daher die Versionsnummer „21H2“, weil sie 2021 erschien, und zwar im zweiten Halbjahr. Die in den Jahren danach erschienenen Pakete machten daraus der Reihe nach die Versionen 22H2, 23H2 und aktuell 24H2. Für Ende dieses Jahres wird 25H2 erwartet, der Logik nach dürfte im nächsten Jahr 26H2 folgen.

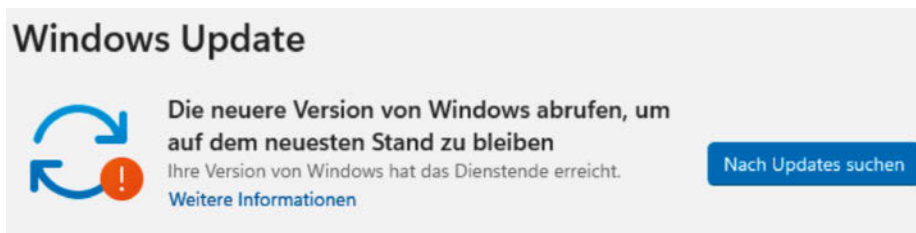
Das jährliche Ändern der Versionsnummer mag im ersten Moment belanglos klingen, hat aber eine wichtige Folge: Jede Version bekommt von Microsoft einen separaten Support-Zeitraum zugewiesen. Und dieser Zeitraum ist ziemlich kurz, zudem unterscheidet er sich je nach Edition: Bei Home und Pro (inklusive Pro für Workstation und Pro Education) sind es jeweils zwei, bei Education und Enterprise jeweils drei Jahre. Folge: Für das, was ursprünglich als „Windows 11 Version 21H2“ erschien, hat Microsoft den Support längst eingestellt. Die Home- und Pro-Editionen von Version 22H2 bekommen auch bereits keine Updates mehr.

Einen Überblick über die derzeit geltenden Termine finden Sie in der Tabelle „Support-Dauer“. Welche Version in welcher Edition auf Ihrem Computer läuft, finden Sie in den Einstellungen unter System/Info im Abschnitt „Windows-Spezifikationen“ heraus.

Damit Ihre Installation auch nach dem Ende des Support-Zeitraums einer Version weiter Updates erhält, müssen Sie sie auf eine neuere Windows-Version aktualisieren, für die der Support noch läuft. Aktuell versorgt Microsoft noch die Versionen 23H2 und 24H2. Ihre Lizenz bleibt

ct kompakt

- Die meisten Installationen von Windows 11 erhalten nur zwei bis drei Jahre lang kostenlose Sicherheitsupdates. Für die ersten Versionen ist dieser Zeitraum bereits um.
- Je nach Hardware verweigert Windows 11 zudem das Aktualisieren auf eine neuere Version. Dann gibt es keine Sicherheitsupdates mehr.
- Die Hardwareanforderungen für Windows 11 sind nicht in Stein gemeißelt. Als Folge kann ein PC, der derzeit als Windows-11-kompatibel gilt, künftig „inkompatibel“ sein.



Der Support für Windows 10 läuft bis zum Oktober, für Windows 11 ist hingegen teilweise jetzt schon „Dienstende“.

beim Aktualisieren unberührt. Was vorher als gültig anerkannt wurde, gilt auch danach als gültig.

Eigentlich sollte sich die Windows-Update-Funktion automatisch um das Aktualisieren auf eine neuere Version kümmern. Doch das klappt nicht immer, und das ist an sich auch nichts Neues. Verursacht werden solche Probleme üblicherweise von inkompatiblen Treibern oder Anwendungen, auch Kopierschutzmaßnahmen sorgen gern mal für Schwierigkeiten. Microsoft listet die Details im Netz auf Websites auf, die Namen tragen wie „bekannte Probleme und Benachrichtigungen“ („known issues and notifications“) und die es für jede Windows-Version gibt (siehe ct.de/yp2z). Neu bei Windows 11 ist nun, dass es nicht mehr nur zu den gängigen Problemen kommt, sondern dass die überhöhten Hardwareanforderungen noch weit mehr Ärger verursachen.

Weil es in einschlägigen Diskussionen immer mal wieder falsch kolportiert wird: Ob Sie Updates bekommen oder nicht, hat nach unserem Kenntnisstand nichts damit zu tun, ob Sie mit einem Microsoft-Konto angemeldet sind oder nicht. Sie haben weder ein Office- noch ein anderes Abo bei Microsoft? Auch egal. Mit der Falle sanktioniert Microsoft auch nicht irgendwelches als unerwünscht vermutetes Verhalten. Selbst die Lizenz spielt keine Rolle: Eine ohne Lizenz laufende Installation auf ausreichend neuer Hardware erhielt bei unseren Tests das Upgrade, eine korrekt lizenzierte und aktivierte auf älterer Hardware hingegen landete in der Falle.

Faktor 2: die Anforderungen

Was dagegen zum Zuschnappen der Upgrade-Falle beiträgt, sind die Anforderungen, die Microsoft an die Hardware eines Computers stellt, damit Windows 11 darauf läuft. Die hat Microsoft weit höher geschraubt, als es nötig gewesen wäre. Windows 11 läuft auch auf Rechnern

schnell genug, die nur die weit geringeren Anforderungen der Vorgängerversion Windows 10 erfüllen. Die Änderungen für Windows 11 sind reine Willkür, um den Verkauf neuer PCs zu fördern. Weil auf den meisten PCs auch heute noch Windows vorinstalliert ist, bedeutet jeder PC-Verkauf zugleich zusätzliche Lizenzeinnahmen für Microsoft.

Im Detail haben wir die Anforderungen in [3] vorgestellt. Auf Wesentliche verkürzt sind das 4 GByte RAM, der PC muss per UEFI booten, Secure Boot muss aktiv sein und es muss ein TPM 2.0 im PC stecken.

Außerdem muss der Prozessor „kompatibel“ sein. Was genau Microsoft damit meint, hat sich uns bis heute nicht im Detail erschlossen. Als kompatibel gelten CPUs, die Microsoft online aufführt, und zwar in Listen getrennt nach CPU-Herstellern. Diese Listen aktualisiert Microsoft zudem gelegentlich: Bislang sind welche für die Windows-11-Version 21H2 und welche für 22H2 und 23H2 erschienen. Die Unterschiede sind gering, es wurden zwischenzeitlich erschienene Prozessoren ergänzt (alle Listen siehe ct.de/yp2z). Allerdings scheint das Aktualisieren mitunter schiefzugehen: So enthält bei Redaktionsschluss die Intel-Liste für 21H2 die erst Anfang 2024 erschienene CPU „Core 3-100U mit IPU“, während dieselbe in der Nachfolgeliste für 22H2 und 23H2 fehlt. Verlassen Sie sich also nicht zu sehr auf die Angaben. Grob zusammengefasst geht es bei Intel ab der 8. Core-i-Generation los, bei AMD ab Ryzen 2000 (Zen+),

Support-Dauer für Windows-11-Versionen

Windows-11-Version	Home/Pro	Education/Enterprise
Version 21H2	Beendet	Beendet
Version 22H2	Beendet	14. Oktober 2025
Version 23H2	11. November 2025	10. November 2026
Version 24H2	13. Oktober 2026	12. Oktober 2027

wobei auch „Athlon“-Prozessoren mit Zen-1-Kernen aufgeführt sind.

Seit Version 24H2 stellt Windows 11 offiziell noch eine weitere Anforderung. Der Prozessor muss nun auch die Befehlssatzerweiterung SSE4.2 („Streaming SIMD Extensions“) unterstützen. Ist das nicht der Fall, bootet 24H2 gar nicht erst. Es ließe sich einwenden, dass das zusätzliche Aufstellen dieser Anforderung im Grunde albern sei, denn alle Prozessoren, die bislang bereits als „kompatibel“ galten, unterstützen ohnehin SSE4.2. Doch das wirft wiederum die Frage auf, warum Microsoft dann überhaupt die neue Anforderung dazugeschrieben hat. Eine Antwort darauf könnte lauten: weil die offiziellen Anforderungen im Alltag ohnehin keine Rolle spielen.

Einzig relevant ist stattdessen die Prüfung der Hardware durch das Windows-Setup-Programm. Und das stellt andere Anforderungen an die Hardware als jene, die in der offiziellen Liste stehen.

Faktor 3: das Setup-Programm

Dieses Setup-Programm ist das, was direkt in die Falle führt. Denn es stellt nicht nur andere Anforderungen an die Hardware als jene, die Microsoft offiziell verkündet hat, sondern vor allem je nach Aufgabe unterschiedliche. Bei einer Neuinstallation gelten andere, und zwar geringere, als beim Aktualisieren einer bereits vorhandenen Installation. Und dann gibt es noch von Microsoft selbst eingebaute Registry-Hacks, mit denen Setup.exe noch geringere Anforderungen erfüllt wissen will.

Beispiel TPM: Für eine Neuinstallation reicht eines in Version 1.2, beim Aktualisieren muss es eines in Version 2.0 sein. Und mit einem Hack geht beides ganz ohne TPM.

Ähnlich beim Prozessor: Das Setup-Programm findet es bei einer Neuinstallation völlig ausreichend, wenn er zwei Kerne hat. Beim Aktualisieren hingegen besteht das Setup-Programm darauf, dass der Prozessor auch „kompatibel“ ist, also in der aktuellen CPU-Liste aufgeführt ist. Einzig die seit 24H2 geltende Anforderung SSE4.2 gilt immer und lässt sich auch nicht umgehen, auch nicht mit Hacks.

Das Ergebnis: Selbst wenn das Setup-Programm Windows auf einem PC installiert, bedeutet das noch lange nicht, dass es diese Installation später auch ohne Weiteres auf eine neue Version aktualisiert.

Die Tabelle „Hardwareanforderungen“ führt auf, was das Setup-Programm

auf Hardwareseite voraussetzt. Die letzte Spalte bezieht sich dabei auf jene Anforderungen, die beim Einsatz der im nachfolgenden Artikel beschriebenen Tricks gelten.

Von Updates und Upgrades

Um die Verwirrung noch zu steigern, kann es passieren, dass die Anforderungen beim Aktualisieren auf eine neue Version überhaupt keine Rolle spielen. Das liegt daran, wie genau dieser Prozess abläuft, denn dazu gibt es zwei verschiedene Verfahren: per Update und per Upgrade.

Die beiden Begriffe klingen ähnlich, doch es gibt einen wesentlichen Unterschied. Bei einem Update (egal, ob es die Windows-Version aktualisiert oder nur Sicherheitslücken schließt) tauscht Windows lediglich einzelne Dateien gegen neue Versionen aus und startet anschließend neu. Ein Upgrade hingegen erfordert den zusätzlichen Einsatz des Windows-Setup-Programms Setup.exe. Das prüft die Hardwareanforderungen, und wenn es

mit dem Ergebnis zufrieden ist, verschiebt es die komplette Installation in einen neuen Ordner C:\Windows.old. Anschließend installiert es die neue Version von Windows daneben und versucht dann, alle Dokumente, Anwendungen und Einstellungen aus der alten in die neue Installation zu übernehmen.

Wann genau ein Upgrade und wann ein Update zum Aktualisieren erforderlich ist, lässt sich nicht vorhersagen. Es hängt von der Zielversion ab sowie vom Alter der vorhandenen Installation. So kann es durchaus sein, dass der Umstieg von Version X auf X+1 per Update gelingt, der von X+1 auf X+2 ebenfalls, der von X auf X+2 aber ein Upgrade erfordert. Microsoft stiftet hier gern zusätzliche Verwirrung, indem es die Begriffe munter mischt, also Updates manchmal als Upgrades bezeichnet und andersherum.

Das Entscheidende ist letztlich: Nur wenn das Aktualisieren per Upgrade passiert, kommt das Windows-Setup-Programm zum Einsatz, und nur dieses prüft

die Hardwareanforderungen. Und nur ein fehlendes Upgrade kann zu einem Update-Stopp führen.

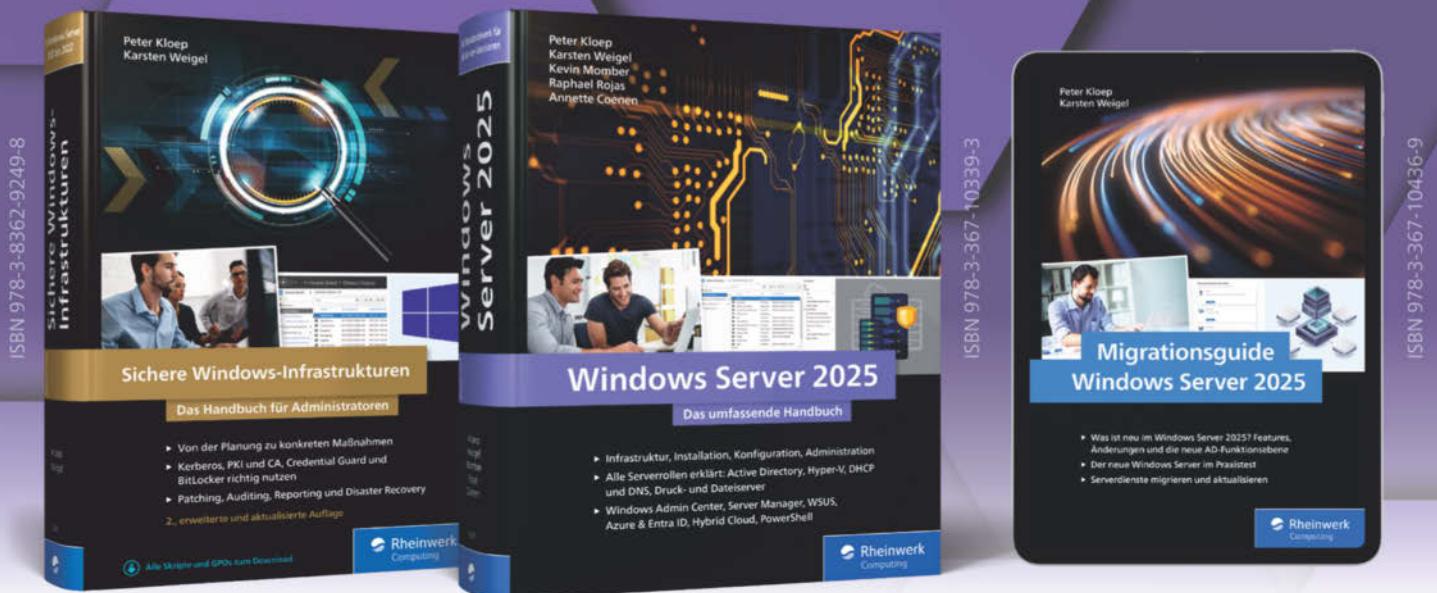
Betroffen: potenziell alle

Ob Sie von einem Update-Stopp betroffen sind, müssen Sie selbst herausfinden. Windows müllt zwar Desktop, Startmenü und Taskleiste gern, oft und ungefragt mit Ratschlägen und Werbung voll. Doch einen Hinweis auf einen Update-Stopp konnten wir darunter bislang nicht entdecken.

Sehen Sie also besser nach. Drücken Sie zuerst die Windows-Taste, tippen Sie `winver` ein und bestätigen Sie mit Enter. Es erscheint der Dialog „Info über Windows“. Wenn hier steht, dass Windows 11 läuft und darunter „Version 21H2“ oder „Version 22H2“ steht, sind Sie mutmaßlich betroffen.

Ein weiteres Kennzeichen finden Sie in den Einstellungen unter „Windows Update“. Wenn dort am Update-Symbol ein rotes Ausrufezeichen klebt, signalisiert

Auch im »Digitalabo für Professional Computing«



Ihre Windows-Umgebung – sicher und zukunftsfähig

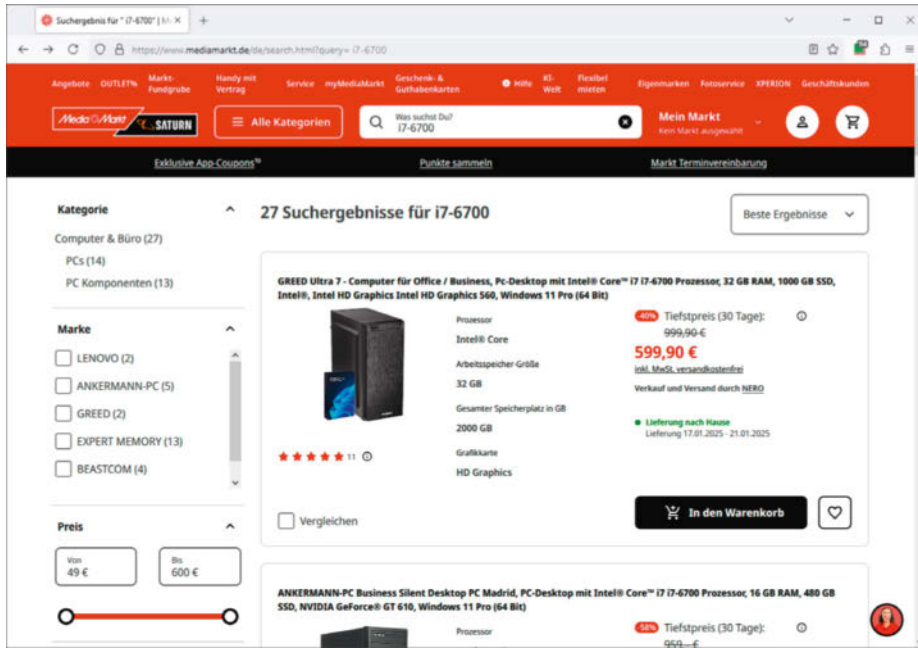
Der Umstieg auf Windows Server 2025 will gut geplant sein. Wie Sie Ihre Dienste erfolgreich migrieren und sichere Infrastrukturen aufbauen, zeigen Ihnen unsere Handbücher. Mit allen wichtigen Änderungen auf einen Blick sowie Praxisanleitungen für AD, Entra ID, Hyper-V und mehr. Stellen Sie Ihre Umgebung auf ein neues Fundament!

Jetzt Bücher, E-Books und das digitale Abo entdecken:

www.rheinwerk-verlag.de

© Copyright by Heise Medien.

 Rheinwerk
Computing



Selbst auf den Websites renommierter Anbieter finden sich mittlerweile PCs mit vorinstalliertem Windows 11, die die Anforderungen nicht erfüllen und direkt in die Upgrade-Falle führen.

das fehlende Updates. Falls Sie der Update-Stopp erwischt hat, können Sie zwar auf „Nach Updates suchen“ klicken und vielleicht findet Windows sogar welche. Doch das sind dann bloß aktualisierte Virenkennungen für den Defender, aber eben nicht die wichtigen Sicherheitspatches. Die bekommen Sie einfach nicht. Unter 22H2 (aber nicht bei 21H2) steht zudem beim Update-Symbol: „Die neue Version von Windows abrufen, um auf dem neuesten Stand zu bleiben“ und darunter „Ihre Version von Windows hat das Dienstende erreicht“. Eine „neue Version von Windows“ findet die Update-Funktion jedoch auch nicht.

Falls es Sie erwischt hat: Sie sind nicht allein. Denn in die Falle zu tappen, ist schnell passiert: Wer hat schon Lust, sich vor dem Installieren von Windows 11 mit den Details der Hardwareanforderungen zu beschäftigen? Warum also nicht einfach ausprobieren, ob sich Windows 11 auf einem PC installieren lässt? Wenn es

klappt, sollte er ja die Anforderungen erfüllen. Tja, nicht bei Microsoft.

Auch die Verkürzung der lange gewohnten 10-Jahres-Zeiträume für den Support auf gerade mal 2 bis 3 Jahre dürfte so manchen überraschen.

Verblüffend absurd

Hinzu kommt, dass wohl kaum jemand damit rechnet, dass Microsoft heutzutage zu dermaßen absurden Entscheidungen neigt wie jener, Hardwareanforderungen für ein und dasselbe Betriebssystem bei einem Upgrade rigoroser durchzusetzen als bei einer Neuinstallation.

Was die Angelegenheit noch schlimmer macht: Sogar der Neukauf eines Computers mit vorinstalliertem Windows 11 kann Sie in die Falle führen. Wie wir schon vor rund einem Jahr berichten mussten [4], gibt es diverse Anbieter, die Ihnen gebrauchte Geräte als Windows-11-PCs anzudrehen versuchen, ohne dabei auf die drohende Upgrade-Falle hinzuweisen.

Hardwareanforderungen für Windows 11

Anforderungen	Offiziell	Neuinstallation	Upgrade	Mit Registry-Hacks
Prozessor	„Kompatibel“	2 Kerne (seit 24H2 auch SSE4.2)	„Kompatibel“	2 Kerne (seit 24H2 auch SSE4.2)
RAM	4 GByte	4 GByte	4 GByte	2 GByte
Boot per UEFI	Ja	Ja	Ja	Nein
TPM	Ja, Version 2.0	Ja, Version 1.2	Ja, Version 2.0	Nein
Secure Boot	Ja, aktiv	Ja, aber nicht aktiv	Ja, aber nicht aktiv	Nein

Manche preisen die Oldies sogar als Neuware an.

Die Situation ist seitdem nicht besser geworden. Selbst auf der Website des MediaMarkt werden Neu-PCs mit vorinstalliertem Windows 11 zu plausiblen Preisen angeboten, die sich nur mit hinreichendem Wissen und selbst dann erst bei genauerem Hinsehen als inkompatibel entpuppen. Die PCs werden zwar nicht von MediaMarkt selbst, sondern von anderen Anbietern auf dessen Marketplace angeboten, doch oben auf der Website prangt dennoch das große MediaMarkt-Logo, welches viele in falscher Sicherheit wiegen dürfte. Nach unserer Anfrage dazu versprach MediaMarkt zwar, das Angebot zu prüfen und gegebenenfalls von der Website zu nehmen, bis Redaktionsschluss blieb es jedoch online.

Die Falle könnte künftig sogar noch viel mehr Leute treffen. Im November dieses Jahres endet der Support für Windows 11 Version 23H2, ein Jahr später der für 24H2. Und jedes Support-Ende dürfte wieder neue Opfer in die Falle führen. Das liegt auch daran, dass Microsoft mittlerweile nicht mehr davor zurückschreckt, die Hardwareanforderungen für Windows 11 quasi im laufenden Betrieb zu ändern. Es ist also nicht auszuschließen, dass Ihr PC plötzlich für inkompatibel erklärt wird. Wer nun meint, dass Microsoft wohl kaum auf die Idee kommen würde, für Hunderttausende oder gar Millionen von PCs festzulegen, dass sie für Windows nicht mehr taugen, obwohl sie es problemlos ausführen können: Mit der Veröffentlichung der im Vergleich zum Vorgänger absurd hohen Anforderungen für Windows 11 hat der Konzern genau das getan.

Was bleibt, ist die Frage, was Sie nun tun können. Der nachfolgende Beitrag hält Tipps und einen von uns weiterentwickelten Trick für Sie parat. (axv@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Axel Vahldiek, Dann halt so ..., Windows-11-Setup ohne Hardware-Prüfung, c't 26/2021, S. 28
- [2] Wilhelm Drehling et al., Die c't-Security-Checklisten 2025, c't 1/2025, S. 56 ff.
- [3] Axel Vahldiek, Überraschend viele, Systemanforderungen von Windows 11: von Absurditäten, Drohungen und verwirrenden Angeboten, c't 1/2024, S. 58
- [4] Axel Vahldiek, Im Nebel, Systemanforderungen von Windows 11: die absurden Folgen beim Gebraucht-PC-Kauf, c't 1/2024, S. 64

MS-Doku zu Support-Dauer und Known Issues: ct.de/yp2z

BETTER  **JOBS**

... weil du Besseres verdienst.

Deinen neuen Traumjob findest du bei **BETTER JOBS!**

Jetzt Jobs entdecken unter www.better-jobs.de



NEU!

better-jobs.de

Finde den Job, der besser zu dir passt. In deiner Region oder deutschlandweit.

 heise regioconcept



Bild: KI, Collage ct

Raus hier!

Wege aus der Upgrade-Falle für Windows 11

Microsoft hat Ihr Windows 11 von der Versorgung mit Sicherheits-Updates abgeschnitten? Es gibt mehrere Auswege, darunter der Doppelklick auf eine kleine Datei von c't.

Von Axel Vahldiek

Die Zahl der Windows-11-Installationen steigt, die Microsoft mit absurden Entscheidungen in die Upgrade-Falle gelockt hat: Weil die auf dem

PC laufende Version von Windows 11 das Support-Ende erreicht hat, lädt die Windows-Update-Funktion keine Sicherheitsupdates mehr und verweigert zugleich das Aktualisieren der Installation auf eine neuere Version.

Die Details beschreibt der vorangehende Beitrag, hier geht es nun um Wege, die aus der Falle wieder herausführen. Empfehlung: Lesen Sie diesen Beitrag erst komplett, bevor Sie sich für einen der Wege entscheiden.

Lauft!

Wir kennen derzeit nur eine einzige Möglichkeit, der Upgrade-Falle zu entkommen

und zugleich sicherzustellen, dass es Sie auch künftig nicht erwischt: Kehren Sie Microsoft den Rücken. Wechseln Sie zum Betriebssystem eines anderen Herstellers.

Einen Umstiegsratgeber auf macOS haben wir in [1] veröffentlicht, doch seien Sie sich darüber im Klaren, dass Sie sich viele Vorteile bei Apple damit erkaufen, dass Sie sich in einen goldenen Käfig begeben und dass Sie es auch hier mit Support-Zeiträumen zu tun bekommen. Neue Hardware brauchen Sie dann ebenfalls.

Ohne neue Hardware, ohne Lizenzkosten und sehr flexibel klappts hingegen mit Linux. Auch dazu haben wir im letzten Jahr einen Umstiegsratgeber geschrieben [2].

Trotzdem Windows?

Ein Umstieg auf ein anderes Betriebssystem kommt nicht infrage? Dann stehen Ihnen verschiedene Optionen offen. Doch wie oben bereits angedeutet: Keine davon stellt sicher, dass Sie nicht im nächsten oder übernächsten Jahr erneut in die Falle laufen.

Einige wenige Ursachen der Upgrade-Falle lassen sich ohne Geldausgabe beseitigen. Wenn Windows ein fehlendes TPM anmeckert, liegt es in vielen Fällen nicht etwa daran, dass tatsächlich keines vorhanden wäre, sondern bloß daran, dass es deaktiviert ist. Dann reicht es oft, es im BIOS-Setup zu aktivieren.

Wenn der PC nicht per UEFI bootet, sondern mithilfe eines CSM ein Legacy BIOS emuliert, können Sie das in vielen Fällen umstellen. Doch seien Sie gewarnt: Mit dem einfachen Umlegen eines Schalters im BIOS-Setup ist es nicht getan, denn dann würde Windows nicht mehr booten. Die Partitionierung des internen Datenträgers sowie der Bootloader müssen ebenfalls angepasst werden. Eine Anleitung dazu füllt einen ganzen c't-Artikel [3].

Wenn Sie es sich finanziell leisten können und wollen, können Sie auf Hardware umsteigen, mit der die Upgrade-Falle hoffentlich nicht droht. Tipps dazu finden Sie in [4], einen günstigen Bauvorschlag in [5]. Doch für welche Hardware Sie sich auch entscheiden: Sie kostet Geld.

Beachten Sie zudem: Selbst wenn die Hardware aktuell die Anforderungen für Windows 11 erfüllt, bleibt doch ein Restrisiko. Microsoft schreckt nicht davor zurück, die Anforderungen nachträglich anzupassen (siehe voriger Beitrag). Es kann also passieren, dass Ihr heute noch „kompatibler“ PC schon morgen von Microsoft für inkompatibel zu Windows 11 erklärt wird.

Notwehr: Hacks

Sie können versuchen, das Setup-Programm mit Hacks zu überlisten, damit es seine Arbeit doch noch verrichtet. Sie könnten es sogar ganz außen vor lassen: Mit den Kommandozeilenprogrammen Diskpart, Dism, BCDboot und Reagentc lässt sich Windows 11 ganz ohne Setup.exe auf quasi jedem Windows-10-tauglichen PC installieren. Der Haken daran: Das erfordert nicht nur sehr viel Fachwissen, sondern funktioniert vor allem auch nur als Neuinstallation. Bei einem Upgrade sind die Werkzeuge nutzlos, und genau darum geht es hier ja.

c't kompakt

- Wenn Ihre Windows-11-Installation keine Sicherheitsupdates mehr bekommt, weil das „Dienstende“ erreicht ist, sind Sie in der Upgrade-Falle gelandet.
- Heraus kommen Sie mit einer kleinen Datei von c't, einem kostenlosen Programm von Microsoft, ein paar Mausklicks und etwas Geduld.
- In ein bis zwei Jahren droht allerdings dasselbe Problem erneut. Auf Dauer hilft nur der Wechsel auf ein anderes Betriebssystem wie Linux.

Es gibt Hacks, die Abhilfe versprechen, doch bevor Sie sich nun in die Weiten des Internets aufmachen: Die meisten Hacks, die Sie dort finden, helfen auch nur bei einer Neuinstallation, aber nicht bei einem Upgrade.

Manche wird Microsoft in absehbarer Zeit blockieren. Dazu gehört beispielsweise der Trick, Setup.exe mit der Option `/product server` aufzurufen. Auch andere Hacks wie das Löschen von Systemdateien haben den Nachteil, dass sie das Setup-Programm gegen Microsofts Willen beeinflussen, und es ist bei solchen damit zu

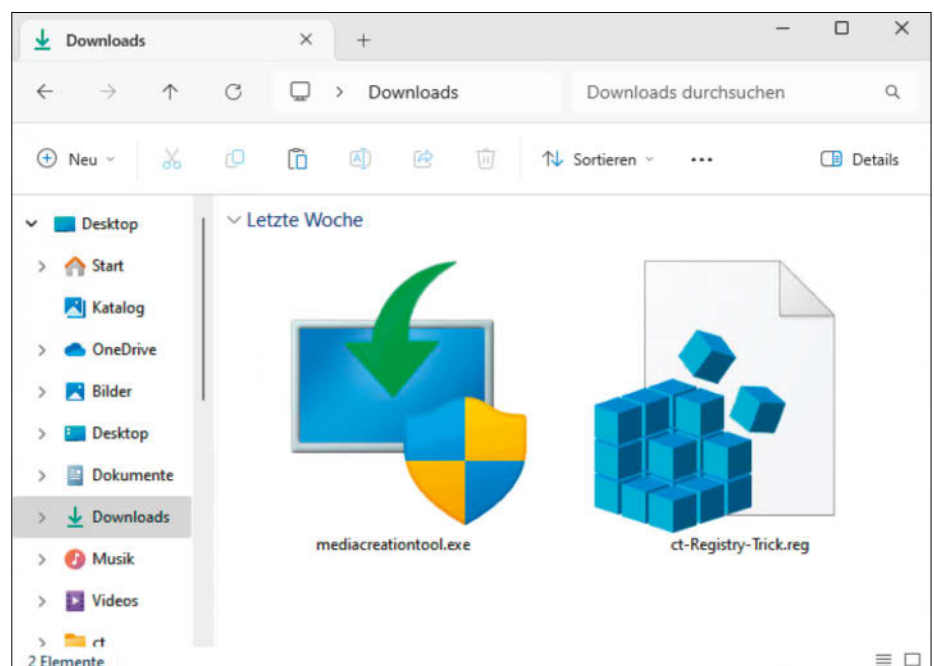
rechnen, dass sie bald oder bereits jetzt nicht mehr funktionieren. Laden Sie keinesfalls etwas aus Ihnen unbekanntenen Quellen herunter. Womöglich bekommen Sie Schadsoftware statt eines Hacks.

Es gibt aber weitere Hacks, die Microsoft selbst eingebaut hat. Genauer: Es lassen sich Registry-Schlüssel setzen, die das Setup-Programm für Windows 11 beachtet, von denen das Setup von Windows 10 noch nichts wusste. Hier hat Microsoft also Zeit und damit Geld investiert, damit diese Hacks funktionieren. Dazu gehört unser c't-Registry-Trick.

Der c't-Registry-Trick

Wir haben einen bekannten Hack mit viel Forschung und noch mehr Tests weiterentwickelt. Wenn Sie den c't-Trick anwenden, klappt das Aktualisieren auf Version 24H2 doch noch (sofern keine anderen Inkompatibilitäten dagegen sprechen, siehe voriger Beitrag). Im Idealfall bekommen Sie anschließend bis mindestens Ende 2026 wieder Sicherheitsupdates.

Wir haben diesen Trick intensiv und auf sehr vielen Rechnern getestet und er hat dabei immer funktioniert. Wir rechnen zudem nicht damit, dass Microsoft ihn in absehbarer Zeit blockiert. Dennoch, das sei deutlich gesagt, könnte das trotzdem passieren, etwa per Update. Denn auch wenn Sie keine Sicherheitsupdates mehr bekommen, versucht die Updatefunktion



In die Upgrade-Falle gegangen? Zwei Dateien helfen wieder heraus.

dennoch weiter, ihren Job zu erledigen, und Microsoft kann Ihre Installation darüber jederzeit beliebig anpassen.

Sie wollen trotzdem? Dann los. Als Zusatzen brauchen Sie lediglich zwei Downloads sowie ein paar GByte freien Platz auf dem internen Datenträger.

Die REG-Datei

Sie finden via ct.de/y7vh zwei Downloads: eine REG-Datei von c't sowie das kostenlose Programm „Media Creation Tool“ (MCT) von Microsoft. Letzteres können Sie zwar auch per Google finden, doch raten wir davon ab: Microsoft hat mittlerweile diverse Versionen des MCT veröffentlicht, und Sie könnten die falsche erwischen. Laden Sie also beides über den c't-Link herunter.

Die REG-Datei enthält zwei Registry-Einträge. Ein Doppelklick auf die Datei fügt beide nach einer Sicherheitsnachfrage in das laufende Windows ein. Falls Sie die Details nicht interessieren, können Sie im nächsten Abschnitt weiterlesen.

Falls doch: Einer der beiden Einträge ist der bereits länger bekannte DWORD-Wert `AllowUpgradesWithUnsupportedTPMOrCPU`, der in den Schlüssel `HKLM\SYSTEM\Setup\MoSetup` gehört. Er bringt das Setup-Programm dazu, ein Upgrade auch dann

fortzusetzen, wenn das TPM älter als Version 2.0 ist oder ein Prozessor im System steckt, den Microsoft nicht als „kompatibel“ einstuft. Anfangs hatte Microsoft diesen Eintrag sogar dokumentiert, die Doku ist aber mittlerweile wieder verschwunden.

Der andere Eintrag ist die mehrteilige Zeichenfolge (Multi-SZ) `HwReqChkVars`, die im Schlüssel `HKLM\SOFTWARE\Microsoft\Windows NT\CurrentVersion\AppCompatFlags\HwReqChk` landet. Wenn Sie die REG-Datei mit einem Text-Editor wie Notepad öffnen, sehen Sie bloß eine unleserliche Zahlenkolonne, doch in der Registry steht später Klartext. Dieser bringt das Setup-Programm dazu, ein Upgrade auch dann auszuführen, wenn „UEFI Secure Boot“ oder ein TPM fehlen oder weniger als 4 GByte RAM im PC stecken.

Als Ergebnis klappt das Aktualisieren selbst bei Installationen, die auf PCs laufen, die nicht per UEFI, sondern klassisch (per Legacy BIOS) booten, nur 2 GByte RAM enthalten sowie irgendeinen Prozessor, solange der nur SSE4.2 beherrscht. Das gilt für Intel-CPU's ab 2008, die „Core-i“ im Namen tragen, sowie für AMD-CPU's ab 2011 (Bulldozer-Generation).

Weil es schon öfters missverstanden wurde: Die Registry-Schlüssel gaukeln

dem Setup-Programm keineswegs vor, dass die Hardware kompatibel wäre. Es funktioniert anders: Setup.exe prüft in jedem Fall die Hardware. Es ignoriert jedoch, was dabei herauskommt, wenn es zusätzlich die Schlüssel vorfindet.

Und: Die REG-Datei hilft nur bei Upgrades, also ausdrücklich nicht bei Neuinstallationen. Wie auch: Die Einträge der REG-Datei landen bei einem Doppelklick in der Registry der laufenden Installation, doch so eine gibt es ja noch gar nicht, wenn Windows neu installiert wird. Falls Sie bei einer Neuinstallation auf Registry-Hacks zurückgreifen wollen: Da sind andere Handgriffe erforderlich, die wir in [6] beschrieben haben.

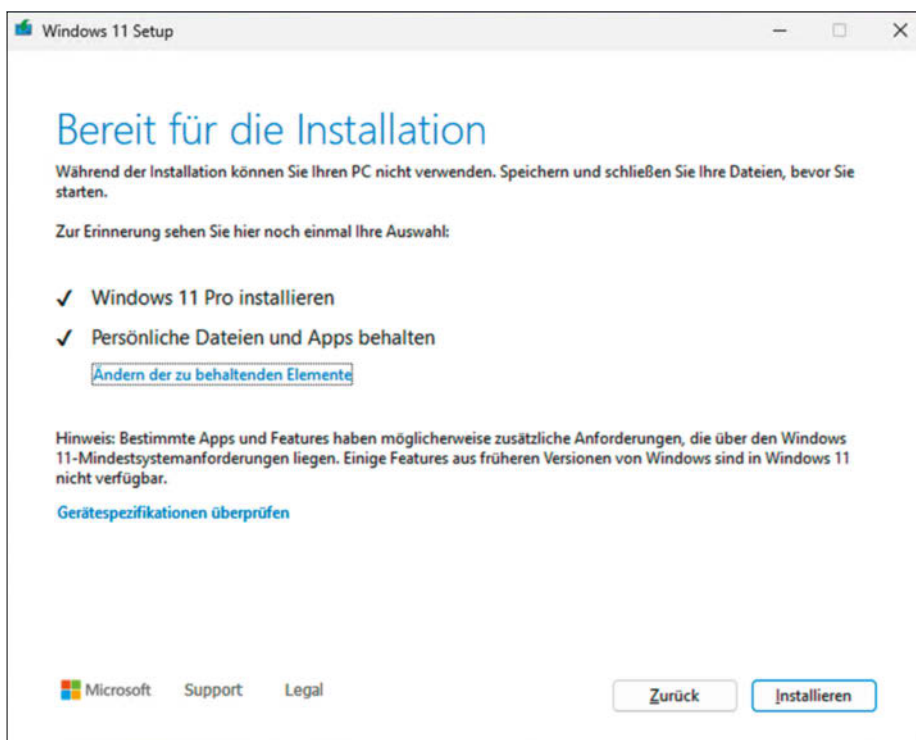
MCT

Nach dem Doppelklick auf die REG-Datei ist Windows bereit für das Aktualisieren – genauer: für ein Upgrade auf eine Windows-Version, deren Support-Zeitraum noch nicht abgelaufen ist. Doch das passiert nicht automatisch. Auch ein Mausklick auf „Nach Updates suchen“ in den Einstellungen hilft nicht.

Sie müssen das Upgrade stattdessen selbst anstoßen. Alles, was Sie dafür benötigen, steckt in einem ISO-Abbild, das Sie mit dem MCT herunterladen. Wir empfehlen aber dringend, vorab noch ein Backup Ihrer Installation anzufertigen, damit keine Daten verloren gehen, wenn beim Upgrade etwas schiefgeht. Das Backup können Sie beispielsweise mit unserem Sicherungs-Skript `c't-WImage` erstellen (siehe ct.de/wimage).

Das MCT landet als `mediacreation-tool.exe` in Ihrem Download-Ordner. Starten Sie es, bestätigen Sie die Sicherheitsnachfrage und akzeptieren Sie die Lizenzbestimmungen. Weil bei „Sprache und Edition auswählen“ die Vorauswahl zu Ihrer Installation passt, klicken Sie einfach auf „Weiter“. Im nächsten Dialog ändern Sie die Vorauswahl auf „ISO-Datei“ und wählen als Speicherort einen beliebigen mit hinreichend freiem Platz für die knapp 5 GByte große Datei. Nach dem Download klicken Sie auf „Fertig stellen“.

Suchen Sie anschließend die ISO-Datei im Explorer auf. Nach einem Doppelklick darauf bindet der Explorer sie als virtuelles DVD-Laufwerk mit einem eigenen Laufwerksbuchstaben ein. Direkt in dessen Wurzelverzeichnis liegt die Datei `Setup.exe`. Starten Sie die und bestätigen Sie die Nachfrage.



Mit Registry-Trick aktualisiert sich Windows zwar immer noch nicht selbstständig, aber immerhin klappt dann das Upgrade, wenn Sie es von Hand starten.



Wenn Sie den c't-Registry-Trick anwenden und ein zu alter Prozessor im PC steckt, erscheint während des Aktualisierens eine Meldung, die zeigt, dass Microsoft von dem Trick weiß und dennoch nichts dagegen unternimmt.

Nach einem Klick auf „Weiter“ sucht das Setup-Programm nach Updates. Bei unseren Tests passierte es, dass es danach scheinbar verschwand, es hatte sich aber bloß hinter das ebenfalls noch geöffnete Explorer-Fenster geschoben. Akzeptieren Sie die Lizenzbedingungen, danach folgt wieder eine Update-Suche. Obacht: Es erscheint zudem der Hinweis „Stellen Sie sicher, dass genügend freier Speicherplatz zur Verfügung steht“, aber sofern sich der Warte-Kreis noch dreht, ist das keine Fehlermeldung, sondern bloß ein allgemeiner Hinweis. Der erscheint selbst dann, wenn statt der benötigten maximal 20 GByte noch Hunderte frei sind.

Wenn Sie wie empfohlen die c't-REG-Datei per Doppelklick importiert haben und der Prozessor „inkompatibel“, also nicht in Microsofts Kompatibilitätslisten enthalten ist, erscheint zudem der Hinweis „Worum Sie sich kümmern sollten“. Dort steht, dass der PC die Mindestanforderungen für Windows 11 nicht erfüllt. Sie können aber mit einem Klick auf „Aktualisieren“ einfach weitermachen. Die Meldung ist ein weiterer Beweis für die Absicht, die hinter den Registry-Schlüsseln steckt, denn sonst würde Setup nicht sogar extra einen Dialog dafür kennen.

Als Nächstes meldet das Setup-Programm, dass es „Bereit für die Installation“ ist. Stellen Sie sicher, dass hier ein Häkchen vor „Persönliche Dateien und Apps behalten“ gesetzt ist, sonst droht Datenverlust.

Nach einem Klick auf „Installieren“ startet das Upgrade. Das dauert einige Zeit, der PC startet in dieser Zeit mehrfach neu.

Es folgen Nachfragen, in welchem Umfang Windows später im laufenden Betrieb Daten gen Redmond schicken darf. Für weniger wählen Sie stets die untere Antwort, bestätigt wird stets mit „Annehmen“.

Anschließend erscheint der Desktop und Sie sitzen vor Windows 11 in Version 24H2. Zum Prüfen drücken Sie die Windows-Taste und tippen `winver` ein: Im Dialog steht dann auch die Versionsnummer. Es läuft 24H2? Glückwunsch, Sie sind der Upgrade-Falle entkommen. Zumindest vorerst, bis sich Microsoft die nächste Schikane ausdenkt. (axv@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Hartmut Gieselmann et al., Goodbye Windows: Umzug auf den Mac, c't 1/2024, S. 52 ff.
- [2] Keywan Tonekaboni et al., Frisches Linux statt altes Windows, c't 12/2024, S. 16 ff.
- [3] Axel Vahldiek, Anders hochfahren, Windows 10 von klassischem Start auf UEFI-Boot umstellen, c't 14/2019, S. 162
- [4] Christof Windeck, Elfer-Basis, Die Hardware-Vorgaben für Windows 11 beim eigenen Rechner prüfen, c't 22/2024, S. 26
- [5] Benjamin Kraft, Billiger Bürogehilfe, Bauvorschlag für einen sehr günstigen Office-Rechner unter 330 Euro, c't 22/2024, S. 32
- [6] Axel Vahldiek, Dann halt so ..., Windows-11-Setup ohne Hardware-Prüfung, c't 26/2021, S. 28

c't-Registry-Trick und MCT: ct.de/y7vh

Schalten via Anruf

Erweitern Sie VoIP-Anlagen um Schaltkontakte



VoIP-Einbindung

Der W&T SIP Ring Switch wird einfach als Nebenstelle in Ihre VoIP-Anlage eingebunden.

Vier Schaltausgänge

Jedem Schaltausgang kann eine Rufnummer zugeordnet werden. Die Ausgänge sind als Ein-, Um- oder Impulsschalter konfigurierbar.

Meldefunktionen

Zusätzlich können Alarmer via E-Mail oder HTTP-Request abgesetzt werden.

Neugierig?

www.wut.de/sip



W&T
www.WuT.de



Doppelspitze

Samsung Galaxy S25 Ultra und S25+ im Vergleich

Die neuen Galaxy-Smartphones reihen sich wie erwartet in der Android-Luxusliga ein. Samsungs sanfte Modellpflege, die mehr Neues bei der Software als bei der Hardware bringt, rückt das S25+ näher an das Ultra heran.

Von Steffen Herget

Mit dem Galaxy S25+ und dem Galaxy S25 Ultra beginnt die High-End-Saison im Smartphone-Jahr. Die beiden neuen Smartphones bringen absolute Vollausstattung mit und packen noch ein paar Extras obendrauf, strapazieren das Budget aber auch gewaltig. Ab 1149 Euro verlangt Samsung für das Galaxy S25+, das S25 Ultra ist noch einmal mindestens 300 Euro teurer. Das kompakte, aber nicht weniger luxuriöse Basismodell Galaxy S25, das mit Preisen ab 899 Euro startet, erreichte uns nicht rechtzeitig für diesen Test.

Beim Design des Galaxy S25+ von einer dezenten Frischzellenkur zu reden, greift schon zu weit: Es sieht einfach genauso aus wie der Vorgänger. Das S25

Ultra auf den ersten Blick auch, allerdings hat Samsung hier den Rahmen begradigt und dafür die zuvor unangenehm spitzen Ecken ein wenig abgerundet. So liegt das Smartphone angenehmer in der Hand. Mattes Glas und schicke Rahmen aus Aluminium und Titan, perfekt verarbeitet, kleiden die Technik ein, wie gewohnt nach IP68 gegen Staub und Wasser geschützt.

Beide Smartphones haben OLED-Displays mit adaptiver Bildwiederholrate zwischen 1 und 120 Hertz und einer Auflösung von 3120 × 1440 Pixeln. Voreingestellt ist ein niedrigerer Wert von 2340 × 1080 Pixeln, sogar eine 720p-Auflösung bietet Samsung an. Das mag alles ein bisschen Strom sparen, steht den Luxus-

Smartphones aber nicht besonders gut. Während der Bildschirm des S25+ mit 6,7 Zoll die gleichen Dimensionen hat wie im S24+, ist der des Ultra um 0,1 Zoll auf jetzt 6,9 Zoll gewachsen, möglich machen das die etwas schlankeren Ränder um das Display. Helligkeit und Farbdarstellung der Samsung-Bildschirme sind absolut beeindruckend, etwas Besseres ist bei Smartphones aktuell in der Kombination nicht zu finden.

Einen echten Pluspunkt verbucht das Ultra mit dem Display-Schutzglas. Das Gorilla Glass Armor 2 schluckt einen großen Teil der Lichtreflexionen, und das ist nicht nur sehr eindrucksvoll im direkten Vergleich mit allen anderen aktuellen Smartphones, sondern ein echter Komfortgewinn. Durch die enorme Helligkeit ist der Bildschirm bereits gut ablesbar, aber dass sich kaum etwas sichtbar darin spiegelt, macht das Lesen, Arbeiten oder Spielen noch eine ganze Ecke angenehmer. Zudem ist es laut Samsung um 29 Prozent bruchfester als die Vorgängergeneration im S24 Ultra.

Für Power satt sorgt Qualcomms neuer High-End-Prozessor Snapdragon 8 Elite, den der Hersteller für Samsung erneut in einer leicht übertakteten Variante ausführt. Der stärkste Kern erreicht maximal 4,47 GHz, wobei die Version von der Stange nur unspürbare 0,15 GHz langsamer taktet. Samsung setzt in allen drei neuen S25-Smartphones den Qualcomm-Chip ein, die eigenen Exynos-Prozessoren bleiben anders als beim S24/S24+ und deren Vorgängern außen vor. Das raubt zwar dem Ultra ein Alleinstellungsmerkmal, ist für S25/S25+-Kunden aber eine gute Nachricht – sie bekommen den besseren Chip. Zudem bringen alle Modelle 12 GByte RAM mit, was einerseits das Basismodell S25 aufwertet, sein Vorgänger hatte nur 8 GByte, andererseits die sündhaft teure Top-Version des Ultra mit 1 TByte internem Speicher und im Vorjahr 16 GByte RAM abwertet.

In Benchmarks stellt der Snapdragon 8 Elite Bestwerte auf, und auch im Alltag leisten sich die beiden Smartphones keine noch so kleine Schwäche. Jede App lädt ohne Zeitverzug, Menüs und Animationen flutschen unter den Fingerkuppen nur so daher, an dieser Stelle gibt es nichts zu meckern. Sowohl das S25+ als auch das Ultra vermitteln das Gefühl, jederzeit noch üppige Leistungsreserven in der Hinterhand zu haben. So müssen High-End-Smartphones laufen. Die Unterschiede zu

den Vorjahresmodellen sind in den Benchmarkwerten deutlich, in der Praxis liefern aber auch die S24 rasant und ohne Anlass zur Kritik.

Die Software steht im Fokus

So wenig Neues es beim Design und der Hardware gibt, so viel hat Samsung an der KI geschraubt. Zusammen mit Google hat man sogenannte AI Agents angelegt, die es ermöglichen, mit einer Anfrage mehrere Apps gleichzeitig zu steuern, beispielsweise durch eine Anfrage wie: „Such mir eine Bar in der Nähe, die gute Cocktails macht, trage einen Termin dort für morgen Abend im Kalender ein und schreibe Robin eine Einladung.“ Das klappt mit den eigenen Apps von Google und Samsung sowie einer Handvoll weiteren, etwa WhatsApp, Spotify und Uber. Die Schnittstelle stehe Entwicklern jedoch offen, so Samsung. Das generelle Bestreben dabei ist, weg von fixen Befehlen und händischem Ansteuern einzelner Apps hin zu

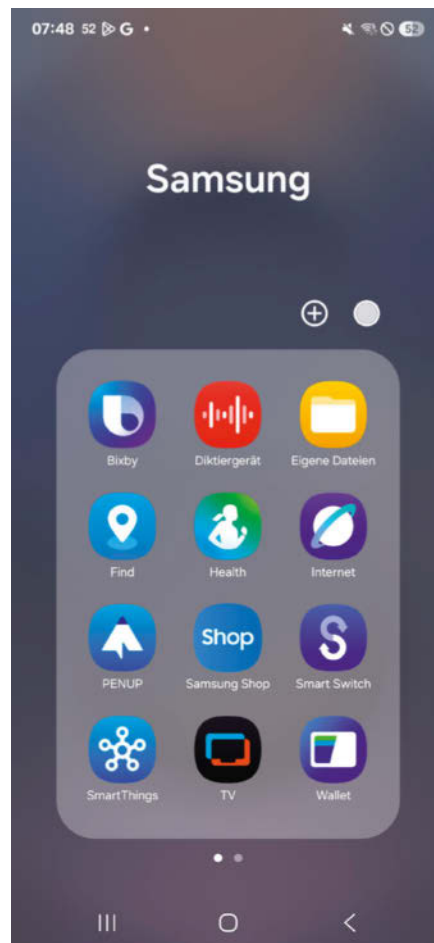
einer natürlicheren Bedienung des Smartphones zu gelangen. In den Systemeinstellungen soll man ein Problem beschreiben, etwa schmerzende Augen, und Samsung verweist dann auf die passende Einstellung, ohne dass man deren genauen Namen kennen muss. Noch funktioniert das allerdings nicht, Samsung muss in den kommenden Wochen noch Updates nachschicken, die unsere Testgeräte aus der Vorserie noch nicht bekommen haben.

Neu im KI-Werkzeugkasten hat Samsung viele Funktionen von Gemini Live, zum Beispiel die Suche nach Inhalten von YouTube-Videos. Man startet ein Video, ruft Gemini Live hinzu und fragt etwa nach den wichtigsten Punkten. Die KI liefert in wenigen Sekunden die Antworten, auch bei längeren Clips. Bei der Bildbearbeitung unterstützt nun ein neuer magischer Radierer beim Entfernen unerwünschter Teile aus einem Foto, und der funktioniert in den meisten Fällen mindestens so gut wie der von Google, eher sogar besser. Wer gerne mit dem Smartphone filmt, kann die KI verwenden, um unterschiedliche Störgeräusche getrennt voneinander flexibel zu verringern oder ganz auszublenden.

Weniger Nutzwert konnten das neue „Now Brief“ und die dazugehörige „Now Bar“ im Test nachweisen. Now Brief soll eine Übersicht über die wichtigsten Dinge darstellen, die sich je nach Tageszeit automatisch anpasst. Now Bar ist eine verkleinerte Version davon, die als kleine Pille am unteren Rand des Lockscreens ihren Platz hat. Viel mehr als das Wetter sowie bevorstehende und vergangene Termine zeigte sie uns bislang jedoch nicht an. Mit der Zeit sollen sich die Informationen allerdings stärker an die eigenen Bedürfnisse und Interessen anpassen, so Samsung.

Viele der neuen KI-Funktionen, die Samsung mit der S25-Familie anpreist, stammen von Gemini Live, kommen also von Google und sind nicht Samsung-exklusiv. Samsung hat seine eigenen Apps allerdings mit dem Google-Assistenten verdrahtet, um den Austausch zwischen beiden Systemen zu gewährleisten. Mit dem Kauf eines S25 bekommt man zudem sechs Monate lang Googles größte KI- und Cloud-Lösung Gemini Advanced ohne Kosten hinzu, danach kostet das Abo monatlich happige 21,99 Euro.

Stichwort Kosten: Noch immer ist nicht klar, was Samsung für seine Galaxy AI als Folgekosten vorschwebt. Im Kleingedruckten lässt man sich weiterhin die Möglichkeit offen, mindestens für Teile



Samsung stellt fast allen Google-Apps eigene Anwendungen gegenüber. Manche KI-Funktionen sind auf die Samsung-Apps beschränkt.



Samsung Galaxy S25+

Das Galaxy S25+ ist eher der Spatz in der Hand als die Taube auf dem Dach. Fast gleich groß wie das Ultra, gleicher Prozessor, ebenso viel Speicher, identische KI-Funktionen, gleiche Bildschirmauflösung, sehr ähnliche Akkulaufzeiten – und das alles zum geringeren Preis. Man fragt sich in diesem Jahr ganz besonders, warum das Plus-Modell traditionell das am schlechtesten verkaufte der Galaxy-S-Familie ist – und ob es diesmal dem Ultra das Wasser abgraben könnte.

Klar, auf den S Pen muss man mit dem S25+ verzichten – allerdings muss man auch bei allen anderen aktuellen Smartphones ohne eingebauten Stift auskommen, so lässt es sich prima leben. Die größten Unterschiede gibt es bei der Kamera, wo das S25+ dem Ultra mit einem geringeren Brennweitenbereich und weniger Auflösung hinterherläuft. Die Knipse ist sehr gut, keine Frage, aber das Ultra bietet an dieser Stelle eben noch ein kleines bisschen mehr. Als Gesamtpaket gehört das Galaxy S25+ allerdings weiterhin zum Besten, was man in dieser Preisklasse kaufen kann, auch angesichts des langen Supports und der vielen Softwarefeatures, die Samsung mitbringt.

- ↑ rundum gelungenes Gesamtpaket
 - ↑ Top-Performance mit viel Reserven
 - ↓ schwächere Kameras als das Ultra
- Preis: ab 1149 Euro



Samsung Galaxy S25 Ultra

Die Frischzellenkur verschafft dem Galaxy S25 Ultra einen flachen Rahmen und abgerundete Ecken. Vor allem letztere sind sehr willkommen, das Smartphone piekst nicht mehr so penetrant in die Hände wie der Vorgänger. Die minimal gewachsene Displayfläche hingegen fällt kaum auf, und auch der messbar stärkere Prozessor macht sich nur wenig bemerkbar – auch das Ultra aus dem Vorjahr läuft schließlich rasend schnell. Mit dem neuen Snapdragon wird auch das S25 in absehbarer Zeit keinerlei Probleme hinsichtlich der Rechen- und Grafikleistung bekommen. Den Mini-Vorteil bei der Ultraweitwinkelkamera balanciert Samsung mit dem schlechter gewordenen S Pen aus – je nach persönlicher Präferenz gewinnt oder verliert man in diesen Punkten. Unverständlich ist, dass Samsung die 16-GB-Byte-Version nicht mehr für diejenigen anbietet, die einfach das Beste kaufen wollen.

Die spannenden KI-Funktionen des Ultra heben es nicht von seinen beiden Brüdern ab, sie sind über die ganze Reihe gleich. Gegenüber dem Plus bleiben an Vorteilen nur das zweite Tele auf dem Rücken und eben der S Pen übrig. Kann man auf beides verzichten, sollte man zum S25+ greifen und sich über die etwas geringeren Kosten freuen.

- ↑ Display fast frei von Reflexionen
 - ↑ liegt besser in der Hand als Vorgänger
 - ↓ S Pen ohne Bluetooth
- Preis: ab 1449 Euro

der KI-Funktionen künftig Geld zu verlangen. Diese Unsicherheit sollte Samsung langsam aus der Welt schaffen, denn so stehen die Kunden am Ende vor der Wahl, für lange genutzte Features plötzlich bezahlen oder auf diese dann verzichten zu müssen. Gerade in der Preisregion, in der

sich diese Smartphones bewegen, ist das ein Unding.

Die KI macht Fehler – oft

Weiterhin gilt zudem, und darauf weist Gemini auch bei jeder Antwort hin: Die KI kann Fehler machen, die Antworten sind

nicht zwingend faktisch korrekt. Auf die am 31.1. gestellte Frage, wie viele Tage es noch bis Ostern seien, antwortete der Assistent, dass Ostern 2025 leider bereits vorbei sei, aber hier, bitte sehr, das Datum von Ostern 2026. Die Anzahl bunter Wollkugeln auf einfarbigem Hintergrund vor der Kamera konnte sie nur schätzen, sie läge aber ganz bestimmt zwischen 250 und 300. Die Wahrheit: 111 Kugeln. Der KI kann man weiterhin nicht ungeprüft über den Weg trauen, egal ob bei Samsung, Google oder anderswo.

Abseits der KI-Funktionen hat Samsung beim OneUI 7 viel geschraubt. Optisch und in der Bedienung ist das System merklich in Richtung iOS verschoben, etwa mit den getrennten Wischgesten vom oberen Bildschirmrand – von links zieht man die Benachrichtigungen hinein, von rechts die Schnelleinstellungen. Die Animationen laufen auf beiden Samsungs absolut flüssig und schnell, was das System insgesamt sehr flott und fluffig erscheinen lässt. Die Ursache dafür, dass es bei manchen Apps noch immer stärker hakt als auf dem jeweiligen Apple-Pendant, ist eher bei den jeweiligen Entwicklern zu suchen als beim OneUI.

Samsung hat die Kameras des Galaxy S25+ gegenüber denen des S24+ unverändert gelassen: 50-Megapixel-Hauptkamera, 12-MP-Ultraweitwinkel und Dreifach-Tele mit 10-MP-Sensor. Das gleiche Tele steckt auch im Ultra, wird aber begleitet von einem Fünffach-Zoom-Objektiv mit 50-MP-Sensor und einer Hauptkamera mit 200 Megapixeln. Diese drei steckten auch bereits im S24 Ultra. Ein Upgrade gab es nur für das Ultraweitwinkel, das von 12 auf 50 Megapixel zulegte. Selfies knipsen die Galaxys weiter mit maximal 12 Megapixel.

Die Fotos beider Kameras können sich hinsichtlich Farbwiedergabe, Bildschärfe und Detailreichtum sehen lassen, mit leichten Vorteilen für das Ultra. Es hat schlicht den größeren Brennweitenbereich und damit mehr Möglichkeiten. Der neue Makromodus, der das Ultraweitwinkel mit nutzt, funktioniert nur auf dem Ultra. Nachtaufnahmen mit Nachtmodus zeigen deutliche Spuren aggressiver Bildbearbeitung, Artefakte zerhacken Details und feine Strukturen. Ohne Nachtmodus sind die Bilder dunkler und etwas weicher, insgesamt aber stimmiger und schöner anzuschauen.

Wer von den voreingestellten 12 auf 50 Megapixel hochschaltet, gewinnt deut-

lich bei feinen Strukturen und Details. Der 200-Megapixel-Modus des Ultra bringt dahingehend keine großen Verbesserungen mehr, verschafft jedoch weitere Möglichkeiten zum Beschneiden der Bilder. Allerdings ist damit auch ein JPG bereits gute 30 MByte groß, ein Raw etwa 90 MByte. Das wird irgendwann zu einem Speicherproblem, zumal die S25-Telefone keine Speicherkarte verwenden. Die Einstellung mit 50 Megapixel führt zu einer Dateigröße von etwa 10 MByte pro JPG, das ist angesichts der Bildqualität ein guter Mittelweg.

Lange Laufzeiten

Das S25+ und das Ultra liegen bei den Akkulaufzeiten eng beieinander. Das war kaum anders zu erwarten angesichts der geringen Unterschiede in der Kapazität (100 mAh) und der Displaygröße (0,1 Zoll) bei gleichen Prozessoren. Wir haben beide in der höchsten Displayauflösung durch unsere Testszenerien gejagt, schließlich soll die teure Hardware ja auch genutzt werden.

Gegenüber den Vorgängern lassen beide nach der Performance auch bei der Ausdauer die Puppen tanzen. Bis zu vier Stunden länger beim Ultra und viereinhalb Stunden beim S25+ sind deutlich, und auch im Alltag halten die Smartphones länger durch. Viele Menschen müssen die beiden Telefone erst jeden zweiten oder dritten Tag ans Kabel hängen. Beim Laden bleibt Samsung auf der vermeintlich sicheren, vor allem aber langsameren Seite, beide müssen eine Stunde ans Kabel, um mit 45 Watt voll zu laden. Ein USB-C-Kabel liefert Samsung mit, passende Netzteile dürften in jedem Haushalt ausreichend vorhanden sein.

Wie seit Jahren üblich hat auch im Galaxy S25 Ultra der S Pen seinen Platz. Der Stift verschwindet in seiner Garage, wenn man ihn nicht braucht, und lässt sich flott herausziehen, um damit Notizen zu machen, Screenshots anzufertigen, Bilder zu malen oder einfach die Bedienung präziser zu gestalten als mit der Fingerkuppe. Gut und schön, allerdings hat Samsung dem S Pen ein Downgrade verpasst: Der Stift hat nun kein Bluetooth LE mehr, ist also nicht per Funk mit dem Smartphone verbunden. Damit verliert er die Möglichkeit, als Fernauflöser mit der Kamera Bilder zu knipsen, und kann nicht mehr für Gestensteuerung oder als Präsentations-Clicker herhalten. Auf Nachfrage gab der Hersteller zu Protokoll, dass interne Un-

tersuchungen ergeben hätten, dass die Bluetooth-Funktionen des S Pen kaum genutzt worden seien, weshalb man sie eingespart habe. Gerüchten um einen S Pen mit Bluetooth im Zubehörsortiment hat Samsung mittlerweile widersprochen.

Fazit

Wer ein Galaxy S24 und wohl auch S23 besitzt, kann sich vor allem beim Ultra den Kauf des Nachfolgers sparen. Die Unterschiede sind zwar da, aber in Sachen Hardware eben auch arg gering – der noch schnellere neue Prozessor macht den alten ja nicht langsamer. Die meisten der KI-Funktionen und der allgemeinen Verbesserungen in OneUI dürften etwas später auch als Update auf die älteren Modelle kommen, und selbst wenn nicht: Auch sie

alleine machen den Neukauf nicht zum Muss.

Einen gewissen Haben-wollen-Faktor haben das Galaxy S25 Ultra und das S25+ aber doch, und schließlich kauft nicht jeder jedes Jahr ein neues Smartphone. Im Vergleich mit drei, vier Jahre alten Modellen sind die neuen Galaxys ein gewaltiger Schritt nach vorn, sowohl bei der Performance als auch den Kameras und der KI. Wer das zweite Teleobjektiv und den Stift nicht braucht, kann mit dem S25+ etwas Geld sparen, Nachteile hinsichtlich Displayauflösung, Prozessor oder Speicher gibt es nicht. Das Ultra bleibt Samsungs Krönung der Speisekarte und setzt mit den Kameras, dem S Pen und dem reflexionsarmen Bildschirm die Kirsche auf die Torte. (sht@ct.de) **ct**

Android-Smartphones

Modell	Samsung Galaxy S25+	Samsung Galaxy S25 Ultra
Hersteller, URL	Samsung, samsung.com	Samsung, samsung.com
Betriebssystem / Patch-Level	Android 15, Dezember 2024	Android 15, Dezember 2024
Funktionsupdates / Sicherheitspatches laut Hersteller bis min.	Android 22, Januar 2032	Android 22, Januar 2032
Ausstattung		
Prozessor / Kerne × Takt	Qualcomm Snapdragon 8 Elite for Galaxy / 2 × 4,5 GHz, 6 × 3,5 GHz	Qualcomm Snapdragon 8 Elite for Galaxy / 2 × 4,5 GHz, 6 × 3,5 GHz
Grafik / KI-Einheit	Qualcomm Adreno / Qualcomm Hexagon NPU	Qualcomm Adreno / Qualcomm Hexagon NPU
Arbeitsspeicher / Flash-Speicher (frei) / Wechselspeicher (Format)	12 GByte / 256 GByte (208 GByte) / –	12 GByte / 256 GByte (210 GByte) / –
SIM-Slots / eSIMs / LTE / 5G (mmWave) / SAR-Wert	2 × nanoSIM / 1 × eSIM / ✓ / ✓ (–) / 1,257 W/kg	2 × nanoSIM / 1 × eSIM / ✓ / ✓ (–) / 1,42 W/kg
WLAN / Bluetooth / UWB / Standortdienste	Wi-Fi 7 / 5.4 / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo	Wi-Fi 7 / 5.4 / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo
NFC / Fingerabdruck (Position)	✓ / ✓ (Display)	✓ / ✓ (Display)
USB-Anschluss / Kopfhöreranschluss	USB-C 3.2, OTG, DP / –	USB-C 3.2, OTG, DP / –
Akku / wechselbar / Schnellladetechnik / drahtlos ladbar	4900 mAh / – / 45 W / ✓ (15 W)	5000 mAh / – / 45 W / ✓ (15 W)
Maße (H × B × T) / Gewicht / Schutzart	15,84 × 7,58 × 0,73 ... 0,92 cm / 190 g / IP68	16,28 × 7,76 × 0,82 ... 1,08 cm / 218 g / IP68
Display		
Diagonale / Technik / Auflösung / Punktdichte	6,7 Zoll / OLED LTPO / 3120 × 1440 Pixel / 518 dpi	6,9 Zoll / OLED LTPO / 3120 × 1440 Pixel / 502 dpi
Helligkeitsregelbereich / Ausleuchtung / Bildrate	0,84 ... 1582 cd/m ² , 94 %, 1-120 Hz	0,85 ... 1564 cd/m ² / 92 % / 1-120 Hz
Kameras		
Hauptkamera: Auflösung / Blende / OIS	50 MP / f/1,8 / ✓	200 MP / f/1,7 / ✓
Ultraweitwinkel: Auflösung / Blende / OIS	12 MP / f/2,2 / –	50 MP / f/1,9 / –
Tele: Auflösung / Blende / Zoom / OIS	10 MP / f/2,4 / 3-fach / ✓	10 MP / f/2,4 / 3-fach / ✓
zweites Tele: Auflösung / Zoom / Blende / OIS	–	50 MP / f/3,4 / 5-fach / ✓
Frontkamera: Auflösung / Blende / OIS	12 MP / f/2,2 / –	12 MP / f/2,2 / –
Benchmarks, Lauf- und Ladezeiten		
Ladezeit 50 % / 100 %	0,4 h / 1 h	0,4 h / 1 h
Laufzeiten ¹ lokales Video 4K / Stream WiFi / 3D-Spiel	13,8 h / 20,9 h / 18,6 h	14,5 h / 21,1 h / 20,1 h
Geekbench V5 Single, Multi / V6 Single, Multi	2214, 7981 / 3122, 9830	2176, 7858 / 3100, 9959
3DMark Wild Life Extreme / Steel Nomad Light	6238 / 2580	6457 / 2609
GFXBench Car Chase / Manhattan 3.0 / Manhattan 3.1 (je On-, Offscreen)	110 fps, 186 fps / 120 fps, 379 fps / 119 fps, 255 fps	109 fps, 190 fps / 120 fps, 401 fps / 120 fps, 256 fps
UVP	ab 1149 €	ab 1449 €
¹ gemessen bei 200 cd/m ² ✓ vorhanden – nicht vorhanden		



Frisch gefliest

MSI Prestige 16 AI Evo mit Core Ultra 9 285H

Das MSI-Notebook Prestige 16 AI Evo gehört zu den ersten mit Intel Core Ultra 200H (Arrow Lake). Das Topmodell Core Ultra 9 285H liefert viel Rechenleistung, taugt aber nicht für Microsofts KI-Label Copilot+.

Von Florian Müssig

Der KI-Hype, das Marketingprogramm Copilot+ von Microsoft sowie haus-eigene Probleme zwangen Intel dazu, sein Angebot an Mobilprozessoren zu überarbeiten. So kann man seit dem Herbst vergangenen Jahres zwar Notebooks mit Core Ultra 200V (Lunar Lake) kaufen, die im KI-Strom mitschwimmen. Diese CPU-

Baureihe ist mit nur acht Kernen jedoch nicht für größere Rechenaufgaben konzipiert: Lunar Lake ist eine Sonderlocke speziell für leichte Mobilrechner mit langer Akkulaufzeit.

Für stärkere Notebooks folgt nun Arrow Lake mit mehr Kernen. Arrow Lake ist der direkte Nachfolger von Meteor Lake (Core Ultra 100) und nutzt wie dieser ein granulares Chiptlet-Design: An ein zentrales SoC-Chiptlet – von Intel Tile (Fliese) genannt – docken ein CPU-Tile, ein GPU-Tile und ein I/O-Tile an, die ein darunter liegendes Interposer-Chiptlet – von Intel Foveros genannt – elektrisch miteinander verbindet.

Typentripel

Je nach Zusammenstellung führt das zu den drei Untertypen Arrow Lake-U, Arrow Lake-H und Arrow Lake-HX. Die Sortierung ist aufsteigend nach Anzahl der CPU-

Kerne (die in den drei Geschmacksrichtungen Performance, Effizienz und Low-Power-Effizienz vorkommen) und Abwärmeklasse – und damit der Rechenleistung. Die Untertypen U (2 P-Kerne, 8 E-Kerne, 2 LP-E-Kerne) und H (6 P-Kerne, 8 E-Kerne, 2 LP-E-Kerne) gab es auch schon mit Meteor Lake, HX (8 P-Kerne, 16 E-Kerne) hingegen nicht. Diese Maximalbaureihe wurde bis dato als 14. Core-i-Generation im alten Namensschema mit alter Technik (Raptor Lake, keine Chiptlets, Intel-7-Fertigung) bedient und kommt erst jetzt in den Genuss neuer Kernarchitekturen und führender Fertigungsprozesse des taiwanischen TSMC-Konzerns.

Die Arrow-Lake-Chiptlets produziert TSMC je nach Funktion in den Prozessen N3B (CPU), N5P (GPU) oder N6 (SoC, I/O). Nur der passive Interposer unten drunter stammt noch von Intel selbst – und für den genügt betagte 22-nm-Technik. Das führt einem deutlich vor Augen, wie akut Intels Probleme hinsichtlich Fertigungstechnik sind, denn bei Meteor Lake kam immerhin das CPU-Tile noch aus eigenen Fabs (Intel 4). Für das CPU-Chiptlet von Arrow Lake war in früheren Planungen Intels 20A-Prozess vorgesehen, doch er wurde im vergangenen Jahr wegen Problemen ersatzlos gestrichen – TSMC sprang mit N3B in die Bresche.

Der kleinste Vertreter Arrow Lake-U alias Core Ultra 200U spielt in derselben Leistungsklasse wie Lunar Lake alias Core Ultra 200V, weshalb er auf günstigere Notebooks zielt: 200U-CPUs passen auf dieselben Hauptplatinen wie der Core Ultra 100U. Hersteller können also bestehende Systeme vergleichsweise kostengünstig mit neuen CPUs auffrischen, ohne wie bei Core Ultra 200V alles neu entwickeln zu müssen. Neue Notebookdesigns sind auf 200U-Basis eher nicht zu erwarten.

Die silberne Mitte

Intels Problemzone ist die Mitte: Sowohl AMD (Strix Point alias Ryzen AI 300) als auch Qualcomm (Snapdragon X Elite) haben längst Notebookprozessoren im Angebot, die sowohl die Neuralprozessor (NPU)-Voraussetzungen für Copilot+ erfüllen als auch starke Zwölfkerner sind, die viel Wumms in herkömmlichen Aufgaben abliefern – von Kompilieren über Bildbearbeitung bis Videoschnitt.

Intel hingegen hat keinen Lunar Lake-H, der dieses Marktsegment abdecken könnte. Diese Aufgabe kommt Arrow

MSI Prestige 16 AI Evo: Daten und Testergebnisse

getestete Konfiguration	US-Vorserie
Lieferumfang	Windows 11 Pro, Netzteil
Schnittstellen (V = vorne, H = hinten, L = links, R = rechts, U = unten)	
HDMI / DisplayPort / Kamera (Hello)	H / - / ✓ (✓)
USB / LAN / Klinke	3 × H (2 × Typ C) / R / R
Kartenleser / Strom / Docking-Anschluss	R (SD) / - / -
USB-C: 40 Gbit/s / 10 Gbit/s / DisplayPort / Laden	✓ / ✓ / ✓ / ✓
Ausstattung	
Display	16 Zoll (40,7 cm), 2560 × 1600, 16:10, 188 dpi, 60 Hz, 7 ... 308 cd/m², spiegelnd, IPS
Prozessor	Intel Core Ultra 9 285H (6P + 8E + 2LP-E)
Hauptspeicher / SSD	32 GByte LPDDR5 / Micron 2500 (1024 GByte)
KI-Einheit	Intel AI Boost (13 Tops, nicht Copilot+-tauglich)
Grafikeinheit (Speicher)	Intel Arc 140T (vom Hauptspeicher)
Sound	Realtek ALC 274
Mobilfunk / LAN / WLAN + Bluetooth	- / Intel I219-V / Intel BE201 (Wi-Fi 7, 2 Streams)
Touchpad (Gesten) / Fingerabdruckleser	HDA (max. 4 Finger) / Goodix
Gewicht, Maße, Stromversorgung	
Gewicht / Größe / Dicke mit Füßen	1,55 kg / 35,8 cm × 25,6 cm / 2,2 ... 2,4 cm
Tastaturhöhe / Tastenraster / Beleuchtung	1,5 cm / 18,5 mm × 18 mm / ✓
Akku (Ladestopp < 100% einstellbar)	100 Wh Lithium-Ionen (✓)
Netzteil (Notebookzuleitung abnehmbar)	100 W, 397 g (-)
bei USB-PD: 5 / 9 / 12 / 15 / 20 Volt mit ...	3 / 3 / - / 3 / 5 Ampere
Leistungsaufnahme	
Suspend / ausgeschaltet	0,7 W / 0,5 W
ohne Last: Display aus / 100 cd/m² / max.	2,6 W / 5,1 W / 8,2 W
CPU-Last / Video / 3D-Spiele (max. Helligkeit)	102 W / 14,3 W / 54 W
max. Leistungsaufnahme / Netzteil-Powerfactor	102 W / 0,92
Laufzeit, Geräusch, Benchmarks	
Laufzeit Idle (100 cd/m²) / Video (200 cd/m²) / 3D (max.)	25,2 h / 10,5 h / 2,8 h
Ladestand nach 1h Laden	75 %
Geräusch ohne / mit Rechenlast	<0,1 sone / 1,7 sone
Massenspeicher lesen / schreiben	5633 / 5197 MByte/s
Leserate SD-Karte	194 MByte/s
WLAN 6 GHz / 5 GHz / 2,4 GHz (20 m)	507-1352 / 209-743 / 215-367 Mbit/s
Qualität Audioausgang / Dynamikumfang	⊕⊕ / 99,5 dBA
CPU: CineBench 2024 (1T / nT)	128 / 933 Punkte
CPU: GeekBench 6.4 (Single / Multi)	2776 / 16616 Punkte
GPU: 3DMark (Solar Bay / Steel Nomad Light)	16345 / 3671 Punkte
NPU: Procyon AI (Computer Vision)	681 Punkte
Preis und Garantie	
Straßenpreis Testkonfiguration	k. A.
Garantie	k. A.
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ⊖ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden — nicht vorhanden k. A. keine Angabe	

Lake-H alias Core Ultra 200H zu. Der liefert auch ab: Im Leistungsvergleich Cinebench 2024 liegt der Core Ultra 285H, den wir in MSIs 16-Zoll-Notebook unter die Lupe nahmen, sowohl bei Ein- als auch Mehrkernlast in dem Bereich, den die oben genannten Konkurrenten von AMD und Qualcomm erzielen. Apples M4 ist bei Last auf allen Kernen ebenso flott, rennt bei Einkernlast aber mit Siebenmeilenstiefeln davon. Die versammelte Windows-Notebook-Konkurrenz agiert in dieser Hinsicht noch nicht einmal auf M3-Niveau ...

Die integrierte Grafikeinheit Arc 140T liefert eine 3D-Rechenleistung, die für Spiele mit einfachen Welten taugt, aber nicht für detail- und effektreiche Blockbuster. In der Praxis tut das nicht weh, weil sich die wenigsten Notebooks mit Core Ultra 200H auf die Arc 140T verlassen werden. Stattdessen kommt in den meisten Fällen ein Grafikchip der nagelneuen Serie GeForce RTX 50 hinzu, was dann auch anspruchsvollere Spieler zufriedenstellen wird.

Passend dazu sprechen die PCI-Express-Leitungen nun PCIe 5.0. Ansonsten ist deren Nutzen gering: Rasante PCIe-5.0-SSDs fressen viel Strom, weshalb man sie in Notebooks eigentlich nicht haben will. Und nach außen bleibt alles beim Alten: Es gibt wie gehabt Thunderbolt 4 / USB4 mit maximal 40 Gbit/s und WiFi 7. Auf letzteres müssen MacBook-Nutzer noch verzichten, während stärkere Ausstattungsvarianten schon jetzt Thunderbolt 5 beherrschen. Für Intel-Notebooks geht das weiterhin nur mit teurem Zusatzcontroller; im Prestige 16 hat MSI ihn nicht eingebaut.

Langläufer

MSIs Ingenieure haben sich für ein energieeffizientes IPS-Panel und einen dicken 100-Wh-Akku entschieden. In unseren Messungen kam das Notebook so auf Akkulaufzeiten von bis zu 25 Stunden (ruhender Desktop, 100 cd/m²). In dieser Hinsicht kommt Arrow Lake nicht ganz an Lunar Lake oder Qualcomms Snapdragon X heran. Doch bei allen AMD-Notebooks, die wir bislang im c't-Labor hatten, war noch früher Schluss. Ebenfalls nicht selbstverständlich: Der Lüfter wird auch bei anhaltender Last nicht übermäßig laut (maximal 1,7 sone).

Wenig gut haben uns die stark spiegelnde Bildschirmoberfläche und das deutlich von Standard abweichende Tas-

taturlayout gefallen. Es ist allerdings fraglich, ob man hierzulande überhaupt abwägen muss: Wir haben ein US-Vorseriengerät getestet. Bei Redaktionsschluss war das Modell weder bei Händlern noch bei MSI selbst gelistet; eine Rückfrage an den Hersteller zu Preis und hiesiger Verfügbarkeit blieb unbeantwortet. Vielleicht taucht das Notebook in den kommenden Wochen doch noch auf – so ab März, sofern MSI in einem Zuge auch das eng verwandte Schwestermodell Prestige 16 AI Studio mit frischer GeForce-GPU aktualisiert. Geht man vom direkten Vorgänger aus, erscheint ein Preis um die 2000-Euro-Marke herum nicht unrealistisch.

Fazit

Intels Arrow Lake-H liefert eine konkurrenzfähige Akkulaufzeit und zieht bei CPU-Performance mit den dicken Zwölfkernern von AMD und Qualcomm gleich. Letztere sind allerdings schon ein halbes Jahr auf dem Markt und taugen zusätzlich mit ihren starken NPUs für alles, was Microsoft bislang hinsichtlich Copilot+ angekündigt hat. Intel bleibt da nur das Schielen auf den Nachfolger: Panther Lake soll das Beste von Lunar Lake (NPU) und Arrow Lake (viele CPU-Kerne) wieder in einem Produkt vereinen, das auf den hochmodernen Fertigungsprozess 18A setzt.

Bis dahin müssen Durchhalteparolen genügen, denn auch wenn alles außer der NPU überzeugt, bekommen Notebookhersteller mangels Copilot+-Etikett nicht die damit verbundenen Marketingzuschüsse von Microsoft. Intel kann für die CPUs also nur wenig Geld verlangen, obwohl sie vergleichsweise teuer extern gefertigt werden – und finanziell steht Intel längst nicht mehr rosig dar. Bis Jahresende sieht das Spielfeld zudem anders aus: Weil mit Mediatek/Nvidia noch mehr Konkurrenz ins Haus steht, dürfte Qualcomm mit der zweiten Snapdragon-X-Generation kontern und Apple womöglich noch den M5 aus dem Hut zaubern.

Trotzdem wird man zumindest 2025 noch viele Notebooks mit Core Ultra 200H finden: Nvidias GeForce RTX 50 stößt einen lange geplanten Erneuerungszyklus bei Gaming-Notebooks an, der Core Ultra 200H agiert abseits der NPU auf Augenhöhe. Auch kann weiterhin kein anderer CPU-Lieferant die hohen Stückzahlen liefern, die Intel bislang in den Markt drückt. (mue@ct.de) **ct**

Blitzartiger Netzspeicher

All-Flash-NAS Terramaster F8 SSD Plus im Test

All-Flash-NAS werden zum Massenprodukt: Terramaster hat zwei Modelle im Buchformat herausgebracht. Wir haben das besser ausgestattete F8 SSD Plus getestet.

Von Ernst Ahlers

Hochkapazitive Festplatten, die Daten auf drehenden Scheiben lagern, sind und bleiben pro Terabyte Speicherplatz viel billiger als SSDs. Aber sie fressen Strom, sind laut und verglichen mit den inzwischen in PCs allgegenwärtigen Flash-Speichern geradezu krötenlahm.

Kein Wunder, dass NAS-Hersteller größeren Unternehmen schon vor längerer Zeit All-Flash-Netzwerkspeicher an-

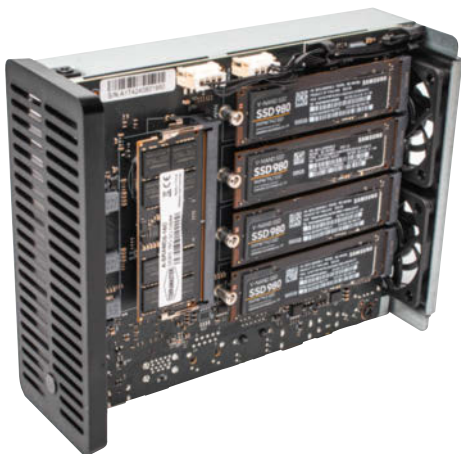
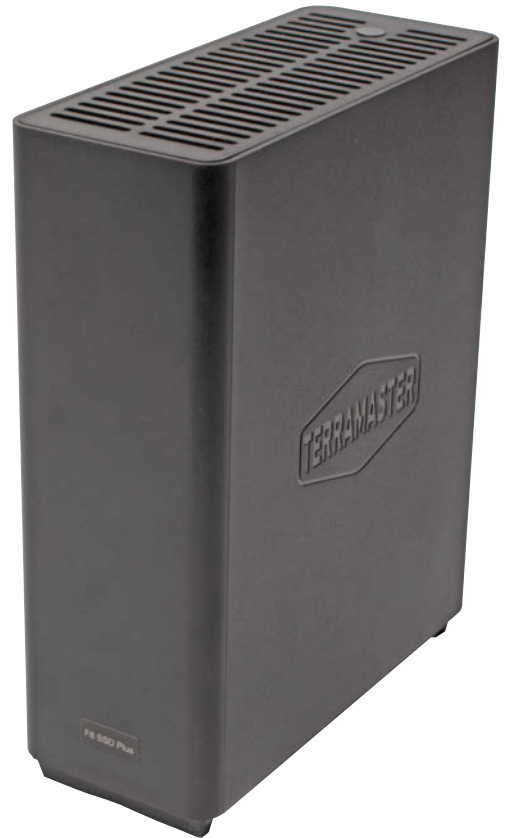
dienten, wenn es auf schnellen Zugriff ankam. Wenn der statt einer maximalen Speicherkapazität im Vordergrund steht, wird diese NAS-Klasse auch für kleinere Firmen und Selbstständige interessant.

Der chinesische Hersteller Terramaster hat jüngst zwei Modelle mit 10-Gigabit-Ethernet und Platz für acht M.2-SSDs auf den Markt geworfen: Das „F8 SSD“ hat vier x86-CPU-Kerne und 8 GByte RAM, das „F8 SSD Plus“ jeweils das Doppelte. Letzteres ist damit für Virtualisierung oder Containerbetrieb interessanter, weswegen wir es zum Test gebeten haben.

Das Bestücken der Massenspeicher geht leicht: Eine ohne Werkzeug lösbare Sicherungsschraube hält die Hardware-schublade im Gehäuse. Auf einer Platine-seite sitzt der x86-Achtkerner Intel Core i3-N305 unter einem Kühlkörper und flankiert von vier M.2-Fassungen, die andere Seite birgt vier weitere M.2-Slots und den RAM-Steckplatz.

Terramaster liefert Kühlkörper, Kühlpads und Montagegummis für die SSDs mit. Die braucht man allenfalls, wenn das NAS sehr warm steht. Die M.2-SSDs sind mit nur einer PCIe-Lane angebunden und können deswegen mit höchstens 1 GByte/s beschrieben werden; das entspricht bei modernen SSDs einem Viertel oder Achtel ihres Maximums. So sollten die Speicherstreifen bei langen Schreibvorgängen selbst im Hochsommer nicht ins Schwitzen kommen. Bei Konstellationen ab RAID 5, die die Daten auf mehrere Massenspeicher verteilen, reduziert sich die Schreiblast pro SSD mit jedem hinzukommenden Exemplar weiter.

Zwei dauerlaufende, drehzahlregelte Lüfter im Boden garantieren ausreichende Kühlung. Im Leerlauf (Idle) war ihr Geräusch mit unserem Messsystem nicht erfassbar (< 0,1 Sone), bei anhalten-



Der RAM-Riegel im F8 SSD Plus speichert 16 GByte. Im Test funktionierte auch ein Modul mit 32 GByte.

der CPU-Last kletterte es nach 15 Minuten auf immer noch sehr leise 0,4 Sone.

Im einzigen RAM-Slot sitzt ein DDR5-SODIMM mit 16 GByte, laut CPU-Hersteller Intel das Maximum für diesen Prozessor; Terramaster spezifiziert hingegen das Doppelte. Mit einem probeweise eingesetzten, beidseitig mit RAM-Chips bestückten 32-GByte-Modul von Crucial nahm sich das NAS für den ersten Start viel Zeit. Danach kam es aber so zügig wie vorher hoch und lief im Kurztest einwandfrei.

Einrichten

Beim Aufruf der NAS-Adresse im Browser läuft ein Einrichtungsassistent automatisch an. Er holt die aktuelle Version des Betriebssystems TOS, fordert das Abnicken einer mit rund 5300 Zeichen überschaubaren „Benutzerlizenzvereinbarung“, leitet zum Anlegen eines sicheren Admin-Zugangs an und richtet den Speicher ein.

Wer nicht Terramasters Vorgabe von TRAIID als Massenspeicherkonstellation und BTRFS als Dateisystem akzeptieren will, muss anfangs mit Esc-Tastendruck oder Mausklick widersprechen. TRAIID

nutzt Logical Volumes (LVM), um unterschiedlich große Massenspeicher mit möglichst wenig Verschnitt redundant zu koppeln. Bei unseren identischen SSDs wählten wir RAID 5, folgten aber dem BTRFS-Vorschlag.

Das Senden einer Testmail an die „Sicherheits-E-Mail“ über den vorgegebenen „lokalen“ Terramaster-Mailserver scheiterte; wir trugen die SMTP-Konfiguration für einen web.de-Zugang im Menü ein.

Leider lässt Terramaster nach wie vor das unsichere SMB1-Protokoll für Windows-Freigaben aktiviert, was wir schon bei früheren NAS-Tests monierten. Stellen Sie unter „Dateidienst/SMB“ die „Minimale Version“ besser auf „SMB2“ um.

Speicherleistung

Beim Schreiben und Lesen unterschiedlicher Dateisätze mit dem c't-NAS-Benchmark auf eine unverschlüsselte Freigabe kam das F8 SSD Plus auf ähnliche Werte wie andere moderne 10GE-NAS [1] mit Festplatten. Seinen schnellen LAN-Port kann es beim Lesen großer Dateien ausreizen und lieferte sie im Test mit fast 1100 MByte/s Datenrate aus, beim Schreiben nahm es 410 MByte/s entgegen.

Während die Leserate bei einer verschlüsselten Freigabe gleich blieb, sackte die Schreibrate leicht auf rund 330 MByte/s ab. Das ist ein kleiner Preis für sicher bleibende Daten, falls das Gerät ge-

stohlen wird. Jedoch sollten die Nutzerkonten mit sicheren Passwörtern geschützt sein, denn TOS bindet verschlüsselte Freigaben beim Neustart ohne Nachfrage automatisch ein.

Die I/O-Leistung bei datenbankähnlichen Zugriffen lag mit rund 2300 IOPS zwar ein gutes Stück höher als bei Geräten mit Festplatten-Arrays (typisch einige Hundert IOPS). Bestückt mit einem SSD-Puffer drehten manche 10-GE-NAS aber sogar auf 17.000 bis 40.000 IOPS hoch.

Mit rund 14 Watt Leistungsaufnahme bei vier bestückten M.2-SSDs zeigte sich das NAS im Leerlauf sehr sparsam. Bei Zugriffen kann sich der Energiebedarf kurzzeitig verdoppeln. Weil das aber übers Jahr vergleichsweise selten auftritt, treibt es die Stromrechnung nicht über Gebühr hoch.

Fremdware

Wie bei Terramaster üblich läuft beim nicht eingerichteten NAS von einem internen USB-Stick ein Bootloader an. Der holt das aktuelle NAS-Betriebssystem übers Internet und installiert es auf die SSDs. Dank HDMI-Bildschirmanschluss und USB-Ports für Maus und Tastatur kommt man mit Esc oder Entf beim Start ins UEFI-BIOS-Setup. Nach Setzen von „TOS Boot First“ auf „Disabled“ bootet das Gerät auch von externen Medien.

Unsere ersten Versuche, fremde Betriebssysteme zu installieren, scheiterten. Entweder erkannte das BIOS den USB-Stick nicht, der Kernel blieb beim Booten hängen oder der Installer war unbedienbar, weil das System die Tastatur nicht fand.

Erfahrungsberichte von F8-Besitzern (siehe ct.de/ygwz) wiesen den Weg: Nachdem wir im BIOS-Setup beim Chipsatz die North-Bridge-Option „VT-d“ abgeschaltet hatten, klappte die Installation von TrueNAS Scale 24.10.2, Proxmox VE 8.3, Openmediavault 7.4 und Xubuntu 24.10; manchmal ist auch Secure Boot zu deaktivieren. Solange VT-d ausgeschaltet blieb, liefen die Systeme problemlos. Da VT-d allein das Durchreichen von PCI-Peripherie bei der Virtualisierung beschleunigt, ist das keine nennenswerte Einschränkung.

Fazit

Sehr leise, sauschnell und energetisch sparsam, aber teuer: Wer das Budget hat und häufig große Dateien aufs NAS schiebt oder davon lädt, bekommt mit dem F8 SSD Plus einen guten Gegenwert. Traut man

dem Original nicht, kommt ein eigenes NAS-Betriebssystem drauf. So wandelt sich das Flash-NAS auf Wunsch auch zum Virtualisierungs- oder Container-Host.

(ea@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Ernst Ahlers, Rasante NASen, Vier Netzwerkspeicher mit 10-Gigabit-Ethernet im Vergleich, c't 22/2024, S. 102

Andere Betriebssysteme auf F8-NAS:
ct.de/ygwz



Mit Tastatur und Maus an den USB-Buchsen sowie einem Bildschirm am HDMI-Port ließen sich nach ein paar BIOS-Setup-Korrekturen andere Betriebssysteme auf dem F8 SSD Plus installieren.





Terramaster F8 SSD Plus

x86-NAS für bis zu 8 M.2-SSDs	
Hersteller, URL	Terramaster, www.terra-master.com/de
Bedienelemente	Ein, Reset, 3 Statusleuchten (Ein, 2 an RJ45)
Anschlüsse	1 × RJ45 (10-Gigabit-Ethernet), 2 × USB-A (10 Gbit/s), 1 × USB-C (10 Gbit/s), HDMI 2.0b
CPU / RAM	Intel Core i3-N305 (8 E-Kerne, max. 3,8 GHz) / 16 GByte DDR5 SO-DIMM (max. 32 GByte)
getestete Firmware	TOS 6.0.610
SMB-Durchsatz (W / R) mit	4 × Samsung 980 500 GByte (RAID5, BTRFS)
kleine Dateien (256 KByte)	36 / 32 MByte/s
mittlere Dateien (2 MByte)	310 / 147 MByte/s
große Dateien (400 MByte)	410 / 1088 MByte/s
Geräuschentwicklung (Idle / Last)	< 0,1 ¹ / 0,4 Sone
Leistungsaufnahme (Idle / Last)	14,4 / 28,1 W
I/O-Leistung ²	2300 IOPS
jährliche Stromkosten ³	38 €
Preis (ohne SSDs)	840 €

¹ unter Messgrenze ² Intel DiskSpd 2.1 (96-GByte-Datei, 80/20 % Lesen/Schreiben, 10. Lauf) ³ idle, bei Dauerbetrieb, 30 ct/kWh, gerundet

Endlich gute Fotos!



-  Kamera verstehen und beherrschen
-  Objektive gekonnt einsetzen
-  Aufnahmen perfekt belichten
-  Tipps für optimale Fotos von 6 Profifotografen



JETZT LOSLEGEN!

 shop.heise.de/ct-fotoeinsteiger25

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

 heise shop



Klein, groß und etwas SMART

Die MicroSD-Karte T-Create Expert SMART von Teamgroup fasst bis zu 2 TByte. Außerdem verrät die Karte per Software ihren Gesundheitszustand.

2 TByte Speicher in einer winzigen MicroSD-Karte sind zwar immer noch erstaunlich, aber mittlerweile haben mehrere Hersteller solche Speicherkarten im Programm. Eine Version mit 4 TByte ist zwar bereits angekündigt, bis zum Marktstart dürfte nach unserer Einschätzung jedoch einige Zeit vergehen.

Das taiwanische Unternehmen Teamgroup hat bei der T-Create Expert SMART nun ein weiteres Feature in seine maximal 2 TByte fassende Speicherkarte eingebaut, wie bereits der Name verrät: Die Karte gibt über den SMART-Standard Informationen über ihren Gesundheitszustand heraus. SMART steht für Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology, über eine SMART-Anfrage sollten auch herstellerunabhängige Tools wie Crystal Diskinfo, die Smartmontools oder der Hard Disk Sentinel Infos von SSDs, Festplatten oder Speicherkarten erhalten können.

Die Teamgroup-Speicherkarte aber reagiert nicht auf die Anfragen von Standardtools. An den SMART-Standard hält sie sich also nicht.

Teamgroup bietet speziell für diese Speicherkarte eine Software zum Download an. Der Informationsgehalt des Programms liegt aber weit unter dem, was andere SMART-Tools bieten. Weder zeigt es die Anzahl der Lesefehler oder der defekten Blöcke noch die Anzahl aller jemals geschriebenen Bytes oder der Einschalt-

zyklen. Auch die Controller-Temperatur fehlt; allerdings haben MicroSD-Karten üblicherweise auch keinen Temperatursensor. Teamgroups SMART-Tool zeigt bei unserer Karte lediglich einen Wert von 99 Prozent und schreibt, dass wir uns keine Sorgen machen sollen.

Wenig zu meckern haben wir hingegen bei der Geschwindigkeit der Karte: Dank DDR208-Protokoll stehen mehr als 170 MByte/s beim Lesen 160 MByte/s beim Schreiben gegenüber, dazu benötigt die Karte jedoch einen kompatiblen Kartenleser. Wir haben die Werte mit dem Teamgroup-Reader „Ultra“ ermittelt, doch auch mit einem AGI-Reader kamen wir auf die gleichen Werte.

Bei Zugriffen auf zufällige Adressen erreichte die MicroSD-Karte am PC übliche 2500 beziehungsweise 1400 IOPS. Im Raspi 5 kamen wir auf 3355 beziehungsweise 1800 IOPS – der Raspi ist eins der wenigen Geräte, dessen Hardware den A2-Standard der SD Association unterstützt und damit schnellere App-Starts erlaubt. Die A2-Spezifikationen – 4000 respektive 2000 IOPS – schaffte die Karte jedoch nicht.

Das Beschreiben der gesamten Karte mit H2testw absolvierte die Karte mit ordentlichen 45 MByte/s, beim Überprüfen der Daten aber meckerte unser Test einmalig eine defekte Datei an. Die Eignung als Startlaufwerk konnten wir nicht ermitteln, weil der PCMark-10-Test wiederholt mit einer Fehlermeldung abbrach. Den im SMART-Standard vorgesehenen Selbsttest zur Überprüfung der Karte konnten wir nicht laufen lassen – die Karte reagiert darauf nicht, siehe oben. Vielleicht braucht die Firmware der Karte noch etwas Pflege. Diese Zeit hat Teamgroup jedoch, da die T-Create Expert SMART bei Redaktionsschluss in Deutschland noch nicht verfügbar war. (ll@ct.de)

Teamgroup T-Create Expert SMART

MicroSD-Karte mit 2 TByte	
Hersteller, URL	Teamgroup, www.teamgroupinc.com
weitere Kapazitäten	128, 256, 512 GByte, 1 TByte
Systemanf.	MicroSD-Slot
Preis	k.A.



Präzisions-Joystick für Lefties

Der MoveMaster RSG, ein Eingabegerät für hochgenaue Bewegungssteuerung aus dem Handgelenk, ist jetzt auch für Linkshänder zu haben.

Spieleaffine Linkshänder ärgern sich häufig über nur per WASD-Tasten steuerbare PC-Spiele. Für die hat der deutsche Entwickler Tom Bredinin seinen Spezial-Joystick MoveMaster RSG nun an die rechte Hand angepasst, Lefties haben damit ihre Haupthand für die Maus frei. Der 780 Gramm schwere MoveMaster gleicht der Rechtshänder-Version (siehe c't 9/2024, S. 88), doch liegen die Daumentasten links und die Griffmulde des Steuergriffs ist ergonomisch an die rechte Hand angepasst. Mit ihm kontrolliert man die Bewegungen seiner Spielfigur ganz intuitiv aus dem Handgelenk.

Das USB-Eingabegerät, das vom Computer als Spezialtastatur erkannt wird, fühlt sich sehr robust und wertig an. Die Unterseite besteht aus einer massiven Stahlplatte und vier sehr rutschfesten Gummifüßen. Unter dem Griff liegen vier Kurzhubtasten, die üblicherweise mit W, A, S und D belegt sind, via Software aber frei konfiguriert werden können. Um nach vorn, hinten oder zur Seite zu laufen, reichen kleine Bewegungen um einen guten Millimeter aus. Da der Handballen auf dem Steuergriff liegt, bleiben alle Finger für je zwei Tasten frei. Die oberen Tasten sind seitlich im Griff integriert, die unteren sitzen einzeln auf in der Höhe verstellbaren Auslegern, die breitere Daumentaste kann man zudem schrägstellen. Auch der schubhebelartige Steuergriff ist höhenverstellbar.

Rechts hat der MoveMaster RSG einen USB-Hub mit zwei Ports, an den sich die Maus oder ein Headset anschließen

lassen. Das stoffummantelte USB-Kabel ist fest mit dem Steuergerät verbunden.

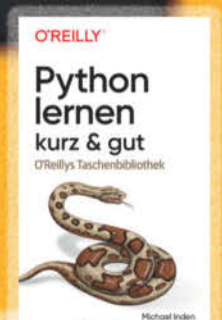
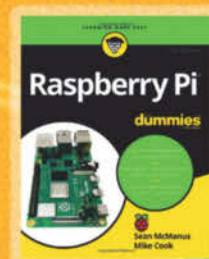
Die MoveMaster-Konfigurationssoftware gibt es für Windows, macOS und Linux. Sie zeigt jede Taste auf einem Aufsichtsbild des Geräts. Per Maus und einem Pull-Down-Menü (für Sondertasten) oder Druck auf die entsprechende Taste der normalen Tastatur ändert man die Belegung. Ein Klick auf die Schaltfläche schreibt die Konfiguration in den Speicher des MoveMaster. So braucht die Software nicht im Hintergrund zu laufen und der MoveMaster funktioniert auch an Konsolen. Die Profile lassen sich unter dem Namen des jeweiligen Spiels abspeichern, schnell laden und wechseln. Wem zwei Funktionen pro Finger nicht ausreichen, der kann für jede Taste zusätzlich eine per Doppelklick auslösbare Funktion hinzufügen.

Verglichen mit dem ersten MoveMaster (c't 26/2022, S. 102) fühlt sich der MoveMaster RSG straffer und noch exakter an. Die Fingertasten sind ab Werk mit Cherry-MX-Silent-Switches bestückt, die sich ohne Löten nach Geschmack gegen andere Modelle tauschen lassen. Uns gefielen die sehr leisen Tasten. Das Lernen der Fingertasten erfordert einige Stunden Eingewöhnung, das wunderbar intuitive Steuern aus dem Handgelenk nicht. Nachdem man eine bequeme Lage gefunden hat, wobei der Unterarm auf dem Tisch aufliegen sollte, will man den MoveMaster RSG bald nicht mehr missen. (rop@ct.de)

MoveMaster RSG Linkshänder-Version

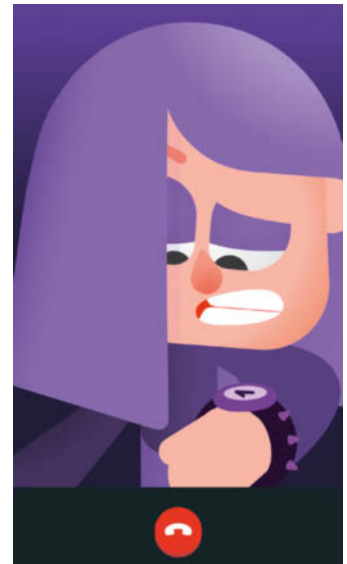
Steuergerät und Einhandtastatur für Gamer	
Hersteller, URL	MoveMaster, movemaster.tech
Lieferumfang	zwei Inbus-Schraubendreher, zwei Distanzscheiben für den Griff, Anleitung
Systemanf.	USB-A-Port, MoveMaster-Software: Linux, macOS, Windows ab 7
Preis	189 €

E-Books im heise shop



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.



Akzentfrei Englisch sprechen

Die Aussprachetrainer-App BoldVoice kombiniert Elemente eines Sprech-Coachings mit KI und hilft dem Nutzer, den Akzent beim Englischsprechen loszuwerden.

Anhand der Nutzerangaben wie Muttersprache und ersten Sprechproben erstellt die App BoldVoice einen individuellen Lehrplan, der die Problemfelder gezielt adressiert. Jedes Kapitel des Lehrplans behandelt ein identifiziertes Problemfeld und beginnt mit einer kurzen Videoanleitung, in der ein Sprechtrainer auf die Tücken der Aussprache eingeht. Anschauliche Darstellungen des Sprechapparats helfen einem dabei, die Laute nachzuahmen.

In dem darauffolgenden interaktiven Teil des Kapitels liest der Nutzer Übungswörter oder -sätze vor. Die KI analysiert die Aufnahmen, bewertet die Klangrichtigkeit in Prozentpunkten und markiert einzelne Laute in phonetischer Schreibweise je nach Richtigkeit in Grün, Gelb, Orange oder Rot. Referenzaufnahmen eines Muttersprachlers helfen, die Laute wirklich zu treffen. Den Lehrplan kann man nach erneuten Aussprachetests anpassen.

Jenseits der Kernfunktionen bietet BoldVoice weitere nützliche Inhalte, darunter eine separate Klangbibliothek mit Video- und Übungsmaterial. Ebenfalls kann der Nutzer einen selbst verfassten Text vorlesen, die App wertet dann die Aufnahme aus – so kann man etwa für einen Vortrag üben.

Spannend ist die Möglichkeit, mit einem KI-Chatbot frei zu sprechen und die Aussprache im Anschluss analysieren zu lassen. Das ist wesentlich näher am Alltag als das Vorlesen von Texten. Leider gibt es diese Funktion nur im Rahmen des Super-Jahresabos, welches satte 180 Euro kostet. Beim Standard-Abo fehlt der Chatbot, dafür kann man es wahlweise auf Monatsbasis für 28 Euro oder auf Jahresbasis für 140 Euro abschließen.

Die kostenlose Probeweche ist erst nach der Registrierung und Eingabe der Bezahldaten nutzbar. Belässt man es bei der Probeweche, muss man das Abo laut den App-Entwicklern mindestens 24 Stunden vor Ablauf kündigen, da es sich sonst kostenpflichtig verlängert.

Die einzelnen Lernwerkzeuge der App sind nicht einzigartig, ihre durchdachte Umsetzung und ihr Zusammenspiel machen BoldVoice dennoch zu einem effektiven Begleiter auf dem Weg zum akzentfreien Sprechen. Dadurch kann die App mit einem privaten Coaching mithalten, was den hohen Abopreis relativiert. Wer es wirklich ernst meint, kommt aber nicht darum herum, über einen längeren Zeitraum regelmäßig zu üben. Dank BoldVoice ist der Fortschritt jedoch spürbar, sodass sich die investierte Zeit nicht verschwendet anfühlt. (geb@ct.de)

BoldVoice

Aussprachetrainer für Englisch	
Hersteller, URL	BoldVoice, boldvoice.com
Systemanforderungen	Android ab 6.0, iOS ab 13.4, iPadOS ab 13.4, macOS ab 11.0 (nur Macs mit M1-Chip oder neuer), visionOS ab 1.0
Preis	Standard-Abo: 139,99 € pro Jahr, 27,99 € pro Monat; Super-Abo: 179,99 € pro Jahr

Zeit für neue Schüler

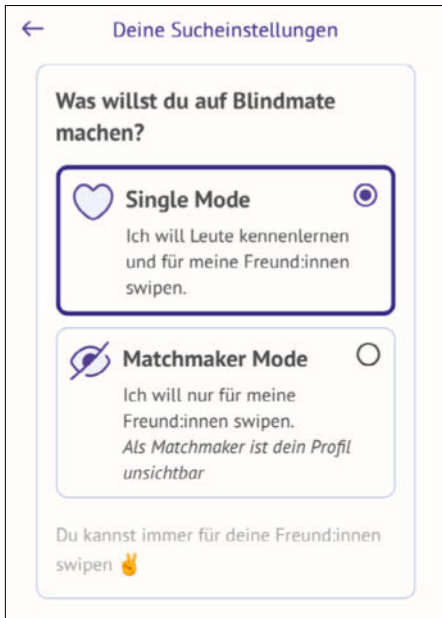
Duolingo ermöglicht Sprachschülern Videocalls mit der animierten Comicfigur Lilli nun auch unter Android. Die KI-Funktion bleibt bislang aber hinter der iOS-Version zurück.

Unter iOS lassen sich seit September 2024 über die Duolingo-App Gespräche mit der animierten Comicfigur Lilli führen, um das freie Sprechen in einer Fremdsprache zu trainieren (siehe Test in c't 23/2024, S. 84). Nun steht die für ihren Sarkasmus bekannte Lilli auch auf Android-Geräten für Videocalls zur Verfügung – wobei ein Duolingo-Max-Abo wiederum Voraussetzung ist.

Leider startet die Android-Fassung mit weniger verfügbaren Sprachen (siehe Tabelle unten) und ohne die sinnvolle Transkription nach Beendigung des Dialogs. Der iOS-Fassung hat Duolingo bereits neue Features spendiert, darunter eine lebendigere Animation (siehe Bild oben). Zudem ruft Lilli dort nun selbst an, wenn man die KI-Funktion länger nicht nutzt. Duolingo verspricht, diese Features für Android nachzuliefern; die Grundlage fürs Sprechtraining wurde aber erst einmal geschaffen. (nij@ct.de)

Duolingo Max

Sprachlern-App mit KI-Sprechtrainer	
Hersteller, URL	Duolingo, duolingo.com
Zielsprachen mit KI-Unterstützung	unter Android: Englisch, Französisch, Italienisch, Spanisch, Deutsch, Portugiesisch; unter iOS zusätzlich: Japanisch, Koreanisch
Systemanforderungen	Android ab 10, iOS ab 15, iPadOS ab 15, visionOS ab 1, Internetverbindung
Preis	29,99 € / Monat (monatlich kündbar), 179,99 € (Jahresabo) oder 239 € (Familienabo für bis zu 6 Konten)



Swipen für Freunde

Bei Blindmate gibt man die Onlinepartnersuche in die Hände von Freunden, inklusive der Entscheidung darüber, wie viel man bereit ist, in einer Dating-App über sich selbst zu verraten.

Niemand kennt dich besser als deine Freunde – so werben die Macher von Blindmate um Nutzer. Freunde sollen mit der App die Profilausgestaltung und das Ausschauen potenzieller Dates für ihre Singlefreunde übernehmen. Nachdem man die App heruntergeladen hat und sich per Apple, Google oder Telefonnummer plus Bestätigungscode angemeldet hat, versendet man vier Einladungslinks an Freunde. Erst dann kann man Profilbilder hochladen, sein Alter und Geschlecht angeben und die Alterspanne und Geschlecht des infrage kommenden Personenkreises festlegen. Die App fragt außerdem nach einer Standortfreigabe. Auf Wunsch kann man den Standort auch manuell eintragen. Wer will, kann noch seinen Beruf und seine Ausbildung eintragen.

Dann heißt es warten, bis die Freunde sich die App ebenfalls installiert haben. Diese können als sogenannte Matchmaker oder ebenfalls als Single auftreten. Den Matchmakern fällt die Aufgabe zu, nach dem von etablierten Dating-Apps bekannten Prinzip (siehe c't 24/2024, S. 104) zu swipen, um potenzielle Dates für ihre Freunde klarzumachen.

Vorher müssen die Matchmaker mindestens zehn Fragen über den Singlefreund

beantworten. Etwa wie der Single reagieren würde, wenn der Partner betrügt, welche Art Gast er oder sie auf einer Party wäre oder Fragen über seine Konsumgewohnheiten. Auch auf Themen wie Freizeitgestaltung und Pflichtbewusstsein geht Blindmate ein. Antworten kann man je nach Art der Frage per Freitextfeld, Multiple Choice oder Schieberegler. Anhand der Antworten errechnet die App Charaktereigenschaften, die als Adjektive im Profil des Singles für andere Matchmaker sichtbar werden.

Haben die Matchmaker genug Fragen beantwortet, können sie die Profile anderer Singles ansehen und liken. Vergeben die Matchmaker ein Like, wird dieser Single den Freunden der betreffenden Person angezeigt. Sie können dann ihrerseits ein Like vergeben. Bei beidseitigem Gefallen haben die Singles ein Match und können miteinander chatten.

Ihre Profile sind für beide allerdings immer noch verdeckt, je mehr sie miteinander chatten, desto mehr bekommen sie zu sehen.

Haben die Matchmaker eine Weile gewippt, stellt die App weitere Fragen, um das Profil zu verfeinern. Auch als Single hat man die Option, Fragen über seine Matchmaker zu beantworten.

Über ein Dashboard kann man die Aktivitäten der Freunde im Blick behalten und Profilangaben bei Bedarf korrigieren.

Dass Blindmate zur Partnersuche besser funktioniert als andere Dating-Apps, scheint nach einer kurzen Testperiode zweifelhaft. Die App bietet schon in einer mittelgroßen Großstadt vergleichsweise wenige Profile, auf dem Land dürfte die Verbreitung noch schlechter sein.

Betrieben wird Blindmate von einem Start-up aus Deutschland, das nach eigenen Angaben großen Wert auf Datenschutz legt. Ein Blick in die Datenschutzerklärung lohnt sich dennoch: Demnach werden während der ersten sieben Tage Daten an Firmen wie Meta, Alphabet oder Bytedance weitergegeben. Blindmate ist in der kostenlosen Basisversion gut nutzbar, zusätzlich gibt es verschiedene Premiumpakete für Einzelpersonen und Freundeskreise. (kst@ct.de)

Blindmate

Dating-App	
Hersteller, URL	Blindmate GmbH, blindmate.de
Systemanf.	Android 5.1+, iOS 13+
Preis	kostenlos, In-App-Käufe ab 7,99 € bis 111,11 € möglich

Es gibt **10** Arten von Menschen.

iX-Leser und die anderen.



Jetzt Mini-Abo testen:

3 Hefte + Bluetooth-Tastatur
nur 19,35 €

www.iX.de/testen



www.iX.de/testen



leserservice@heise.de



0511 / 647 22 888

Make + Oxocard

Einfach einsteigen
in Elektronik
und Programmierung



+



Gleich
loslegen!

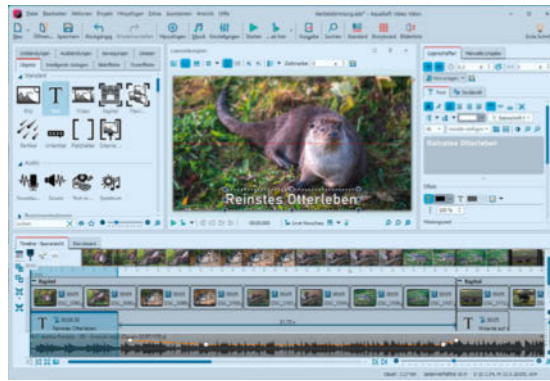
- 🌀 In NanoPy programmieren
- 🌀 Stromkreise verstehen
- 🌀 Sensoren auswerten
- 🌀 Servo-Motor ansteuern
- 🌀 Projekte: Blinker, Lichtdimmer, Alarmanlage u.v.m.

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.





Animierte Bilder

AquaSoft Video Vision 2025 bringt Bewegung in die Diashow. Dazu dienen Übergangseffekte, Grafiken und Texttitel sowie nicht zuletzt Werkzeuge zum Einbinden von Videos.

Die erste Version von Video Vision veröffentlichte das Potsdamer Unternehmen AquaSoft vor einem Vierteljahrhundert unter dem Namen DiaShow. Seither hat sich eine Fülle von Funktionen angesammelt, um Fotos und nun auch Videos ansprechend zu präsentieren. Im Mittelpunkt steht eine mehrspurige Zeitleiste, in der sich Elemente in Kapiteln gruppieren lassen. Eine stabile, hardwarebeschleunigte Engine gewährleistet flüssige Wiedergabe.

Auf den ersten Blick überwältigt Video Vision mit Schaltflächen, Karteireitern und Menüs. Nach Anlegen eines Projekts kann man einfach Fotos und Videos auf die Zeitleiste ziehen. Eleganter geht es so: Im Feld „Objekte“ links neben der Vorschau wählt man Platzhalter für Kapitel, Fotos, Videos oder Texttitel aus und zieht sie in die Zeitleiste. Anschließend füllt man diese mit Inhalten. Das Programm importiert alle erdenklichen Foto- und Videoformate, selbst Raw-Dateien. Für hochauflösende Videos erstellt es gering aufgelöste Stellvertreter, sodass es auch auf PCs mit 8 GByte Arbeitsspeicher noch flüssig läuft.

Auf der rechten Seite stellt man unter anderem die Verweildauer und die Ausrichtung für Fotos ein sowie, ob diese beschnitten und den Bildschirm ausfüllend oder mit schwarzem Rand angezeigt werden. Kontextabhängig steuert man hier Texttitel und Hintergrundmusik sowie Transparenz. Das Programm unterstützt auch einfachen Videoschnitt.

Für Übergangseffekte, Collagen, Texttitel und Partikelanimation hat Video

Vision eine Fülle an Vorlagen im Angebot, die sich durch kostenpflichtige Pakete beispielsweise für Kochen, Hochzeit, Baby oder Winterurlaub thematisch erweitern lassen. Ein Highlight ist die Animation von Reiserouten, die beim Konkurrenten Magix ruckelig daherkommt, hier über animierte Pfade aber sauber läuft.

Die Länge der Hintergrundmusik passt das Programm an die Länge der Show an. Die Lautstärke lässt sich über ein Gummibandwerkzeug in der Spur steuern. Weiterführende Audiotbearbeitung, beispielsweise um Hintergrundgeräusche zu unterdrücken oder gesprochene Sprache hervorzuheben wie in einem professionellen Schnittprogramm, bietet die Software nicht.

Videos exportiert das Programm bis zu 4K-Auflösung in verschiedenen Dateiformaten unter anderem in den Kompressionsverfahren H.265 und AV1. Letzteres wurde von der Alliance for Open Media entwickelt und konkurriert mit HEVC/H.265 der Moving Picture Experts Group. Es exportiert aber auch für Blu-ray Disc und Video-DVD sowie als ausführbare Datei mit Player.

Neben Video Vision für rund 100 Euro bietet AquaSoft zwei Varianten an. Das günstigere Photo Vision für 60 Euro verzichtet auf Live-Effekte wie dynamische Masken und Weichzeichner sowie hardwarebeschleunigten Videoexport. Stages für 250 Euro wendet sich an Foto- und Videografen, die ihr Material auf der Bühne präsentieren. Es kommt mit Chroma-Key-Effekt, Keyframe-Animation und Unterstützung für mehrere Monitore.

Video Vision verlangt einiges an Einarbeitung, denn von selbst erklärt sich das Bedienkonzept nicht. AquaSoft liefert aber ein stabiles Programm mit flotter Ansicht und breitem Funktionsangebot, mit dem Fotografen und Filmer ihr Material präsentieren können. (akr@ct.de)

AquaSoft Video Vision 2025 (16.1)

Foto- und Videoshow-Software	
Hersteller, URL	AquaSoft, aquasoft.de
Systemanf.	Windows ab 10 (64 Bit)
Preis	99,90 €



Zauberwürfel, aber oho!

Der Erfinder des Zauberwürfels geht mit der Zeit und stellt mit dem Rubik's Connected X einen Würfel vor, der mit Elektronik vollgestopft ist. Eine App liefert dazu noch Spiele, Statistiken und eine Lernplattform.

Der Rubik's Connected X sieht aus wie ein gewöhnlicher Zauberwürfel, bei näherer Betrachtung fallen jedoch Schrauben für den Batteriedeckel und eine rote Status-LED auf. Der knapp 50 Euro teure Smart Cube (Straßenpreis etwa 35 Euro) richtet sich an Anfänger. Auf Speedcube-Features wie Magneten in den Eck- und Kantenteilen für stabiles und schnelles Drehen der Ebenen muss man verzichten. So dreht sich der Würfel fürs einfache Lösen zwar gut genug, doch beim schnelleren Drehen können sich die Ebenen verkanten.

Die kostenfreie App Rubik's Connected gibt es sowohl in Apples App Store als auch im Google Play Store (siehe ct.de/yq8k). Beim Verbinden der App via Bluetooth muss man zuerst den passenden Würfel auswählen, also den Rubik's Connected X und nicht das andere Produkt Rubik's Connected Pro. Nachdem man einen Account angelegt hat, kann man mit der App loslegen.

Sollte der virtuelle Zustand des Würfels in der App nicht mit dem Zustand des realen Würfels übereinstimmen, synchronisiert man sie, indem man jedes Feld des virtuellen Würfels nach dem Realzustand einfärbt. Sollten sich später die Würfelseiten erneut voneinander unterscheiden, kann man die Synchroni-

sation unter „Status des Würfels laden“ wieder anstupsen.

Die App lässt sich grob in drei Bereiche unterteilen: In „Revanche“ bekommt man eine Zugreihenfolge zum Verdrehen des Würfels vorgesetzt und muss ihn nach einer Inspektionszeit von 15 Sekunden so schnell wie möglich lösen; die Finalzeit landet in einer Rangliste, in der sich auch namhafte Speedcuber wie Tymon Kolasiński oder Max Park wiederfinden. Unter „Mein Würfel“ gibt es einen Lösungsassistenten und eine Statistikfunktion, die Informationen über sämtliche Versuche und deren Zeiten sowie Züge in schicken Grafiken übersichtlich darstellt.

Die für Anfänger interessanteste Funktion ist die „Rubik's Academy“: Hier lernt man die Grundlagen und die sogenannte Anfängermethode, also die leichteste Lösungsmethode. Bei jedem Schritt weist die App an, wie man den Würfel halten und wie man ihn drehen muss. Mit Sensoren im Würfel erkennt die App falsche Bewegungen und weist auf Fehler hin.

Wem das Lösen oder Lernen zu eintönig wird, kann sich mit vier Spielen ablenken lassen: Male es, Simon, Cube Hero und Cubesizer. Dabei lässt die App bei jeder Bewegung einer Ebene einen Ton anklingen, sodass man durch Drehungen des Würfels immer noch 100 Prozent an.

Strom für die Elektronik im Würfel liefert eine Knopfzelle (AG10, 1,5V) unter dem gelben Mittelstein. Beim Kauf steckt eine bereits im Würfel. Wie lange die Batterie halten soll, hat Rubik's nicht angegeben. In unserem Test zeigte die App zumindest nach mehr als 150-mal Lösen des Würfels immer noch 100 Prozent an.

Der Rubik's Connected X überzeugt mit seinem Lernprogramm, um Grundlagen und eine erste Lösungsmethode für den Zauberwürfel zu erlernen. Fortgeschrittene profitieren von der Analysefunktion, um sich verbessern zu können.

(wid@ct.de)

Rubik's Connected: ct.de/yq8k

Rubik's Connected X

Smart Cube	
Hersteller, URL	Rubik's, rubiks.com
Batterie	AG10, 1,5 V
App	Rubik's Connected, iOS 13.0 oder höher, Android 6.0 oder höher
Preis	49,99 € OVP, Straßenpreis 35 €

NEU:
c't Desinfec't
2024/25

Das Notfall-System für den Ernstfall



Komplett auf 32 GByte USB-Stick. Desinfec't startet direkt vom Stick.



shop.heise.de/desinfec't24

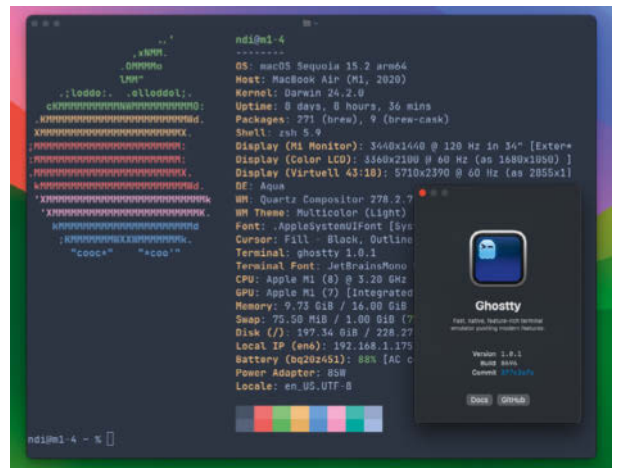
Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten oder ab einem Einkaufswert von 20 € (innerhalb Deutschlands). Nur solange der Vorrat reicht. Preisänderungen vorbehalten.

heise shop

GRATIS:
Signatur-Updates
bis Oktober 2025

Schnelles Gespenst

Terminal-Emulator Ghostty im Test



Schon lange hat kein neues Terminal so viel Aufsehen erregt wie Ghostty. Wir haben uns den Terminal-Emulator für macOS und Linux mit dem prominenten Entwickler genauer angesehen und schauen, was hinter dem Hype steckt.

Von Niklas Dierking

Der Open-Source-Terminal-Emulator Ghostty hatte bereits vor dem Release der Version 1.0 Ende letzten Jahres eine große Fangemeinde im Netz. Interessant macht Ghostty unter anderem dessen Hauptentwickler: Mitchell Hashimoto ist einer der Gründer von HashiCorp, einem Schwergewicht im Bereich Cloudautomatisierung. Die Arbeit an Ghostty begann er, nachdem er das Unternehmen 2023 verlassen hatte, um sich mit der Programmiersprache Zig vertraut zu machen.

Interessierte konnten die Entwicklung im Rahmen einer privaten Beta begleiten. Was nicht alle haben können, ist besonders spannend, und so sorgte das Prinzip der limitierten Einladungen für Wirbel in der Open-Source-Gemeinde.

Architektur

Hashimoto hat sich für Ghostty ambitionierte Ziele gesetzt. Der Terminal-Emulator soll plattformübergreifend funktionieren, dabei aber nicht von einem Hilfsmittel wie dem App-Framework Electron abhängen. Stattdessen gibt es für macOS und Linux native Anwendungen, die auf eine Bibliothek namens libghostty aufbauen. Die ist in der Programmiersprache Zig geschrieben und kümmert sich um die eigentliche Terminal-Emulation.

Die grafischen Anwendungen interagieren mit libghostty, stellen die Bedien-

oberfläche aber mit plattformspezifischer Technik bereit. Unter macOS nutzt Ghostty dafür die Werkzeuge AppKit und SwiftUI, während in Linux das C-API des GUI-Toolkits GTK4 zum Einsatz kommt. Beim Rendering des Terminals profitiert Ghostty von Hardwarebeschleunigung durch die GPU (via Grafik-API Metal unter macOS und OpenGL unter Linux).

Ghostty integriert zudem globale macOS-Betriebssystemfeatures wie „Quick Look“ oder „Secure Keyboard Entry“. Letzteres erkennt automatisch Passwortabfragen und verhindert, dass Tastatureingaben von anderen Apps auf dem System mitgelesen werden. Das ist insbesondere beim Terminal, mit dem man immerhin in den Maschinenraum des Betriebssystems hinabsteigt oder Server fernwartet, sehr sinnvoll.

Weil Ghostty sich bei Fonts, Fenstern, Tabs, Icons und Tastaturbelegungen an Systemvorgaben hält, fügt es sich nahtlos in den Desktop ein. Das gilt auch für Linux mit seiner fragmentierten Desktop-Landschaft. Grundsätzlich ist das Terminal eine GTK-App und genießt damit in Gnome den Heimvorteil, mit der Version 1.1.0 wurde aber das Feature „Server Side Decorations“ nachgerüstet. Dadurch fügt sich Ghostty besser in den KDE Plasma Desktop ein und sticht nicht mehr mit einer unpassenden Fensterdekoration und Titelleiste heraus. Weil Ghostty das KDE-Server-Decoration-Protokoll nutzt, funktioniert das nur im Zusammenspiel mit einem Wayland-Compositor.

Wunschkonzert

Ghostty hat sich sinnvolle Voreinstellungen als Ziel auf die Fahnen geschrieben und dürfte ohne weitere Anpassungen gut für die meisten Nutzer funktionieren. Wer damit nicht zufrieden ist, kann die Software aber auch mehr an die eigenen Bedürfnisse anpassen. Um das Theme „catppuccin-frappe“ zu nutzen, reicht es, die Zeile `theme = catppuccin-frappe` in der

Konfigurationsdatei zu ergänzen und diese neu zu laden. Ghostty bringt eine Vielzahl von Themes mit, die der Befehl `ghostty +list-themes` inklusive einer Vorschau anzeigt.

Leidige Leistungsdebatte

Ghostty gilt als besonders performant und das Terminal fühlt sich subjektiv auch flott an. Die Performance eines Terminals zu beziffern, ist dagegen nicht so einfach. Wir haben gemessen, dass Ghostty auf unserem Testsystem eine lange Textdatei (11 MByte) 0,09 Sekunden schneller ausgibt als das vorinstallierte macOS-Terminal (Terminal.app).

Durch die Hardwarebeschleunigung läuft der Doom-Fire-Algorithmus (siehe ct.de/ydudf) mit über 600 Bildern pro Sekunde im Vergleich zu etwa 70 Bildern pro Sekunde in Terminal.app. Aber wie häufig hat man dadurch im Alltag wirklich einen Vorteil? Fest steht, dass Ghostty ähnlich schnell ist wie Alacritty und andere Terminals, die entwickelt wurden, um besonders flott zu sein.

Fazit

Ghostty ist ein spannendes Open-Source-Projekt mit einer enthusiastischen Fangemeinde. Anders als hier und da im Netz behauptet, ist es aber kein revolutionäres Terminal, das alles umkrempelt. Muss es aber auch gar nicht sein, um ein gutes Terminal zu sein. Ghostty ist ein gelungenes „Passion project“ eines begabten Entwicklers mit einem hohen technischen Anspruch. (ndi@ct.de) **ct**

Ghostty-Download und -Dokumentation:
ct.de/ydudf

Ghostty

Terminal-Emulator	
Hersteller, URL	Mitchell Hashimoto, Ghostty-Projekt, ghostty.org
Plattform	macOS, Linux (Windows-Version soll folgen)
Preis	kostenlos (Open Source, MIT-Lizenz)

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:

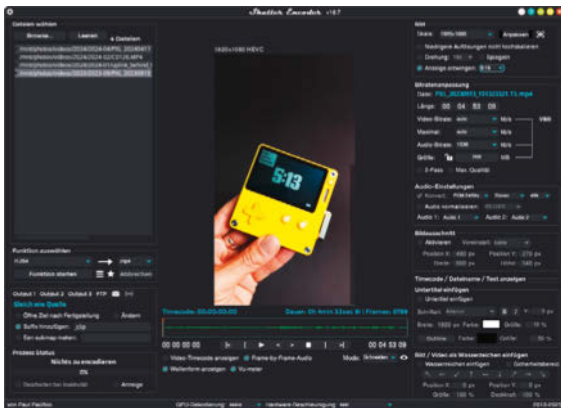
- ▶ 14 Security-Checklisten für alle digitalen Bereiche
- ▶ Extra-Sicherheit für Windows
- ▶ Cybercrime verstehen und bekämpfen
- ▶ Passkeys gegen Phishing und Leaks

... und noch viel mehr hilfreiche Artikel



shop.heise.de/ct-securityeinstieg24

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.



Funktionswunder

Shutter Encoder konvertiert Audio- und Videoclips. Bei Bedarf schneidet das Tool sie auch gleich zu, führt sie zusammen, ergänzt Audiospuren und vieles mehr.

Das plattformübergreifend verfügbare Tool Shutter Encoder ist ein Audio- und Video-Allrounder. Das liegt vor allem daran, dass es als Frontend für das Multimedia-Framework ffmpeg arbeitet und dessen Funktionsvielfalt abbildet. Und weil das offenbar noch nicht genug war, wurden zudem Funktionen weiterer Tools wie yt-dlp, exiftool, mediainfo, dvdauthor und dcraw hinzugefügt. Auch Bilddateien kann das Tool verarbeiten.

Große Videodateien kürzt Shutter Encoder zu handlichen Clips, teilt sie in mehrere Stücke auf oder schneidet Teile heraus. Das geht auch verlustfrei, ohne neu zu kodieren. Außerdem kann das Java-Tool Clips in ein platzsparendes Format konvertieren und die Codecs dabei auf die Weiterverwendung abstimmen. Das ist praktisch, um beispielsweise Videos im Nu zu H.264-Clips im MP4-Mäntelchen mit PCM24-Audiocodec zu konvertieren, um sie unter Linux mit dem auf dieser Plattform in Sachen Codecs pingeligen Davinci Resolve Studio schneiden zu können.

Zieht man mehrere Dateien ins Programmfenster, arbeitet Shutter Encoder den ganzen Stapel nacheinander ab. Das Tool verarbeitet Formate wie DNxHD, DNxHR und Apple ProRes und konvertiert sie in gängige Codecs wie H.264, H.265, VP8, VP9 und AV1. Aber auch ältere Kandidaten wie MPEG-2 oder Xvid beherrscht das Tool.

Clips zuschneiden und aneinanderreihen, Ausschnitt wählen, Überflüssiges herausschneiden, Text einblenden, Musik

unterlegen, Untertitel eintippen: Zur Not kann Shutter Encoder für kleine Projekte auch mal den Videoeditor mimen. Allerdings ist das ziemlich fummelig. Shutter Encoder kann ein Video bei Bedarf auch um 90 oder 180 Grad drehen. Für den richtigen Bildausschnitt zieht man einfach einen Rahmen im Vorschaubild auf. Schnell entstehen so aus 4K-Aufnahmen passende Clips in quadratischen oder Hochkantformaten für Instagram, TikTok und YouTube oder solche, die nur den wesentlichen Bildausschnitt zeigen. Bei Bedarf extrahiert Shutter Encoder die Audio- oder Videospur aus einem Video oder passt Video- und Audiobitraten an. Auch bei der Analyse und Fehlersuche kann Shutter Encoder helfen und beispielsweise die Loudness und den True Peak eines Videos ermitteln, nach Schnittfehlern mit schwarzen Bildern suchen und Schnitte erkennen.

Shutter Encoder übernimmt nicht nur Vorarbeiten für den Video- oder Audioschnitt, sondern auch Arbeitsschritte, die sich womöglich in einem Videoeditor bequemer erledigen lassen. Wer aber nur schnell eine Audiospur ersetzen, sie normalisieren oder Clips in ein Video einfügen will, ist mit Shutter Encoder vermutlich schneller fertig. Untertitel ergänzt es wahlweise aus einer Datei oder bietet einen Editor, um sie direkt einzutippen. Das Werkzeug kann auch ein Wasserzeichen in Videos einbinden und es dazu passend skalieren. Mit der Maus schiebt man es in der Vorschau einfach an die gewünschte Stelle.

Kaum zu glauben, wie viele Funktionen das kleine Programmfenster von Shutter Encoder beherbergt. Besonders übersichtlich ist das nicht, deshalb wird vieles davon vermutlich unentdeckt bleiben. Und gerade deshalb lohnt es sich, in der Dokumentation auf der Projekt-Website zu stöbern. (lmd@ct.de)

Shutter Encoder 18.7

Audio- & Videobearbeitung	
Hersteller, URL	Paul Pacifico, shutterencoder.com
Systemanf.	Linux, macOS, Windows 64-Bit
Preis	kostenlos (GPL 3)



Zwei Gesichter

Android-Smartphone Redmi Note 14 Pro+ 5G im Test

Xiaomis Redmi Note 14 Pro+ soll einerseits günstig sein, andererseits gute Hardware bieten. Fürs Display und die Kamera stimmt das, anderswo jedoch nicht.

Von Steffen Herget

Smartphone-Kunden finden Xiaomi-Geräte der mittleren und unteren Preisklasse unter dem Namen Redmi. Die Redmi-Note-Serie rangiert innerhalb des Redmi-Segments am oberen Limit, das Topmodell trägt den Namen Note 14 Pro+ 5G.

Der Blick aufs Preisschild offenbart: Ein Schnäppchen für den ganz schmalen Geldbeutel – und dafür stand die Marke lange – ist das neue Redmi nicht. Die kleine Speichergröße mit 8 GByte RAM und 256 GByte Flash, die wir getestet haben, reißt ein knapp 500 Euro großes Loch in den Geldbeutel. Wer 12 GByte RAM und 512 GByte Massenspeicher bevorzugt,

muss noch 30 Euro mehr zahlen, eine lohnende Investition, wenn nicht die große Version gerade zum Preis der kleinen angeboten wird, wie zum Redaktionsschluss dieses Tests.

Doch egal, ob mehr oder weniger Speicher: Der Preis ordnet das Note 14 Pro+ 5G in die gehobene Mittelklasse ein. Was das Display angeht, könnte es sogar noch ein bisschen weiter oben mitspielen. Der OLED-Bildschirm ist mit seinen saten Farben, dem tiefen Schwarz und den scharfen Kontrasten eine Augenweide. Eine maximale Helligkeit von mehr als 1200 cd/m² im Regelbetrieb reichen für alle Lebenslagen locker aus, um das Display komfortabel ablesen zu können. Xiaomi zieht das Display an den Längsseiten etwa zwei Millimeter um den Rand. Das muss man mögen, denn dort verzerren die Farben ein wenig. Praktisch: Eine Schutzfolie, die bei einem gebogenen Display schwieriger aufzubringen ist, verpasst der Hersteller dem Smartphone bereits ab Werk. Die Bildwiederholrate regelt das Smartphone adaptiv bis maximal 120 Hertz.

Die Performance des Snapdragon 7s Gen 3 von Qualcomm, der das Redmi antreibt, ist mittelmäßig. Der Chip reißt in den Benchmarks keine Bäume aus, er leistet etwa so viel wie der MediaTek Dimensity 7300.

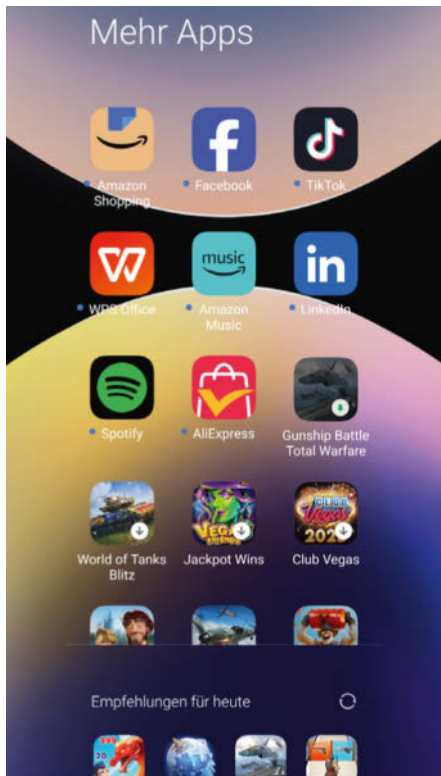
Trotz mäßiger Benchmark-Resultate lief das Redmi im Test einwandfrei und flott genug, und das auch über eine lange Zeit. Dass unser Testgerät nur 8 GByte RAM hat, ist nur selten zu bemerken, etwa dann, wenn man mit zahlreichen Apps parallel hantiert.

Mit 5110 mAh Kapazität liegt der Akku des Redmi auf der Höhe der Zeit. In unseren Ausdauertests lieferte er ordentliche, aber nicht herausragende Werte. Das ähnlich schnelle Motorola ThinkPhone 25 beispielsweise schaffte in allen Szenarien zwischen anderthalb und gut drei Stunden mehr. Über den Tag sind wir mit dem Note 14 Pro+ 5G im Test jedoch stets gekommen, und falls es mal knapp wurde, half die Schnellladung. Mit bis zu 120 Watt ist der Akku in einer knappen halben Stunde voll geladen, viel schneller geht es nicht.

Jede Menge Pixel

Die Hauptkamera hat einen 200-Megapixel-Sensor, begleitet wird sie von einem 8-Megapixel-Ultraweitwinkel und einem 2-Megapixel-Makro. Während die beiden letzten Kameras kaum glänzen, sieht das bei der Hauptkamera schon anders aus. In voller Auflösung fängt sie enorm viele Details ein, auch die Farbdarstellung und der Dynamikumfang gefallen. Einzig in den äußersten Ecken sind die Bilder ein wenig zu weich. Im Standardmodus mit 12 Megapixel gelingen bei Tag ebenfalls sehr ordentliche und scharfe Fotos. Bei wenig Licht hilft der Nachtmodus nur bedingt, er hellt die Bilder nur wenig auf und lässt vor allem in dunkleren Bereichen Strukturen verschwinden.

Die ganze Technik verpackt das Redmi in einem schicken Gehäuse mit einer Rückseite aus Kunstleder. Das weiche Material liegt angenehm in der Hand und ist unempfindlich gegen Fingerabdrücke, allerdings leicht zu zerkratzen. Das Kameramodul ragt weit aus der Rückseite hervor, das Smartphone ist jedoch ausbalanciert und nicht kopflastig. Anders als frühere Redmi-Smartphones ist das Note 14 Pro+ 5G nach IP68 gegen Staub und Wasser geschützt. Der Rahmen besteht aus Kunststoff, eine Kopfhörerbuchse sucht man vergebens. Dafür baut Xiaomi



So viel unerwünschte Bloatware wie auf dem Redmi findet man anderswo kaum.

weiterhin ein Infrarotmodul am oberen Ende ein, womit das Smartphone zur Ersatzfernbedienung für Fernseher, Receiver und andere Geräte wird.

Zu viel Bloatware

Xiaomi stopft seine Software weiterhin mit Werbung und Fremdanbieter-Apps voll. Nicht nur gibt es eigene Apps parallel zu fast allen vorgegebenen Anwendungen von Google, sondern auch massig Bloatware. AliExpress, Amazon, Booking, Facebook, LinkedIn, TikTok und noch eine ganze Reihe weiterer Apps vermüllen den Bildschirm, dazu über zwanzig Spiele, entweder bereits installiert oder als Verknüpfung angelegt. Selbst beim Wechseln des Hintergrundbildes verschont Xiaomi die Kundschaft nicht vor eingeblendeten Werbeanzeigen. Diese ganzen Apps verstopfen nicht nur den Speicher, sie enthalten auch allerhand Cookies und Tracker, die Daten abschnorcheln. Auch andere Hersteller installieren Anwendungen von Fremdanbietern vor, denn das lohnt sich finanziell für den Hersteller, doch ein derartiges Maß findet man kaum anderswo.

Dabei hätte HyperOS, Xiaomis eigene Android-Spielart, einiges zu bieten. Die Optik lässt sich mit Themes umfangreich anpassen, Animationen laufen auch mit

dieser Hardware flüssig, und wer die Google-Apps nicht mag, kann die von Xiaomi nutzen. Wie bei einigen aktuellen Oberflächen teilt Xiaomi die Wischgeste vom oberen Bildschirmrand auf: Von links oben zieht man die Benachrichtigungen herunter, von rechts oben die Schnelleinstellungen.

Bei den Updates bleibt Xiaomi mit vier Jahren Sicherheitspatches und drei neuen Android-Versionen hinter unseren Erwartungen zurück – und nicht nur hinter denen. Die neuen Regulierungen der EU verlangen, dass Hersteller die Software fünf Jahre lang aktuell halten, und das gerechnet ab dem Ende des Verkaufs, nicht dem Beginn. Die Verordnung gilt aber erst ab dem 20. Juni 2025. Hier muss Xiaomi dringend eine Schippe drauflegen. Kurios dabei: Es gibt deutlich günstigere Redmi-Modelle, für die Xiaomi sechs Jahre lang Updates verspricht, zum Beispiel das Basismodell Note 14.

Fazit

Mit dem Redmi Note 14 Pro+ 5G hat Xiaomi ein schickes Smartphone mit einem tollen Display und einer sehr ordentlichen Hauptkamera im Sortiment. Auch die

Software wäre gar nicht schlecht, doch die viele Werbung und nur vier Jahre Support sind deutliche Nachteile. Knapp 500 Euro für dieses Smartphone sind zwar kein Pappentiel, aber da es bei Xiaomi häufig interessante Paketangebote gibt oder auch mal die große Speichervariante zum Preis der kleinen, geht das noch in Ordnung.

Wer das Redmi Note 14 Pro+ 5G kaufen möchte, sollte genau hinschauen: Xiaomi hat gleich fünf Modelle mit dem Namen Redmi Note 14 vorgestellt, drei davon tragen den Zusatz Pro. Erwischt man das Falsche, hat man möglicherweise ein Smartphone gekauft, das kein 5G unterstützt. Das ist beim Redmi Note 14 (200 Euro) und Redmi Note 14 Pro (350 Euro) der Fall, deren Modems maximal über LTE funken können.

Alternativen von anderen Herstellern sind etwa das leistungsstärkere Motorola Edge 50 Pro, das es in der großen Speichervariante mit 12 GByte RAM und 512 GByte Flash-Speicher für rund 450 Euro zu kaufen gibt. Noch günstiger und in der Performance ähnlich zum Redmi Note 14 Pro+ 5G ist das Nothing Phone (2a) Plus, das man bereits für unter 400 Euro bekommen kann. (sht@ct.de) **ct**

Xiaomi Redmi Note 14 Pro+ 5G

Android-Smartphone	
Hersteller, URL	Xiaomi, mi.com
Betriebssystem / Patch-Level	Android 14 / Dezember 2024
Funktionsupdates / Sicherheitspatches lt. Hersteller bis min.	Android 17 / Januar 2029
Ausstattung	
Prozessor / Kerne x Takt	Qualcomm Snapdragon 7s Gen 3 / 1 x 2,5 GHz, 3 x 2,4 GHz, 4 x 1,8 GHz
Grafik / KI-Einheit	Qualcomm Adreno 710 / Qualcomm Hexagon NPU
Arbeitsspeicher / Flash-Speicher (frei) / Wechselspeicher (Format)	8 GByte / 256 GByte (211 GByte) / –
SIM-Slots / eSIMs / LTE / 5G (mmWave) / SAR-Wert	2 x nanoSIM / 1 x eSIM / ✓ / ✓ (–) / k. A.
WLAN / Bluetooth / UWB / Standortdienste	WiFi 6E / 5.4 / – / GPS, Glonass, Beidou, Galileo
NFC / Fingerabdruck (Position)	✓ / ✓ (Display)
USB-Anschluss / Kopfhöreranschluss	USB-C 2.0, OTG / –
Akku / wechselbar / Schnellladetechnik / drahtlos ladbar	5110 mAh / – / 120 W / –
Maße (H x B x T) / Gewicht / Schutzart	16,25 x 7,47 x 0,88 ... 1,27 cm / 205 g / IP68
Display	
Diagonale / Technik / Auflösung / Punktdichte	6,7 Zoll / OLED / 2712 x 1220 Pixel / 447 dpi
Helligkeitsregelbereich / Ausleuchtung / Bildrate	1,92 ... 1221 cd/m² / 96 % / max. 120 Hz
Kameras	
Hauptkamera: Auflösung / Blende / OIS	200 MP / f/1,65 / ✓
Ultraweitwinkel: Auflösung / Blende / OIS	8 MP / f/2,2 / –
Frontkamera: Auflösung / Blende / OIS	20 MP / f/2,2 / –
Benchmarks, Lauf- und Ladezeiten	
Ladezeit 50 % / 100 %	12 min / 29 min
Laufzeiten ¹ lokales Video 4K / 3D-Spiel / Stream WiFi	11,9 h / 15,2 h / 19,3 h
Geekbench V5 Single, Multi / V6 Single, Multi	884, 3190 / 1176, 3200
3DMark Wild Life Extreme / Steel Nomad Light	1054 / 357
GFXBench Car Chase / Manhattan 3.0 / Manhattan 3.1 (je On-, Offscreen)	24 fps, 34 fps / 58 fps, 83 fps / 42 fps, 61 fps
UVP	499 €
¹ gemessen bei 200 cd/m²	✓ vorhanden – nicht vorhanden



LPDDR, wechsle dich

Austauschbarer LPDDR5-Speicher in Lenovos Workstation-Notebook ThinkPad P1 Gen7

LPDDR5X-Speicher ist flotter und effizienter als normaler DDR5-Speicher, musste bislang aber immer aufgelötet werden. Beim ThinkPad P1 Gen7 lässt sich der Speicher hingegen einfach umrüsten, denn es verwendet Speichermodule des neuen Standards LPCAMM2.

Von Florian Müssig

Die Speicherstandards DDR5 und LPDDR5X gehören zur selben Generation von Arbeitsspeicher, was an der angehängten Ziffer und der zeitlich parallelen Nutzung durch aktuelle Notebookprozessoren deutlich wird. Technisch betrachtet sind sie aber weniger zweiseitige Zwillinge als vielmehr Kinder einer Patchwork-Familie. So war es zwar noch zu DDR3- und DDR4-Zeiten üblich, effizientere Speichermodule in Notebooks zu stecken, die sich mit geringeren Spannungen begnügten und als DDR3L beziehungsweise DDR4L beworben wurden.

Doch spätestens LPDDR4-Speicher hat gezeigt, dass da noch viel mehr geht, wenn man alte Zöpfe großzügiger abschneidet und von Grund auf Effizienz an die erste Stelle stellt. LPDDR5X und des-

sen Vorgänger nehmen dafür die größten Faktoren aus der Rechnung, die Effizienz kosten: vergleichsweise lange Signalwege unterschiedlicher Länge und über mehrere Kontaktpunkte hinweg – unter anderem im SO-DIMM-Steckplatz, aber auch beim Übergang vom Mainboard zum Stecksockel und auf dem Speichermodul selbst.

Reduziert man Leitungslänge und Anzahl der Übergänge auf ein Minimum, dann lässt sich wiederum der Datentransport nicht nur mit geringerem Spannungslevel bewerkstelligen, sondern auch mit höheren Taktraten. Trotz eines geringeren Energieverbrauchs erhält man höhere Datenraten – eine so überzeugende Win-Win-Situation, dass man von der DDR5-Abwandlung DDR5L praktisch kaum etwas gehört hat.

Just diese Optimierungen hinter LPDDR5X sind aber gleichzeitig der Pferdefuß: Selbst wenn LPDDR5X-Chips nicht wie bei Apples M-Prozessoren oder Intels Core Ultra 200 (Lunar Lake) mit auf dem Package sitzen, so müssen sie doch nahe der CPU auf die jeweilige Hauptplatine gelötet werden. Ein nachträgliches Austauschen oder Aufrüsten des Arbeitsspeichers, wie man es von Desktop-PCs kennt, fällt damit bauartbedingt flach: Ein mit LPDDR5X bestücktes Notebook hat bis zu seinem Lebensende den Arbeitsspeicher ausbau, mit dem es dereinst in einer asiatischen Fabrik vom Fertigungsband lief. Der flotte, effiziente Speicher läuft also sämtlichen Reparaturanliegen entgegen – sei es nun im Garantiefall durch den Hersteller, progressiv kundenorientiert wie bei Framework oder wenn Gesetze das Recht auf Reparatur fordern.

Auftritt: LPCAMM2

Dabei gibt es seit rund einem Jahr einen Modulstandard, der den Nachteil behebt: LPCAMM2. Die Abkürzung CAMM steht für Compression Attached Memory Module, was zugleich die Befestigung beschreibt: Die Speichermodule werden nicht in Slots gesteckt, sondern mit definiertem Druck festgeschraubt. Die elektrischen Kontakte stellt ein Zwischenadapter her, der auf beiden Seiten (einmal Richtung Hauptplatine, einmal Richtung

Speichermodul) unzählige feine Kontaktfedern enthält – wie etwa auch ein moderner CPU-Sockel.

Wichtig: Ein LPCAMM2-Modul nutzt alle 128 Leitungen, die ein Notebook-Speichercontroller üblicherweise mitbringt. Es ist also anders als bei SO-DIMMs nur ein Modul notwendig, um die volle Speicherbandbreite zu erzielen. Das hilft, denn die Leitungslänge ist ja wie eingangs geschrieben ein wichtiger Faktor – so müssen Platinenentwickler nur einen Sockel nahe an der CPU platzieren. Die Speicherchips sind aus demselben Grund direkt über den Kontaktflächen positioniert, während Bausteine wie etwa das SPD-EEPROM mit den für die Initialisierung benötigten Modulspezifika wie Timings und Taktfrequenzen seitlich „ausgelagert“ wurden.

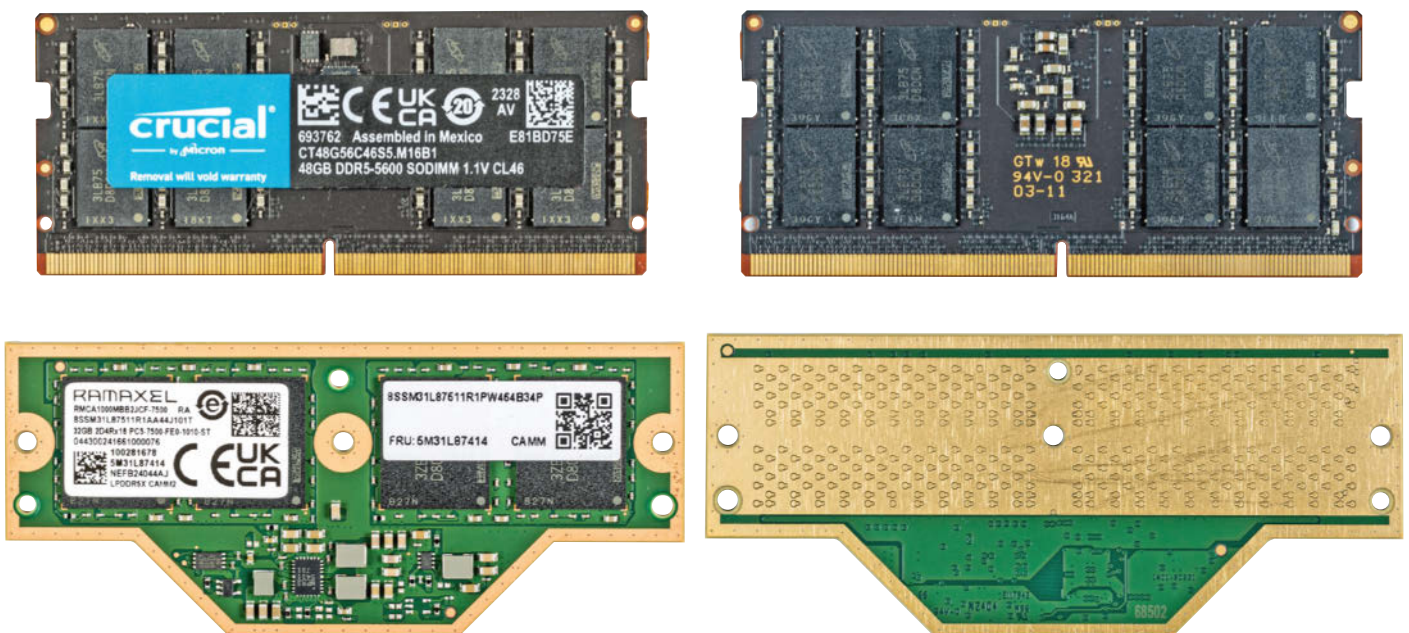
LPCAMM2 ist die erste Iteration einer offiziellen Spezifikation des Standardisierungsgremiums JEDEC. Wer sich nun hinsichtlich der Versionsnummer 2 wundert: Die erste CAMM-Version war eine proprietäre Eigenentwicklung von Dell, die in Workstation-Notebooks wie dem Precision 7680 zum Einsatz kam [1]. Diese Sonderlocke bekam so viel branchenweiten Zuspruch, dass die JEDEC auf seiner Basis einen offiziellen Standard aus der Taufe hob. CAMM war noch ein 1:1-Ersatz für reguläre SO-DIMMs und wird vom JEDEC-offiziellen CAMM2 erbt. Eine Low-Power-Abwandlung für

LPDDR5X-Speicherchips gab es damals noch nicht.

CAMM2 und LPCAMM2 nutzen ein unterschiedliches Kontaktflächenraster und andere Befestigungspunkte; man kann also nicht dasselbe Notebook wahlweise mit DDR5- oder LPDDR5X-Speicher ausstatten. Alle bislang gezeigten Implementationen – es gab auf Messen auch schon Prototypen von kompakten Desktop-Mainboards mit CAMM2 zu sehen – haben nur einen „Steckplatz“; wer nachträglich Speicher aufrüsten möchte, muss also immer das davor verwendete Modul in Rente schicken.

Workstation-Notebook

Wie schon bei CAMM ist auch bei LPCAMM2 die erste praktische Umsetzung ein Workstation-Notebook, nämlich Lenovos ThinkPad P1 Gen7. Das liegt wie damals an der Geräteklasse: Workstations werden überwiegend an Firmen und Profis verkauft, die bereit sind, für das letzte Quäntchen Performance oder Verbesserung viel Geld auf den Tisch zu legen. In diesem Fall geht es also darum, dass das Notebook rasanten LPDDR5X-Speicher hat, den man später im Lebenszyklus auch noch aufrüsten kann. Und das anders als bei Dells CAMM-Notebook eben nicht nur mit teurem proprietärem Speicher (Dells 32-GB-Byte-CAMM kostet 440 Euro), sondern mit standardkonformen Modulen.



Größenvergleich: Ein LPCAMM2 (grüne Platine) ist in etwa so groß wie ein herkömmliches SO-DIMM (schwarze Platine), hat aber doppelt so viele Datenleitungen. Diese werden an der Unterseite über Kontaktflächen und Federn (nicht im Bild) zur Hauptplatine geführt, weshalb die Speicherchips selbst nur an der Moduloberseite Platz haben.



Lenovos mobile Workstation ThinkPad P1 Gen7 ist das erste Notebook mit LPCAMM2.

Fairerweise muss dazu gesagt werden, dass es letztere derzeit noch nicht im freien Handel gibt. Unter anderem haben schon Adata, Micron und Samsung öffentlich Module gezeigt (und das im Lenovo-Notebook stammt von Ramaxel), doch diese werden aktuell nur über deren OEM-Geschäftszweige vertrieben – ein klassisches Henne-Ei-Problem. Immerhin ist der erste Schritt gemacht.

Irgendwie ernüchternd: Als Nutzer bekommt man von all dem innovativen Innenleben im Alltag nichts mit. Hier spürt man aber die klassischen Workstation-Kompetenzen: Anders als Gaming-Notebooks ist das ThinkPad P1 Gen7 darauf optimiert, seine Pferdestärken unauffällig loszulassen. So rauscht das Kühlsystem mit maximal 1,7 sone, wenn CPU und GPU unter Last stehen – und das Rauschen ist auch von der Tonlage her vergleichsweise erträglich.

In dem Notebook kommen CPUs der Core-Ultra-100-Serie (Meteor Lake) und GPUs aus Nvidias Ada-Generation zum Einsatz. Konkret stecken im Testgerät der 16-Kerner Core Ultra 7 155H und Nvidias RTX 2000 Ada – das Profi-Gegenstück zum Spielergrafikchip GeForce RTX 4060. Wir haben ein US-Modell getestet; die deutsche Ausgabe mit 1- statt 2-TByte-SSD kostet im Fachhandel rund 3200 Euro. Mit Core Ultra 9 185H, RTX 3000 Ada (RTX-4070-Gegenstück) und 64 GByte Arbeitsspeicher sind Preise jenseits von 4500

Euro möglich. Los geht es bei etwa 2500 Euro ganz ohne Nvidia-GPU; wahlweise steht auch eine RTX 1000 Ada (RTX-4050-Äquivalent) zur Wahl.

Die verwendeten CPU- und GPU-Generationen sind seit den CES-Ankündigungen von Intel (siehe auch S. 68) und Nvidia überholt [2], nicht aber das P1 als Komplettsystem: Ein Gen8-Nachfolger wurde seitens Lenovo bislang nicht enthüllt – kein Wunder, ist die Gen7 doch erst wenige Monate auf dem Markt.

Das Gehäuse ist wertig-unauffällig, der matte 16-Zoll-Bildschirm im 16:10-For-

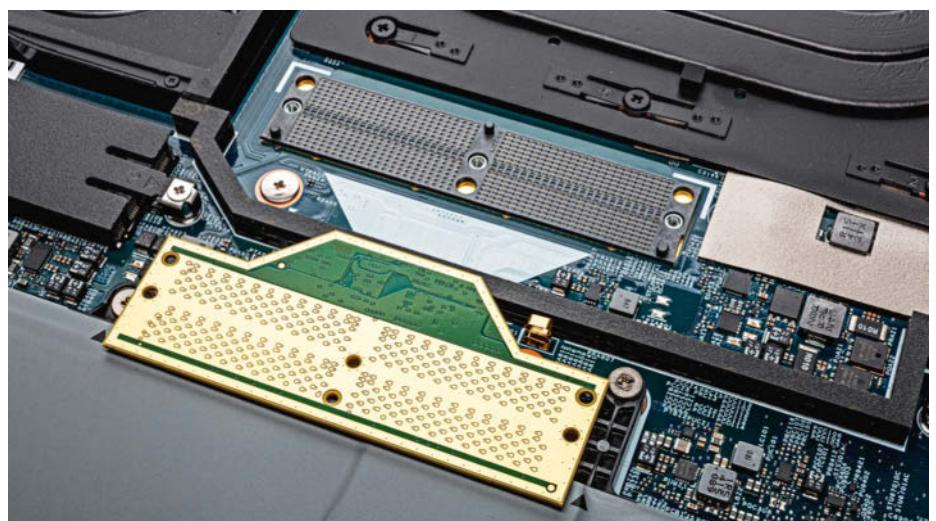
mat liefert satte Farben mit 165 Hertz. Tippgefühl und der nach vorne gezogene Cursor-Block gefallen, auf einen Ziffernblock muss man verzichten. Gleiches gilt für physische Maustasten, obwohl ein Trackpoint im Tastenfeld steckt: Das große Touchpad reicht bis an die Leertaste heran und muss in einem markierten Bereich am hinteren Ende gedrückt werden, um Mausklicks auszulösen.

Lenovo legt ein 170-Watt-Netzteil mit herstellerspezifischem Stecker mit in den Karton. Ein USB-C-Netzteil oder ein Thunderbolt-Dock allein kann das Notebook nicht mit genug Energie versorgen, um unter anhaltender Rechenlast auch noch den Akku flott zu laden.

Fazit & Ausblick

Das ThinkPad P1 Gen7 ist typisch Workstation ein völlig unaufgeregter Profiführer, dessen Kühlsystem sich unter Vollast angenehm zurückhält. Von der Technikrevolution LPCAMM2, die wechselbaren LPDDR5X-Speicher ermöglicht, bekommt man im Alltag nichts mit. Wir hoffen, dass künftig weitere Notebookhersteller auf den Zug aufspringen, um ebenfalls den Spagat zwischen flottem, effizientem Arbeitsspeicher und Wartungsfreundlichkeit zu schaffen.

Bei den Neuankündigungen der CES [2] war leider kein weiteres Gerät dabei, das mit LPCAMM2 beworben worden wäre. Stattdessen lag der Fokus mehr auf maximaler Kapazität: So wie bei Desktop-PCs CU-DIMMs grade frischen Wind reinbringen, stehen analog dazu CSO-DIMMs für fette Gaming-Notebooks in den Start-



Ein Zwischenadapter mit unzähligen feinen Federchen verbindet ein LPCAMM2 mit der Hauptplatine. Letztere hat unter dem Adapter dasselbe feine Kontaktflächenraster wie das Speichermodul.

Lenovo ThinkPad P1 Gen7: Daten und Testergebnisse

getestete Konfiguration	21KV001QMH
Lieferumfang	Windows 11 Pro, Netzteil
Schnittstellen (V = vorne, H = hinten, L = links, R = rechts, U = unten)	
HDMI / DisplayPort / Kamera (Hello)	L / - / ✓ (✓)
USB / LAN / Klinke	2 × L (2 × Typ C), 2 × R (1 × Typ C) / - / L
Kartenleser / Strom / Docking-Anschluss	R (SD) / L / -
USB-C: 40 Gbit/s / 10 Gbit/s / DisplayPort / Laden	✓ / ✓ / ✓ / ✓
Ausstattung	
Display	16 Zoll (40,7 cm), 2560 × 1600, 16:10, 188 dpi, 165 Hz, 7 ... 448 cd/m ² , matt, IPS
Prozessor (Kerne)	Intel Core Ultra 155H (6P + 8E + 2LP-E)
Hauptspeicher / SSD	32 GByte LPCAMM2 / SKHynix PC801 (2048 GByte)
KI-Einheit	Intel AI Boost (13 Tops, nicht Copilot+-tauglich)
Grafikeinheit (Speicher)	Nvidia RTX 2000 Ada (8 GByte GDDR6)
Sound	Realtek ALC 287
Mobilfunk / LAN / WLAN + Bluetooth	- / - / Intel BE200 (Wi-Fi 7, 2 Streams)
Touchpad (Gesten) / Fingerabdruckleser	HID (max. 4 Finger + Trackpoint) / Synaptics
Gewicht, Maße, Stromversorgung	
Gewicht / Größe / Dicke mit Füßen	1,94 kg / 35,3 cm × 24,4 cm / 1,9 ... 2,3 cm
Tastaturhöhe / Tastenraster / Beleuchtung	1,5 cm / 19 mm × 19 mm / ✓
Akku (Ladestopp < 100 % einstellbar)	90 Wh Lithium-Ionen (✓, frei)
Netzteil (Notebookzuleitung abnehmbar)	170 W, 537 g (-)
Leistungsaufnahme	
Suspend / ausgeschaltet	1,1 W / 0,3 W
ohne Last: Display aus / 100 cd/m ² / max.	2,2 W / 7,4 W / 9,8 W
CPU-Last / Video / 3D-Spiele (max. Helligkeit)	107 W / 23 W / 110 W
max. Leistungsaufnahme / Netzteil-Powerfactor	169 W / 0,93
Laufzeit, Geräusch, Benchmarks	
Laufzeit Idle (100 cd/m ²) / Video (200 cd/m ²) / 3D (max.)	18,8 h / 7,8 h / 1,3 h
Ladestand nach 1h Laden	79 %
Geräusch ohne / mit Rechenlast	<0,1 sone / 1,7 sone
Massenspeicher lesen / schreiben	6459 / 5369 MByte/s
Leserate SD-Karte	85 MByte/s
WLAN 6 GHz / 5 GHz / 2,4 GHz (20 m)	93-969 / 72-421 / 125-194 Mbit/s
Qualität Audioausgang / Dynamikumfang	⊕ / 94,4 dBA
CPU: CineBench 2024 (1T / nT)	102 / 851 Punkte
CPU: GeekBench 6.3 (Single / Multi)	2364 / 13.189 Punkte
GPU: 3DMark (Solar Bay / Steel Nomad Light)	29.432 / 7320 Punkte
NPU: Procyon AI (Computer Vision)	568 Punkte
Preis und Garantie	
Straßenpreis Testkonfiguration	- (3200 € mit DE-Tastatur, 1-TByte-SSD)
Garantie	3 Jahre
⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden - nicht vorhanden k. A. keine Angabe	

löchern – mit zunächst bis zu 48 GByte pro Modul. Sehr viel Speicherkapazität wäre auch mit CAMM2 möglich, da der Standard im Unterschied zu SO-DIMM unterschiedliche Modulgrößen je nach Anzahl der Speicherchips vorsieht. Bei LPCAMM2 sind die Größe und Chipanzahl hingegen fix: Mehr als 64-GByte-Module gibt es derzeit nicht – was eine kaum alltagsrelevante Einschränkung ist. (mue@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Florian Müssig, Next Gen RAM: Schrauben statt stecken, Der SO-DIMM-Nachfolger CAMM in Dells mobiler Workstation Precision 7680, c't 24/2023, S. 96
- [2] Florian Müssig, Mobiler Marktumschwung, Notebookmarkt im Umbruch: Wer beerbt Intel als treibende Kraft?, c't 4/2025, S. 56

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 verschieben? 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.



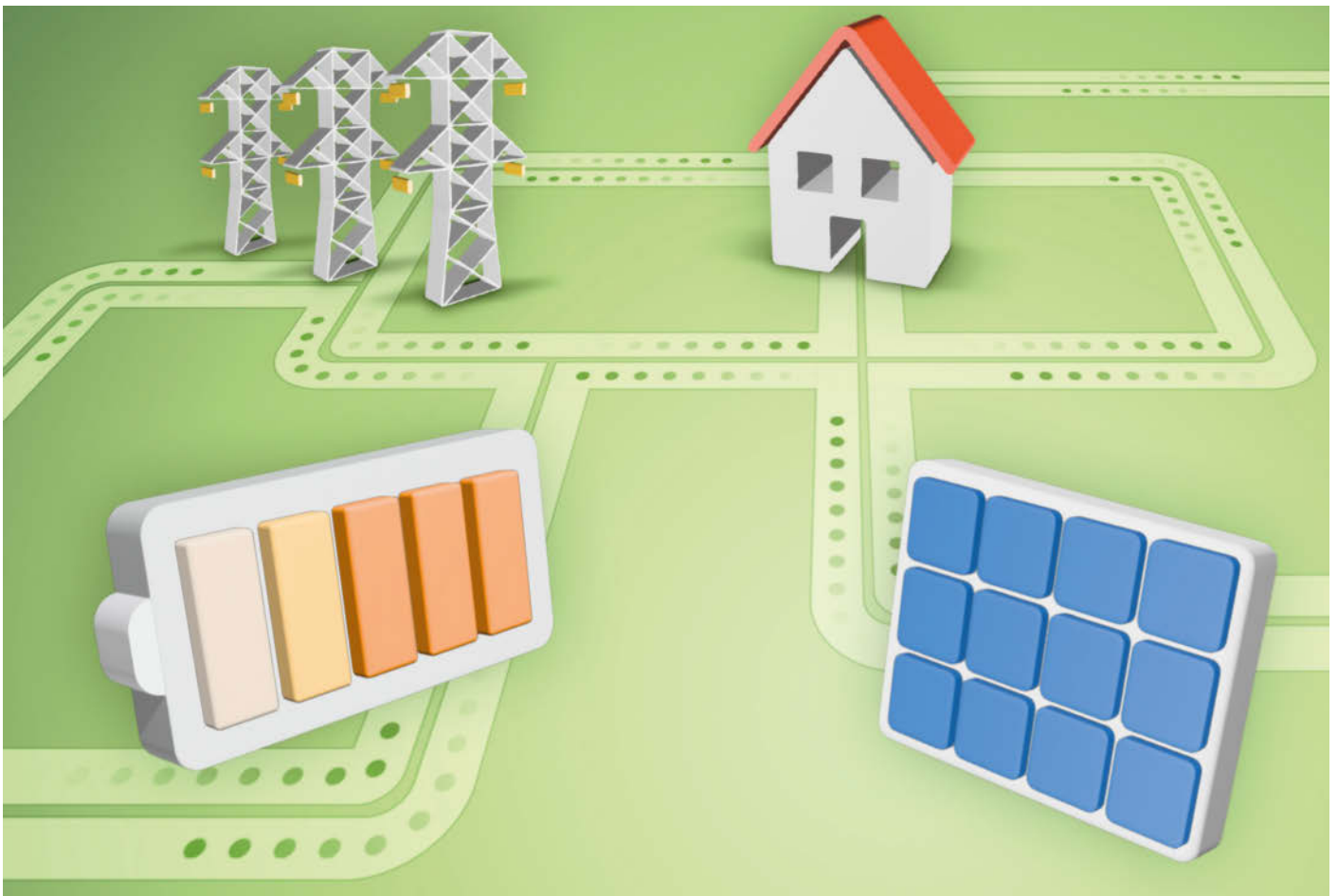
JETZT BESTELLEN!

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

shop.heise.de/ct-datenschutz24

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.





Netzdienner

Sechs Speicher für Balkonkraftwerke im Test

Ein Balkonkraftwerk spart im Sommer ordentlich Strom. Batteriespeicher hilft dabei, die heimische Überproduktion für später zu sichern, statt sie ins Netz zu verschenken. In Kombination mit einem flexiblen Stromtarif verlieren selbst die Gespenster „Flutterstrom“ und „Dunkelflaute“ ihren Schrecken.

Von Sven Hansen

Batteriespeicher ist günstig wie nie. Nicht einmal sechs Monate sind seit unserem letzten Test in c't 21/2024 vergangen [1] und der Preis pro Kilowattstunde

Speicherkapazität hat sich in einigen Fällen halbiert. Das macht ein Balkonkraftwerk mit Speicher zwar noch nicht zu einem „No-Brainer“, aber es verschiebt die ökonomische Abwägung für oder wider eine Speicherrlösung in eine positive Richtung.

Noch ein zweiter Aspekt macht den Batteriespeicher interessanter, als er noch im vergangenen Jahr war. Seit Jahresbeginn gelten neue Regeln für den Smartmeter-Rollout, mit denen die viel gescholtene Ampel den deutschen Energiemarkt oder zumindest die Zähleinrichtungen der Verbraucher auf den Stand der Zeit hieven wollte. Die wichtigste Änderung: Verbraucher haben nun ein Recht auf ein Smartmeter. Damit steht auch den privaten Haushalten der Zugang zu dynamischen, stundengenau abgerechneten Stromtarifen offen. Durch die unregelmäßige Produktion von Solar- und Windenergie ent-

stehen Preisschwankungen, denen man ausgeliefert ist – es sei denn, man kann Strom in besonders günstigen Stunden speichern und später abrufen.

Für diesen Teil unseres Speichertests haben wir sechs smarte Batterien für Balkonkraftwerke beschafft und dabei auf Tipps unserer Leser gehört. Die Geräte von Hoymiles und Zendure etwa standen ganz oben auf der Wunschliste. Vier Geräte sind als Komplettlösung für Neueinsteiger gedacht, zwei bieten sich als Nachrüstlösung für bestehende Balkonkraftwerke an. In letzter Kategorie treten der easySuntower Future der EAS AG sowie der recht günstige Nachrüstspeicher B2500H von Plenti Solar an.

Bei Jackerys Navi 2000 wie auch Zendures Hyper 2000 handelt es sich um Pakete mit integriertem Wechselrichter. Beide arbeiten bidirektional über eine einzelne

Verbindung mit dem 230-Volt-Hausnetz. Sie können ihren Speicher also über angeschlossene Solar-Panels befüllen und auf Wunsch auch direkt aus dem Netz laden. Bidirektional arbeitet auch der MS-A2 des Solarspezialisten Hoymiles, er bietet allerdings keine direkten Anschlüsse für Solarpanels.

Abgerundet wird das Feld durch ein Set von EcoFlow. Den smarten Wechselrichter PowerStream hatten wir zwar schon im vergangenen Test im Blick, dort allerdings mit einem vollwertigen Solar-generator kombiniert. Inzwischen bietet EcoFlow auch einfachen Batteriespeicher an und hat an der Software geschraubt – Grund genug, einen genauen Blick auf die Kombination aus PowerStream und EcoFlows namenlose „LFP-Batterie“ zu werfen.

Schwergewichte

Das EAS-Setup bringt zusammen rund 50 Kilo auf die Waage, danach liefern Jackery und Hoymiles die zweitschwersten Speicherblöcke mit einem Gewicht von 30 Kilogramm. Da freut man sich über jede Stelle am Gehäuse, wo man anständig zu packen kann. Lediglich bei Plenti B2500H muss man auf den Luxus eines Griffs oder einer Mulde verzichten, mit 20 Kilogramm gehört er allerdings zu den Leichtgewichten im Test.

Die Speicherlösungen von EAS, Jackery und Zendure lassen sich durch weitere Batteriemodule im Stapelverfahren ergänzen. EAS legt dem Basisset eine stabile Rollplatte bei, auf der man den Energieturm bei Bedarf durch die Garage schieben kann. Auch das Plenti-System lässt sich erweitern, allerdings werden die Speicherbausteine hier nur durch ein mitgeliefertes DC-Kabel verbunden. Stapelt man sie übereinander, wird das schnell zu einer wackeligen Angelegenheit.

Die Systeme von EcoFlow und Hoymiles lassen sich nicht direkt aufstocken.



Schick, aber dysfunktional: In der Mulde der EcoFlow-Batterie bekommt man den DC-Stecker kaum gelöst.

Beide Hersteller bieten allerdings den Betrieb mehrerer Setups parallel über ihre jeweilige App an. Hat man sich etwa einen zweiten smarten PowerStream-Wechselrichter mit Batterie installiert, kann man die Installation in der App bündeln und wie einen einzigen Speicher nutzen. Zendure kombiniert beide Möglichkeiten: physische Erweiterung und Bündelung mehrerer Systeme via App. Bei der Erweiterbarkeit gibt es große Unterschiede, was die maximale Kapazität sowie die Kosten angeht (siehe Tabelle). Wer sich diese Option offenhalten will, sollte beim Speicherkauf darauf achten.

Wie beim letzten Test arbeiten alle Speicher mit LiFePO₄-Zellen (Lithium-Eisenphosphat). Das macht sie gegenüber Blöcken mit herkömmlichen Lithium-Ionen-Zellen mit Cobalt(III)-oxid (LiCoO₂) wegen der niedrigeren Energiedichte zwar etwas schwerer, im Betrieb sind sie aber sicherer und langlebiger.

Die Zyklenfestigkeit geben alle Hersteller bis auf EcoFlow mit 6000 Zyklen an, manche allerdings mit einer dann noch vorhandenen Restkapazität von nur noch 70 Prozent. EcoFlow weist 3000 Zyklen bei einer Restkapazität von 80 Prozent aus. In der Praxis dürfte vorwiegend die in der App festgelegte maximale und minimale Be- und Entladung für die Batteriealterung verantwortlich sein. Einige Hersteller limitieren die maximale Entlادتiefe von Haus aus. Ist sie wie bei EcoFlow vollkommen frei justierbar, sollte man sie mit Bedacht einsetzen, schon um die Tiefentladung zu vermeiden.

Aufgestellt

Bis auf EcoFlow weisen alle Produkte die Schutzart IP65 aus, lassen sich theoretisch also auch im Freien installieren. Außer dem Plenti Solar B2500H sind alle mit einer Batterieheizung ausgestattet. Ohne Zusatzheizung nehmen die ruhenden Akkus zwar keinen Schaden, das Batteriemangement blockiert allerdings zu deren Schutz jegliche Be- oder Entladung.

In der Praxis sollte man einen möglichst geschützten Ort für den Speicher wählen, denn auch die Heizfunktion benötigt Energie. Die pralle Sonne sollte man ebenfalls vermeiden, um eine Überhitzung und somit Abschaltung an sommerlichen Tagen zu verhindern.

Für unsere Tests nutzten wir Standard-Panels mit 450 Watt Peak. Wer nachrüstet, sollte die maximalen Eingangswerte des Speichers und die Ausgänge der Solarin-



Die Erweiterungsbatterie des Plenti-Solar-Speichers stellt man aus Gründen der Stabilität lieber neben das Hauptgerät, auch wenn das DC-Kabel die Ästhetik versaut.

stallation im Blick behalten. Auf Nummer sicher geht man, wenn man neu kauft und die von den Herstellern empfohlenen oder direkt verkauften Module nutzt. Die Gesamtleistung der Panels darf bei einem Balkonkraftwerk laut gesetzlicher Vorgabe 2000 Watt Peak nicht übersteigen. Der easySuntower Future ist bis 3600 Watt Peak bespielbar und bietet so etwas Reserve. Dagegen fällt EcoFlows PowerStream mit 800 Watt Peak deutlich zurück. Hier braucht es schon zwei smarte Wechselrichter, um das Limit auszuschöpfen.

Die Speicher der EAS AG und von Plenti hängt man zwischen einen bestehenden Wechselrichter und die Solarpanels. Im Test klappte das mit unserem EZ1 von AP-Systems gut. Das muss nicht bei



Die Kabelpeitschen auf der Rückseite des Zendure Hyper 2000 sind zwar nicht schick, aber unglaublich praktisch in der Handhabung.



EAS easySuntower Future

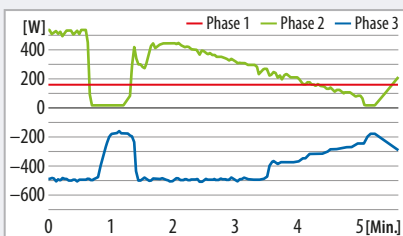
Batterie und Controller des stapelbaren Systems der EAS AG stecken in einem stabilen Blechgehäuse. Bis zu vier Akkublöcke lassen sich stapeln, was in einem Maximalausbau des Speichers von 10 kWh resultiert – der höchste im Testfeld.

Das für die Nulleinspeisung zuständige Energiemanagement übernimmt der Ultracontroller (rechts), der von einem Dritthersteller kommt. Installation und Bedienung sind folglich nicht aus einem Guss, einen großen Vorteil hat das Setup: Das EMS kann mit beliebigem Speicher arbeiten, der über eine DC-Leitung verbunden wird. Hat der Speicher sein Lebensende erreicht, tauscht man ihn gegen einen beliebigen eines anderen Herstellers aus.

Das EMS arbeitet präzise und führt die DC-Ausgabe an einen externen Wechselrichter feinstufig und mit geringer Latenz nach.

- ⬆️ auf 10 kWh aufrüstbar
- ⬆️ gute Nulleinspeisung mit Monitor
- ⬇️ umständliche Ersteinrichtung

Preis: 1700 Euro



EcoFlow PowerStream & LFP-Batterie

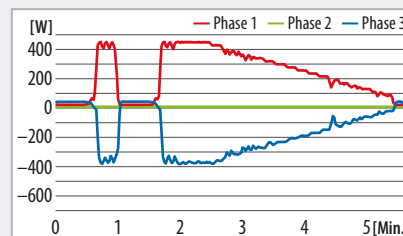
Der intelligente Wechselrichter PowerStream ist das Herzstück, er ist solide verarbeitet und schaut recht schick aus, arbeitet allerdings nur mit Panels bis maximal 800 Watt.

Die ebenso solide LFP-Batterie, die EcoFlow auch in einer 5-kWh-Variante anbietet, ist mit einem kleinen LCD ausgestattet, das die Restkapazität anzeigt. Erweiterbar ist der Speicher nicht. Man kann die Blöcke zwar stapeln, müsste dann allerdings in einen zweiten PowerStream investieren.

Der Wechselrichter arbeitet bei der Nulleinspeisung präzise, mit dem Tibber Pulse gibt es eine Variante der Verbrauchsmessung ohne tiefen Eingriff in den Sicherungskasten. Der Speicher arbeitet zeitgesteuert oder nach Verbrauch, lässt sich über EcoFlows gut dokumentiertes API aber auch via MQTT ins Smart Home einbinden.

- ⬆️ unterstützt Tibber Pulse
- ⬆️ viele Einstellungsmöglichkeiten
- ⬇️ nicht skalierbar

Preis: 1900 Euro



Hoymiles MS-A2

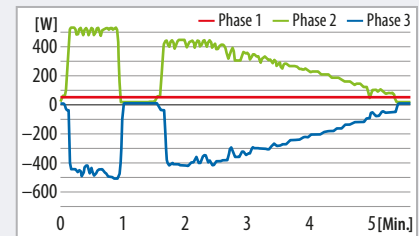
Der Speicherblock von Hoymiles erinnert an ein PC-Gehäuse aus längst vergangenen Tagen. Er ist äußerst stabil gebaut und lässt sich ohne ein Knarzen auch als Sitzbank nutzen.

Ausgewählte Hoymiles-Wechselrichter lassen sich in der App anmelden. Der Speicher nimmt dann Solarenergie auf, wenn die Wechselrichter sie ins 230-Volt-Netz einspeisen. Von dort bezieht der MS-A2 die Energie, sodass er auch weit weg von der eigentlichen Solarinstallation an einer beliebigen 230-Volt-Steckdose angeschlossen sein kann.

Die S-Miles App ist unübersichtlich und in Teilen schlecht übersetzt. Wer der englischen Sprache mächtig ist, sollte die entsprechende Einstellung bevorzugen. Der Steuerungsfehler bei der Zusammenarbeit mit Shellys Pro 3EM sollte bei einem Produkt dieser Preisklasse nicht auftreten.

- ⬆️ bidirektional AC
- ⬇️ keine Solaranschlüsse
- ⬇️ fehlerhafte Nulleinspeisung

Preis: 1000 Euro



allen Wechselrichtern der Fall sein, da nicht jedes Modell mit der vom Batteriespeicher konstant per Gleichstrom zugeführten Energie zurechtkommt. Vorteil dieser Schaltung ist aber, dass etwaige Stromspitzen der erlaubten 2000 Watt Peak nicht verloren sind, weil der Wechsel-

richter nur 800 Watt abgeben darf, sondern dass der Akku sie sich vorher abgreift. Hoymiles liefert mit dem MS-A2 eine ungewöhnliche Hardware, da sie keine Anschlussmöglichkeiten für Solarmodule bietet. Den Speicher schließt man an der Steckdose des 230-Volt-Netzes an, wie

auch einen separaten Hoymiles-Wechselrichter. Der Hersteller bewirbt das System zu Recht als einfach in der Installation, verschweigt allerdings die geringere Effizienz gegenüber integrierten Lösungen. Während die Konkurrenz den Solarstrom DC-seitig direkt in die Batterie puffern



Jackery Navi 2000

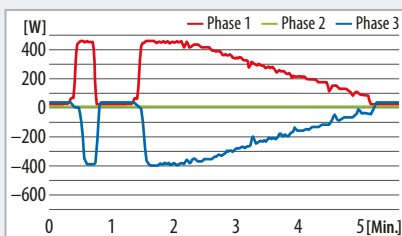
Der Navi 2000 nimmt im Test die größte Standfläche in Anspruch. Unter dem Kunststoffgitter an der Oberseite liegen zudem die Kühlrippen des integrierten Wechselrichters – abdecken darf man ihn daher nicht. Die Status-LEDs an der Front sind nicht gut zu erkennen.

Mit aktuellen Smartplugs von Shelly arbeitete das Gerät problemlos zusammen. Allerdings kann das Gerät nur eine der drei von diesem überwachten Phasen eines Hausanschlusses auswerten und entsprechend einspeisen. Es bräuhete also drei Geräte, um den gesamten Haushalt abzudecken.

Die App bietet nur wenige Einstellmöglichkeiten und selbst die verbleibenden sind nicht immer selbsterklärend. Aktiviert man etwa den ECO-Modus in den Energiemessereinstellungen, setzt das die Messfrequenz des Shelly-Monitors herab und führt zu ungenauerer Nulleinspeisung.

- ⬆️ bidirektional AC
- ⬇️ geringer Funktionsumfang
- ⬇️ einphasige Nulleinspeisung

Preis: 1400 Euro



Plenti Solar B2500H

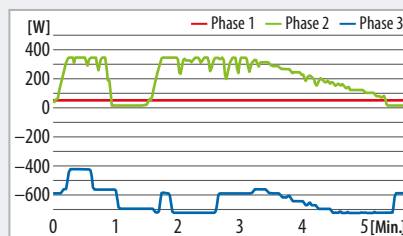
Der Speicherblock von Plenti ist mit Abstand der günstigste im Test. Den kompakten Block mit hochglänzender Kunststofffront könnte man auch ins Wohnzimmer stellen. Hersteller scheint Marstek zu sein, der mit dem B2500-D ein weniger schickes Modell mit identischer Technik anbietet. Bis zu zwei Zusatzbatterien lassen sich über DC-Kabel verbinden.

Für den als Zubehör erhältlichen Energiemonitor ruft Plenti 200 Euro auf, im Test tat es der günstigere von Marstek. Bei der Nulleinspeisung (nur einphasige Erkennung) überzeugt das System allerdings nicht. Es erkennt nur grobe Lastverläufe und steuert mit deutlichem Zeitverzug nach.

Viel Geduld braucht es auch mit der Power-Zero-App, deren Cloudanbindung nur träge funktioniert. Immerhin bietet sie ein übersichtliches Dashboard und statistische Informationen zum Solarertrag.

- ⬆️ günstig
- ⬆️ schick & solide verarbeitet
- ⬇️ ungenaue Nulleinspeisung

Preis: 400 Euro



Zendure Hyper 2000 & AB2000S

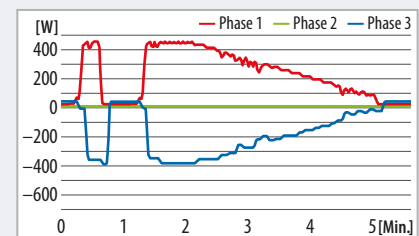
Zendures Hyper-System steckt in einem stabilen Aluminiumgehäuse. Die Batterien mit dem „S“ am Ende sind mit einer integrierten Löscheinheit ausgestattet, die im Falle eines Falles einen Akkubrand verhindern sollen. Der auf bis zu vier Akkus thronende Hyper 2000 ist an der vorderen Unterkante mit RGB-LEDs ausgestattet, die über den Systemzustand Auskunft geben.

Die App ist übersichtlich gestaltet, bietet viele Funktionen und nimmt den Nutzer bei jedem Schritt an die Hand. Der Speicher lässt sich auf vielerlei Arten ansteuern und richtet sich als einziger auf Wunsch nach dynamischen Stromtarifen.

An der Rückseite findet sich eine Kabelpeitsche für vier Module. Allerdings wird nicht jedes einzeln per MPPT angesprochen, sondern der Hyper 2000 steuert je zwei gemeinsam an.

- ⬆️ bidirektional AC
- ⬆️ vorbildliche App
- ⬆️ erkennt dynamische Strompreise

Preis: 1000 Euro



kann, ist beim Hoymiles-Ansatz eine doppelte Wandlung von DC zu AC und zurück fällig, wobei Energie als Abwärme verloren geht. Zudem müssen sich die übrigen Verbraucher und der zu ladende Akku die rechtlich auf 800 Watt begrenzte Einspeisung des Wechselrichters teilen.

Auch bei diesem Test fiel uns der ein oder andere Designfehler auf. So lässt sich etwa die EcoFlow-Batterie – einmal verbunden – kaum wieder aus dem Setup befreien. Der solide DC-Stecker verbeißt sich fest in den Speicher, erst mit viel Geduld – und einem Salatbesteck – ließ er sich lösen.

Ebenso ungünstig liegen die MC4-Anschlüsse des Plenti Solar B2500H: Mit dem gängigen Werkzeug für Solarverbindungen bekommt man sie kaum zu fassen. Außenliegende Anschlüsse oder gar eine Kabelpeitsche wie bei Zendure sind zwar nicht so schick, im Fall

der Fälle aber deutlich leichter zu erreichen.

Navi 2000 und Hoymiles MS-A2 sind mit einer Schukosteckdose ausgestattet. Bei Stromausfall kann man hier einen Verbraucher anschließen. Für die Zendure-Batterien und auch den easySuntower gibt es passende Notstrommodule als Zubehör.

Besonders herausfordernd war die Inbetriebnahme des easySuntower Future, dessen Name leider nicht Programm war. Das lag zum einen an der unzureichenden Beschriftung am Gerät, am Ende aber auch an der unzulänglichen Dokumentation. Das Set besteht aus der eigentlichen Batterie, auf der ein „easySuntower Controller“ sitzt, der zusätzlich von dem „Ultra Controller“ ergänzt wird. Sowohl Controller als auch Ultra Controller verfügen über Solareingänge und so wird schon die Hardware-Installation zum Ratespiel.

Der freundliche Support unterstützt einen immerhin mit zusätzlicher Dokumentation und nach Lektüre und Recherche entpuppt sich der Ultra Controller als zugekauftes Energy-Management-System (EMS) des chinesischen Herstellers Tentek. Dieses arbeitet komplett unabhängig vom angeschlossenen DC-Speicher. Die easySuntower-Batterie lässt sich also über

den Controller oder den Ultra Controller laden, das Energiemanagement funktioniert allerdings ausschließlich über letzteren Weg.

Software

Kopfschmerzen bereitete auch die Software-Installation des easySuntowers, denn Batterie- und Energiemanagement sind hier in zwei unterschiedlichen Apps untergebracht. Die Batterie kann man direkt via Bluetooth über das von anderen Speicherbatterien bekannte JBD-BMS ansprechen. Durchsucht man den Playstore nach „JBD BMS“, stößt man auf eine potente Analyse-App (die mit dem Elefanten), mit der man den Speicher bis auf die letzte Zelle durchleuchten kann. Die von Tentek stammende T-Shine-App, die für das Energiemanagement zuständig ist, weiß davon allerdings nichts. Sie sieht nur einen DC-Speicher und dessen verbleibende Ausgangsspannung.

Verglichen damit ist die Installation der anderen Kandidaten ein Kinderspiel. Die jeweiligen Apps erkennen die Batterien per Bluetooth, danach bindet man sie ins WLAN ein. Bei allen sechs Kandidaten registriert man sich in der jeweiligen Cloud, wo statistische Daten zum Energie-

ertrag abgelegt werden. Jackerys Navi 2000 lässt sich auch als Access-Point betreiben. So kann das System etwa im Wohnmobil eigenständig eine Verbindung zu weiterem Zubehör aufbauen.

Auf einen Blick geben die Apps Auskunft über die aktuelle Solarproduktion und – bis auf die T-Shine-App – über den aktuellen Füllstand des Speichers. Maximale Lade- und Entladegrenzen lassen sich einstellen, wobei gefühlt der schwarze Peter oft beim Kunden liegt. Hinweistexte informieren, dass man Be- und Entladeschwellen hoch ansetzen sollte. Oder andersherum: Nutzt man die volle Kapazität, ist man selbst schuld, wenn der Speicher nicht so lange hält.

Die Apps von Jackery und Hoymiles (S-Miles) sind etwas unübersichtlich geraten. Das gilt für die kleinteilige Dashboard-Ansicht wie auch das Einstellungs-menü. Bei S-Miles gibt es zudem noch grobe Bugs, die ein effektives Energiemanagement verhindern (siehe unten). Plenti liefert mit der Power-Zero-App immerhin einen soliden Überblick über den Systemstatus, wobei uns hier die hohe Latenz der Clouddaten aufgefallen ist. Es braucht jeweils etwa eine Minute, bis die App Veränderungen anzeigt.

Die Jagd nach der Null

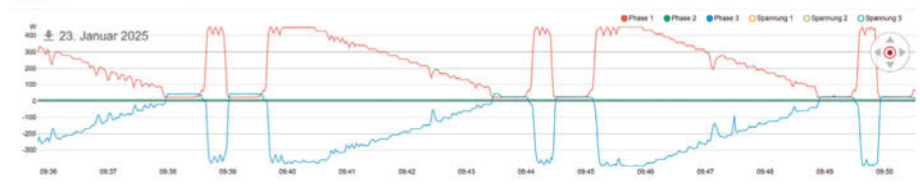
Mit der heutigen Technik ist es möglich, auch komplexe Lastkurven eines Verbrauchers in Echtzeit durch eine entsprechende Einspeisung auszugleichen. Die präzisesten Ergebnisse im Test lieferte die Kombination aus Ecoflow Power-Stream und einem dazugehörigen Smartplug (oben). Der Zwischenstecker misst präzise und gibt die Daten nahezu latenzfrei an den smarten Wechselrichter.

Dass man selbst mit externem Wechselrichter passable Ergebnisse erzielen kann, bewies der easySuntower Future. Auch wenn der Energiemonitor mit den Stromzangen nicht ganz so präzise arbeitet wie ein Zwischenstecker, genügten die Daten dem Tentek-EMS, um die Einspeisung DC-seitig entsprechend anzupassen (Mitte).

Der Speicher von Plenti Solar reagierte mit 4 Sekunden Versatz auf Lastwechsel und konnte die Leistung am DC-Ausgang nur grobstufig anpassen (unten).

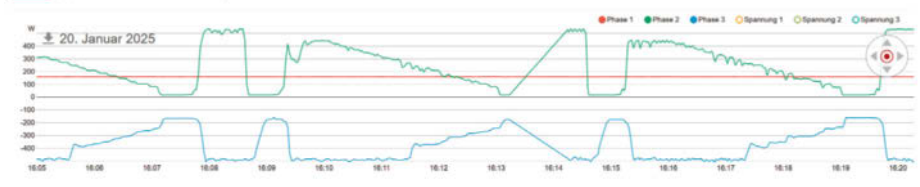
EcoFlow Smart Plug

56 (414 + 8 -366)



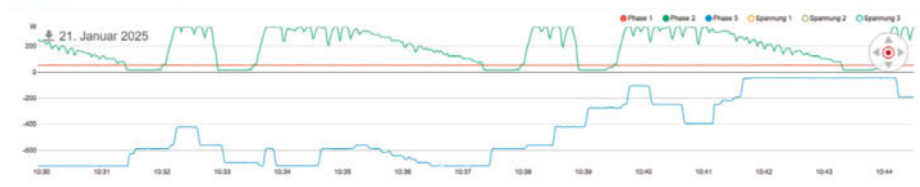
easySuntower Future

185 (159 + 529 -503)



Plenti Solar

-248 (54 + 57 -359)



EcoFlow bietet mit die meisten Einstellungsmöglichkeiten, Konkurrent Zendure hat am Ende jedoch die überzeugendste App im Angebot. Der Assistent für die Ersteinrichtung arbeitet vorbildlich, zu den diversen Einstellungsmöglichkeiten gibt es stets aussagekräftige Erklärtexpte auf Deutsch. Motivierende Energy-Charts, die man gleich aus der App heraus teilen kann, runden das Gesamtpaket ab.

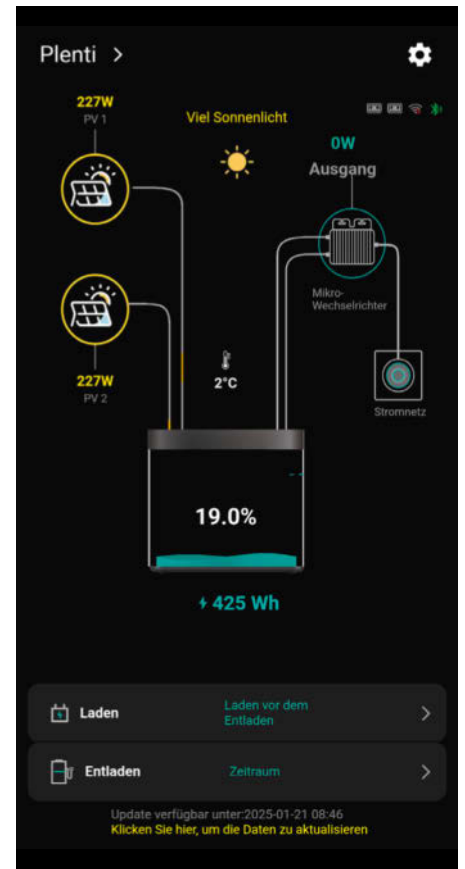
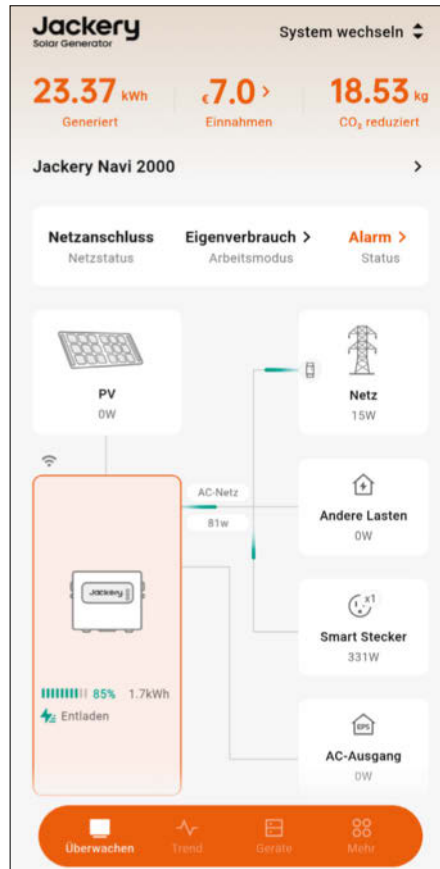
Nullsummen

Zum Abgeben des Stroms lassen sich alle Speicher in einem Modus betreiben, in dem sie eine feste Leistung nach einem vom Nutzer eingestellten Zeitplan abgeben. Das ist praktisch, um etwa den kontinuierlichen Standby-Verbrauch eines Haushaltes abzufuffern.

Bei Hoymiles etwa kann man ganze Tagesprofile in Form von Lastkurven anlegen, falls die Grundlast sich je nach Tageszeit deutlich unterscheidet. In anderen Apps löst man diese Aufgabe, indem man über den Tag verteilt verschiedene Timer-Ereignisse mit unterschiedlichen Einspeisewerten setzt. In der Praxis wird man die Grundlast zwar grob schätzen können, sie aber niemals exakt abdecken. Wählt man einen zu hohen Wert, speist man Strom ohne Gegenleistung ins Netz, wählt man einen zu niedrigen, bezieht man Strom, obwohl noch welcher im Akku wäre.

Hier zeigt sich, welcher der Batterieklötze wie smart wirklich ist. Um die tatsächliche Grundlast zu ermitteln, können alle Geräte im Test mit WiFi-Energiemonitoren kommunizieren, die über Stromwandler den Stromverbrauch direkt hinter dem Zähler des Netzbetreibers ermitteln.

Beim Tentek-EMS des easySuntower-Speichers ist ein proprietärer Energiemonitor enthalten, für Plentis B2500H gibt es eine spezielle Lösung von Marstek. Die anderen Kandidaten arbeiten mit Messtechnik des Smart-Home-Spezialisten Shelly zusammen. Das ist kein Zufall, denn Shelly ist besonders flexibel bei der Anbindung seiner Hardware an externe Systeme. So wird der Energiemonitor Shelly Pro 3EM bei EcoFlow und Zendure über den Shelly-Cloudzugang angebunden, während die Hardware bei Jackery und Hoymiles direkt mit den Geräten verknüpft wird. Als Folge lässt sich die Shelly-Hardware bei EcoFlow und Zendure auch nach der Kopplung wie gewohnt über die Shelly-App nutzen, während sie bei der Konkurrenz ausschließlich im jeweiligen System erscheint.



Das Jackery-Dashboard (links) ist etwas kleinteilig geraten, bei Plentis Solars Power Zero (rechts) geht es übersichtlicher zu.

Die Stromzangen greifen jeweils alle drei Phasen eines Hausanschlusses ab. Die Kombination aus Plenti-Speicher und Monitor kann allerdings nur eine Phase überwachen und ausgleichen; damit ist also das sogenannte Saldieren, das Summieren aller Verbräuche über alle Phasen, nicht möglich. Dieselbe Einschränkung findet sich auch bei Jackery. Die Zendure-App ist hier wieder vorbildlich, da sie beide Betriebsmodi – saldierend oder einphasig – erlaubt und ausführlich erläutert.

Shelly bietet neben dem oben erwähnten Energiemonitor mit Stromzangen auch smarte Zwischenstecker, die sich ebenfalls verknüpfen lassen. Sie liefern Messdaten zu unterschiedlichen Verbrauchern – Kühlschrank, Kaffeemaschine, Mikrowelle oder Thermomix –, können aber Festverdrahtetes wie Herd und Ofen nicht erwischen. Da sie genauer arbeiten als die Energiemonitore mit Stromzangen, liefern sie die beste Voraussetzung für eine Nulleinspeisung. Der Wechselrichter muss lediglich in der Lage sein, die Lastkurve im Negativen als Stromeinspeisung nachzubilden.

Wie gut das funktionieren kann, zeigt EcoFlow im Test in Kombination mit seinen proprietären Messsteckern, die der Hersteller als Zubehör anbietet (30 Euro). Als Last nutzten wir im Test ein Labornetzteil, das einen reproduzierbaren „Verbrauchskeil“ erzeugte, den die unterschiedlichen Kombinationen aus Energiemonitor, Zwischenstecker und Speicher ausgleichen mussten. Die Präzision sagt etwas über die Genauigkeit der Messung oder die Nachführbarkeit des Wechselrichters, ein zeitlicher Versatz etwas über die Latenz.

Das EcoFlow-System brachte es auf eine fast gespiegelte Einspeisung und zeigt, was möglich ist, wenn man Messtechnik und Einspeisung im Griff hat. Doch auch das easySuntower-System kann punkten, obwohl es ohne präzise Zwischenstecker auskommt und vor allem keinen internen Wechselrichter besitzt. Nur mit den ungenaueren Daten des Tentek-Energiemonitors in der Verteilung und durch Steuerung des DC-Ausgangs hin zum externen Wechselrichter gleicht es die Lastkurve annähernd aus.

Das identisch ausgestattete System von Plenti scheitert an dieser Aufgabe.

Wegen zu hoher Latenz und der grobstufigen DC-Ausgabe an den Wechselrichter ist die gespiegelte Lastkurve nur noch mit Fantasie zu erkennen. Dabei sollte man bedenken: Unser Lasttest klopft den schlimmsten Fall ab. Produziert ein Verbraucher eine kontinuierliche Last, schwingen sich fast alle Systeme nach wenigen Sekunden ein.

Einzigste Ausnahme: der Hoymiles-Speicher MS-A2. Er arbeitet zwar mit Shellys Zwischensteckern zusammen, rutschte beim Einsatz des Pro 3EM jedoch reproduzierbar auf die in der App einstellbare, höchste Einspeisung und blieb dort hängen. Nach vielen Versuchen halten wir das für einen handfesten Bug: Beobachtet man die im Dashboard angezeigten Daten, fällt auf, dass die Last (Load) als Summe der Messung des Energiemonitors (Grid) und der Einspeisung des MS-A2 selbst gebildet wird. Da die Einspeiseleistung plus der reale Verbrauch wiederum als Last anfällt, erhöht der Speicher die Einspeisung und landet in einer Schleife, die bei maximaler Einspeiseleistung endet.

EcoFlow bietet für Kunden des Stromanbieters Tibber noch einen dritten Weg, der ohne harte Eingriffe in die Stromver-



Energiemonitore – im Bild ohne Stromzangen und Kabelgewirr – liefern den Batterien per WLAN Daten über den aktuellen Stromverbrauch. Bei Plenti Solar (links) handelt es sich um eine Box mit USB-Netzteil. Die Monitore von Tentek und Shelly (rechts) werden auf der Hutschiene im Sicherungskasten montiert.

teilung auskommt. Denn die Installation der Stromzangen ist in der Regel ein Fall für den Elektriker. Selten liegen die drei Phasen so offen, dass man die klobigen Klammern lässig um den Leiter werfen könnte, und sowohl Shelly Pro 3EM als auch der Tentek-Monitor benötigen einen Platz auf der Hutschiene sowie eine ebenfalls dreiphasige Stromversorgung.

Der Tibber Pulse hingegen wird per Magnet auf die IR-Schnittstelle eines Smartmeters gepappt und liefert Echtzeitdaten des Momentanverbrauchs über eine WLAN-Bridge in die Tibber-Cloud. Von dort aus zapft sie EcoFlow an, sobald man die Accounts in der App verknüpft hat. Die Daten kommen mit höherem Zeitversatz und sind nicht so fein aufgelöst wie die vom Shelly-Monitor, dafür kommt man ganz ohne Elektriker aus.

Bewohner einer Mietwohnung mit Zählerinstallation im Keller können sich mit einem kleinen Trick helfen. Zwar liegt der Zählerraum üblicherweise außerhalb des eigenen WLANs. Will man die Hutschienenzähler oder den Pulse nutzen, könnte man die Nachbarn im Erdgeschoss über dem Anschlussraum fragen, ob man die Hardware dort einbuchen dürfte.

Netzdienlich

Als „Netzdienlich“ bezeichnet man Komponenten im Stromnetz, die Unregelmäßigkeiten in der Netzauslastung ausgleichen können. Batteriespeicher ist eine solche Komponente, da er – bei einem Überangebot befüllt – bei hohem Bedarf Energie abgeben kann.

Eine automatische Einspeisevergütung für Privathaushalte gibt es (noch) nicht, aber man kann die Batterie zumindest über Smartmeter und dynamischen Stromtarif zu günstigen Zeiten am Tag laden, um den gespeicherten Strom zu

teuren Zeiten zu verbrauchen. Rechnungen zur Wirtschaftlichkeit sahen bisher mau aus [2]. Doch die Speicherpreise purzeln. Zudem: Je mehr regenerative Energiequellen einspeisen, desto „flatterhafter“ wird der Strompreis an der Börse. Hat man genug Speicherkapazität, ist das eine gute Nachricht.

Die Hälfte der Testkandidaten arbeitet von Haus aus bidirektional an der 230-Volt-Steckdose. Sie können also Strom einspeisen oder aber über denselben Weg auch beziehen. Was sie mit dieser Fähigkeit anstellen, ist recht unterschiedlich. Bei Jackery und Hoymiles kann man die Netzladung per Timer anstoßen. Das genügt zumindest, um eine Grobplanung für das Laden von Billigstrom anzulegen, denn näherungsweise folgt der Strompreis über den Tag und am Wochenende einem festen Muster.

Das vorgefertigte Raster kann jedoch durch Ausnahmen wie Feiertage auch mal gehörig durcheinander kommen. Die S-Miles-App bietet zudem den „TOU-Modus“. Aktiviert man die empfohlenen Einstellungen, soll sich alles von selbst strompreisoptimiert zurechtrütteln: „Der Plan wird kontinuierlich optimiert.“ Während des Tests war in dieser Wundertüte nichts drin, oder der Testzeitraum war für die KI im Hintergrund zu kurz.

Die Zendure-App war der Konkurrenz diesbezüglich mindestens eine Pferdelänge voraus: Die App zeigt den aktuellen Preisverlauf an der Strombörse an und kann den Speicher auf dieser Basis präzise steuern. Sackt der Preis pro Kilowattstunde unter 20 Cent, saugt er sich voll. Steigt er über 40 Cent, speist er ein. Auf Wunsch ergänzt man das Programm um eine feste Grundlast oder aktiviert – bei angeschlossenem Messgerät – das Gegensteuern gegen einzelne Lasten oder den ganzen Haushalt.



Übersichtliche Darstellung, gute Erklärungstexte und am Ende noch motivierende Trophäen: Bei der Zendure-App bleiben kaum Wünsche offen.

Fazit

Speichern macht Spaß – selbst bei Schietwetter und Dunkelflaute. Dann braucht es allerdings einen dynamischen Stromtarif, der dank Smartmeter-Recht auch hierzulande erhältlich ist; mehr dazu in einer der nächsten c't. Sinkende Speicherpreise machen das Jonglieren mit der Energie zunehmend interessant.

Wer hier mitspielen will, kommt bei Zendure voll auf seine Kosten. Und auch in Sachen Erweiterbarkeit und vor allem Bedienbarkeit und Funktionsumfang bekommt man beim Balkonkraftspezialisten viel geboten. Die Speicher von Hoymiles

und Jackery können da nicht ganz mithalten. Jackery muss im neuen Geschäftsfeld noch Kompetenz aufbauen, während Hoymiles eigentlich auf Solar- und Speicherlösungen fokussiert ist. Hier hat man sich wohl zu lange auf Großanlagen spezialisiert und die Balkonkraft erst spät als Geschäftsfeld entdeckt. Auch EcoFlow kann nicht voll überzeugen, denn der PowerStream bräuchte dringend einen potenten Nachfolger: 2000 Watt Peak Solar, 4 MPPT-Kreise und bidirektionaler AC-Anschluss stehen auf der Wunschliste.

Der easySuntower Future ist – bei allen Anlaufschwierigkeiten – am Ende ein

spannendes Paket. Gute Erweiterbarkeit, flexible Akkununutzung und solide Nulleinspeisung machen den Werkstattspeicher attraktiv. Als Preistipp und günstige Nachrüstlösung bleibt Plenti Solar's B2500H. Für einen ersten Ausflug in die Welt der Kleinkraftwerksbetreiber reicht er allemal. (sha@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Sven Hansen, Nullsummenspiel, Sechs Speicher für Balkonkraftwerke im Test, c't 21/2024, S. 62
- [2] Jan Mahn, Energie für später, Wann sich Speicher für Balkonkraftwerke lohnen, c't 21/2024, S. 58

Speicher für Balkonkraftwerke

Hersteller	EAS AG, easag.de	EcoFlow, de.ecoflow.com	Hoymiles, hoymiles.com	Jackery, de.jackery.com	Plenti Solar, plentisolar.de	Zendure, zendure.de
Produkt	easySuntower Future	PowerStream	MS-A2	Navi 2000	B2500H	Hyper 2000 & AB2000S
Firmware	v4.3.4.6	v1.0.1.217	v1.03.06	v1.0.0	V218	v2.1.18
Typ	Speicher & Steuermodul	mobiler Speicher und proprietärer Microinverter	AC-Speicher	mobiler Solargenerator mit integriertem Microinverter	stationärer Speicher	mobiler Speicher und smarter Microinverter
Ausstattung						
PV max. Eingangsleistung	3,6 kW	0,8 kW	–	1,6 kW	1 kW	1,8 kW
MPPT-Strings	insgesamt 4	2	–	2	2	2
Ausgang DC (zu Microinverter)	max. 1600 Watt	–	–	–	max. 2 × 400 W	–
Ausgang AC (Grid)	–	max. 800 Watt	max. 1000 Watt	max. 1200 Watt	–	max. 1200 Watt
Eingang AC	–	–	max. 1800 Watt	max. 1600 Watt	–	max. 1200 Watt
Schutzart / Temperaturbereich	IP65 / -25 bis 55 °C	IP54 / -20 bis 50 °C	IP65 / 0 bis 55 °C	IP65 / -20 bis 55 °C	IP65 / -20 bis 55 °C	IP65 / -25 bis 60 °C
Kommunikation	Wi-Fi 4 (2,4 GHz)	Wi-Fi 4 (2,4 GHz), Bluetooth	Wi-Fi 4 (2,4 GHz), Bluetooth	Wi-Fi 4 (2,4 GHz)	Wi-Fi 4 (2,4 GHz)	Wi-Fi 4 (2,4 + 5 GHz), BT
App (iOS / Android)	T-Shine (✓ / ✓)	EcoFlow-App (✓ / ✓)	S-Miles (✓ / ✓)	Jackery Home (✓ / ✓)	Power Zero (✓ / ✓)	Zendure (✓ / ✓)
Eingänge	4 × MC4	2 × MC4, AC-Einspeisung	AC 1800 Watt	2 × MC4	2 × MC4	4 × MC4
Ausgänge	2 × MC4 zu Microinverter	unidirektional AC	bidirektional AC, Schuko-Steckdose AC 0,8 kW	bidirektional AC, Schuko-Steckdose AC 1,2 kW	2 × MC4 zu Microinverter	bidirektional AC
Anzeige	Status-LEDs	Display, Status-LED	Status-LED, Battery Level	4 Status-LEDs	4 Status-LEDs	LED-Streifen, Status-LED
Batterie						
Typ	LiFePO4	LiFePO4	LiFePO4	LiFePO4	LiFePO4	LiFePO4
Kapazität	2,5 kWh	2,05 kWh	2,24 kWh	2,048 kWh	2,24 kWh	1,92 kWh
Ladezyklen (Herstellerrangabe)	6000	3000	6000	6000	6000	6000
max. Entladetiefe	82 %	100 %	90 %	95 %	90 %	95 %
erweiterbar / Maximalkapazität	✓ / 10 kWh	– / alternativ 5-kWh-Version	– / – (laut Hersteller 2 Geräte per App koppelbar)	✓ / 8 kWh	✓ / 6,7 kWh	✓ / 7,7 kWh (laut Hersteller 3 Geräte per App koppelbar)
Besonderheiten	heizbarer Akku	heizbarer Akku, MQTT	heizbarer Akku, läuft ausschließlich über AC-Schiene	heizbarer Akku	–	über ZenLink kombinierbar
Garantie	10 Jahre	10 Jahre	10 Jahre	10 Jahre	10 Jahre	10 Jahre
Zubehör						
Smart Plugs	–	✓	✓ (Shelly)	✓ (max. 3)	–	✓ (Shelly)
Smart Meter	✓	✓ (Shelly)	✓ (Shelly)	✓ (Shelly, einphasig genutzt)	✓ (einphasig genutzt)	✓ (Shelly)
Maße	32 × 20 × 18 cm	35 × 20 × 28,5 cm	45,5 × 22 × 45,7 cm	44,1 × 35 × 37,8 cm	35 cm × 30 cm × 17,5 cm	73 × 49,8 × 10 cm
Gewicht Basis-Setup	48 kg	17 kg	32 kg	30 kg	20 kg	30 kg
Gewicht Zusatzakku	31 kg	–	–	19 kg	20 kg	22 kg
Bewertung						
Installation	⊖⊖	⊕	○	⊕	○	⊕⊕
Ausstattung	○	○	⊕	⊕	○	⊕
Bedienung	⊖	⊕	○	⊖	○	⊕⊕
Leistungsregelung	⊕	⊕⊕	⊖	○	⊖	⊕⊕
Preise						
Preis (ohne Panels, mit Basis-Akku)	1700 €	1850 €	1000 €	1400 €	500 €	1000 €
Preis Zusatzbatterie	800 €	–	–	700 €	450 €	600 €
Preis pro kWh ¹ Basis-Setup	680 €	938 €	494 €	684 €	223 €	521 €
Preis pro kWh ¹ Erweiterung	320 €	–	–	342 €	200 €	313 €

⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden – nicht vorhanden k.A. keine Angabe ¹ errechneter Preis für 1 kWh nutzbare Speicherkapazität

Mini mit Extras

Mini-PC Asus NUC 14 Pro AI mit Intel Core Ultra 9 288V



Der NUC 14 Pro AI ist der erste Mini-PC mit Intels sparsamem Prozessor „Lunar Lake“. In ihm stecken auch ein kräftiger Grafikprozessor sowie eine KI-Recheneinheit. Der Mini-PC hat aber noch weitere Besonderheiten.

Von Christof Windeck

Beim Mini-PC NUC 14 Pro AI macht Asus einiges anders als bei den bisherigen NUCs („Next Unit of Computing“). Manches davon verbirgt sich im Gehäuse, zwei Dinge sieht man jedoch schon von außen: Im Gehäusedeckel sitzt ein Fingerabdrucksensor für Windows Hello und an der Front eine zusätzliche Taste für die KI-Assistenzfunktionen „Copilot“ von Windows 11. Die ist bisher allerdings erst teilweise auf dem Mini-PC nutzbar. Zu den

weiteren Besonderheiten des NUC 14 Pro AI gehören eingebaute Mikrofone und Lautsprecher sowie vor allem der Prozessor, in unserem Testmuster der Intel Core Ultra 9 288V.

Letzterer ist das Spitzenmodell der Mobilprozessorfamilie Lunar Lake, die Intel seit Herbst 2024 ausliefert. Es ist derzeit Intels einzige CPU-Serie, die die Anforderungen von Microsoft für Copilot+ erfüllt. Zu denen gehört vor allem eine sparsame Neural Processing Unit (NPU), die pro Sekunde mindestens 40 Billionen ganze Zahlen mit je 8 Bit (Int8) verarbeitet, also 40 Tops. Die NPU des Core Ultra 9 288V schafft 48 Tops.

Der Prozessor hat auch den bisher modernsten integrierten Grafikprozessor von Intel. Er gehört zur zweiten Xe-Generation und ist für einen solchen IGP relativ stark, wie die Ergebnisse in den 3DMark-Disziplinen Time Spy und Steel Nomad zeigen. Damit taugt der NUC 14 Pro AI für gelegentliche Spielchen in Full-HD-Auflösung. Die Xe-GPU kann zudem auch KI-Rechen-

aufgaben erledigen, schluckt dabei aber mehr Strom als die NPU.

Der CPU-Teil besteht aus je vier Performance- und Effizienzkerneln. Die P-Cores takten mit bis zu 5,1 GHz und gehören zu den stärksten x86-Kernen für Mobilprozessoren. Mit 129 Punkten im Singlethreading-Teil des Cinebench 2024 liegt der Core Ultra 9 288V praktisch gleichauf mit dem Qualcomm Snapdragon X und sogar dem Desktop-PC-Prozessor AMD Ryzen 9 9900X. Wegen dieser hohen Singlethreading-Rechenleistung fühlen sich viele Apps recht spritzig an.

Die Multithreading-Performance ist hingegen bloß mitteltoll, einfach weil andere Mobilprozessoren viel mehr CPU-Kerne haben. Im Cinebench 2024 entspricht die Rechenleistung des Core Ultra 9 288V in etwa der eines zwei Jahre alten Apple M2. Der aktuelle M4 ist bei Multithreading um 47 Prozent stärker und bei Singlethreading um 38 Prozent.

RAM eingebaut

Der Apple-Vergleich bietet sich auch beim RAM an: Ebenso wie ein M4 bringt jeder Core Ultra 200V sein RAM mit, und zwar entweder 16 oder 32 GByte LPDDR5X-RAM. Der NUC 14 Pro AI hat deshalb keine Fassung für Arbeitsspeicher. Nur die SSD ist austauschbar.

In unserem Testmuster steckte eine flotte PCIe-4.0-SSD von Western Digital mit 1 TByte Kapazität. Für diese Konfiguration mit 32 GByte RAM, 1-TByte-SSD und Windows 11 Pro verlangt Asus satte 1750 Euro. Die Versionen des Mini-PCs mit vorinstallierter Pro-Version von Windows 11 enthalten weitere typische Zutaten für Bürocomputer: Intels Fernwartungsfunktion vPro und einen separaten TPM-2.0-Chip.

Die billigste Konfiguration des NUC 14 Pro AI für 990 Euro hat einen Core Ultra 5 226V mit 16 GByte RAM, eine 512-GByte-SSD, Windows 11 Home und den WLAN-Chip BE200 ohne vPro. Die



Kein RAM-Steckplatz: Seinen Arbeitsspeicher bringt Intels Core Ultra 200V gleich mit. Daher hat der Asus NUC 14 Pro AI nur Wechselfassungen für eine M.2-SSD und den WLAN-Adapter.

CPU-Performance liegt bei Singlethreading rund 14 Prozent niedriger als beim Core Ultra 9 288V und bei Multithreading um rund 26 Prozent (Cinebench 2024: 113/488 Punkte). Um nochmals auf den schnelleren Mac mini M4 zu schießen: Der kostet in der Basisversion mit 16/256 GByte erschwingliche 699 Euro, mit 32 GByte und 1-TByte-SSD 1619 Euro.

Leisetreter

Endlich hat es Asus geschafft, einen NUC mit guter Lüfterregelung zu bauen. Im Leerlauf hört man den Ventilator praktisch nicht. Unter hoher Last dreht er zwar auf, bleibt aber stets unter 1 sone – damit kann man gut leben, zumal es eher selten passiert. Doch auch in dieser Disziplin ist der Apple Mac mini M4 das Maß der Dinge [1], abgesehen von lüfterlosen Konstruktionen.

Das Gehäuse des NUC 14 Pro AI ist etwas größer als das der NUC 14 Pro/Pro+. Vielleicht trägt das auch zum leiseren Betrieb bei, weil ein größerer Kühler hineinpasst. Das Netzteil ist weiterhin ein externes Gerät und mit 120 Watt deutlich überdimensioniert. Betrieb per USB-PD-Speisung beherrscht der NUC 14 Pro AI nicht.

Im Leerlauf nimmt der NUC 14 Pro AI 5,4 Watt Leistung auf – das sind 2 bis 3 Watt mehr, als wir erwartet hätten. Der Mac mini mit M4 begnügt sich hingegen mit lediglich 1,7 Watt, das ist weniger als bei einem Raspberry Pi 5.

Anders als die vielen Varianten des NUC 14 Pro(+) hat die AI-Version nur eine einzige HDMI-Buchse, zwei weitere Monitore passen an die beiden Thunderbolt-4-Buchsen. Eine davon sitzt allerdings an der Frontseite. Hinten lassen sich also nur zwei Monitore direkt anstöpseln und nicht vier wie bei den anderen NUC 14. Über ein Thunderbolt-Dock dürften auch mehr Displays möglich sein, aber das ist eine sehr teure Lösung. Die vorderen USB-A-Buchsen übertragen maximal 5 Gbit/s, die hinteren 10 Gbit/s, sämtliche Transferraten entsprachen den Erwartungen.

Besonders rasant arbeitet der Wi-Fi-7-Adapter, im 6-GHz-Band schafft er über kurze Distanz mehr als 2 Gbit/s. Per Kabel sind knapp 2,5 Gbit/s möglich.

Der NUC 14 Pro AI hat eine Klinkenbuchse für ein analoges Headset; bei der Wiedergabe liefert der Soundchip sehr gute Signalqualität. Das frontseitig unter dem Asus-Schriftzug eingebaute Mikrofon-Array erfasst Sprache klar verständlich. Eine Option zum Abschalten nur des Mikrofons gibt es im BIOS-Setup nicht,

sondern nur zum Deaktivieren des gesamten Audiosystems.

KI-Versuche

Beim Druck auf die Copilot-Taste unseres Testmusters passierte: nichts. Auf der Asus-Website steht zu Copilot+ allerdings auch „coming soon“. Auch die von Microsoft für Copilot beworbenen Studio-Effekte für eine Webcam – etwa Hintergrundeffekte oder eine Korrektur der Augenstellung – waren mit einer per USB angeschlossenen Kamera nicht nutzbar.

In Paint gab es zwar den Menüpunkt zur Berechnung von KI-Bildern, aber der ist nur mit einem Microsoft-Konto sowie einem kostenpflichtigen Abo von Microsoft 365 nutzbar.

Die NPU taucht im Geräte-Manager auf und ist auch nutzbar, bloß findet sich weiterhin erst wenig kostenlose Software, die das tatsächlich tut. Eine der Ausnahmen ist die Audiosoftware Audacity 3.7.1, für die es eine Reihe von KI-Plug-ins gibt, die über Intels OpenVINO-Toolkit entweder CPU, GPU oder NPU einbinden. Diese Plug-ins bieten Funktionen wie Rauschunterdrückung, Extraktion einzelner Instrumente aus einem Audio-Stream und Transkribierung per Whisper. Letzteres haben wir erfolgreich ausprobiert.

Für das Etikett Copilot+ verlangt Microsoft auch den Sicherheitscontroller Pluton, der bei unserem Testmuster nicht aktiv war. Die technische Voraussetzung für Pluton ist allerdings in Form der Intel Partner Security Engine (IPSE) in den Core Ultra 200V eingebaut. Asus könnte Pluton also per Firmware-Update nachrüsten. Ob das geplant ist, blieb bis Redaktionsschluss unklar. BIOS-Updates für den NUC 14 Pro AI spielt Asus über Windows Update aus. Wer das nicht möchte, schaltet diese Funktion im BIOS-Setup ab (Option: BIOS WU Support).

Fazit

Asus' NUC 14 Pro AI ist ein sehr gelungener Mini-PC: leise, sparsam, vergleichsweise leistungsstark und für KI-Apps vorbereitet. Leider jedoch ist er ziemlich teuer und falls macOS als Betriebssystem infrage kommt, sieht er im Vergleich zu Apples Mac mini M4 schwach aus. Da kann man nur hoffen, dass Asus die Verkaufspreise deutlich senkt. (ciw@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Benjamin Kraft, Christof Windeck, Kraftquader, Apple Mac mini mit M4 und M4 Pro im Test, c't 2/2025, S. 72

Asus NUC14 Pro AI NUC14LNK (Lunar Canyon)

Mini-PC mit Intel Core Ultra 9 288V	
Hersteller, URL	Asus, asus.de
CPU	Intel Core Ultra 9 288V (4P-/4E-Kerne / 5,1 GHz Turbo), Lunar Lake
Grafik / RAM-Slots	Intel Graphics 140V, in CPU integriert / –, 32 GByte LPDDR5X-RAM fest eingebaut
SSD-Slots	1 × M.2 2280, PCIe 4.0 x4, bestückt mit WD SN5000S, 1 TByte
2,5-Gbit/s-Ethernet / TPM / Soundchip	Intel I226-V / TPM 2.0 (STMicrow) / Realtek ALC3288, nur Stereo
WLAN-Interface	Intel BE201, Wi-Fi 7, 2x2, 5800 Mbit/s, vPro, Bluetooth 5.4
Maße (B × H × T)	13 cm × 3,7 cm × 13 cm (17,5 cm mit Stromstecker)
Netzteil (Leistung) / BIOS-Version	20 Volt / 120 Watt, Kabel 1,75 m / LNLNLLNK.0006.2024.1210.1520
Anschlüsse vorne	1 × TB4, 2 × USB-A 5 Gbit/s, 1 × Audio-Klinke
Anschlüsse hinten	1 × HDMI 2.1, 1 × TB4, 2 × USB-A 10 Gbit/s, 1 × RJ45, Stromversorgung
Betriebssystem / Lieferumfang	Windows 11 Pro, 24H2 / Netzteil, VESA-Halterung
Elektrische Leistungsaufnahme, Datentransferraten	
Soft-off / Leerlauf / Vollast CPU	0,6 / 5,4 / 50 (kurzzeitig 54) Watt
Cinebench R23 / alle Threads	2068 / 11.257 Punkte
Cinebench 2024 / alle Threads	129 / 657 Punkte
Blender 4.2.4 LTS (classroom)	622 s
3DMark Time Spy / Steel Nomad	4570 / 844 Punkte
Massenspeicher lesen / schreiben	4,97 / 6,26 GByte/s
WLAN 6 / 5 / 2,4 GHz (2 bis 20 m)	629 - 2218 / 523 - 1474 / 116 - 194 Mbit/s
Geräuschentwicklung Leerlauf / Vollast	< 0,1 / 0,8 sone, Note: ⊕⊕ / ⊕
Funktionstests	
Secure-Boot ab- / CSM einschaltbar	✓ / –
Wake on LAN: Standby / Soft-off	– / –
Boothdauer Win 11	15 s
4K-Parallelbetrieb (Anschlusstyp)	3 × 60 Hz (1 × HDMI + 2 × USB-C/TB4)
Preis / Garantie	1750 € / 36 Monate
✓ funktioniert – funktioniert nicht ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut	



Bild: KI, Collage c't

Ungebetene Hilfskraft

Wir testen den Zwangs-Copilot in privaten Microsoft-365-Abos

Seit Kurzem integriert Microsoft seinen KI-Assistenten Copilot in die für Privatanutzer vorgesehenen Abonnements Microsoft 365 Family und Microsoft 365 Personal und hat gleichzeitig die Preise erhöht. Ist der zwangsweise zugewiesene Beifahrer sein Geld wenigstens wert?

Von Stefan Wischner

Viele Besitzer eines privaten Office-Abos (Microsoft 365 Family oder Microsoft 365 Personal) dürften nach einem jüngeren, regulären Update nicht schlecht gestaunt haben. Beim ersten anschließenden Start von Word, Excel, PowerPoint, Outlook oder OneNote informierte ein Willkommensfenster in freudigem Ton darüber, dass die Programme ab sofort ebenfalls Microsofts allgegenwärtigen KI-Assistenten „Copilot“ enthalten. Dass damit auch eine Abopreiserhöhung von über 30 Prozent ab dem nächsten Verlängerungsdatum einhergeht, verschweigt die Infobox. Wir berichteten in [1]. Die wesentlichen Fakten in Kurzform:

- Bei Family-Abonnements darf ausschließlich der Hauptnutzer des Kontos auf Copilot zugreifen, nicht aber die bis zu fünf Mitbenutzer.

- Für jede Interaktion mit dem KI-Assistenten wird ein „KI-Credit“ fällig. Im Abo sind 60 Credits pro Monat enthalten. Nicht verbrauchtes Guthaben verfällt am Monatsende; eine Zubuchung ist bislang nicht möglich.
- Die Copilot-Integration in Word, Excel, PowerPoint, Outlook und OneNote erfolgt automatisch im Rahmen eines regulären Updates. Abschalten lässt sich der Assistent bisher nur in Word für Windows und macOS. Eine entsprechende Option für die anderen Programme soll folgen.
- Microsoft verspricht, dass der Copilot in den Office-Programmen nicht nur – wie von KI-Sprachmodellen gewohnt – Texte erzeugen, zusammenfassen und überarbeiten kann, sondern auch bei der Bedienung von Programmen wie Excel und PowerPoint assistiert.

ct kompakt

- Ab sofort enthalten Office-Programme in einem Microsoft-365-Abo für Privatanutzer den KI-Assistenten Copilot bei gleichzeitiger Preiserhöhung.
- Microsoft verspricht weitreichende Unterstützung durch Copilot in Word, Excel, PowerPoint, Outlook und OneNote.
- Die Umsetzung enttäuscht aber in vielen Bereichen. Am leistungsfähigsten scheint die KI in Excel.

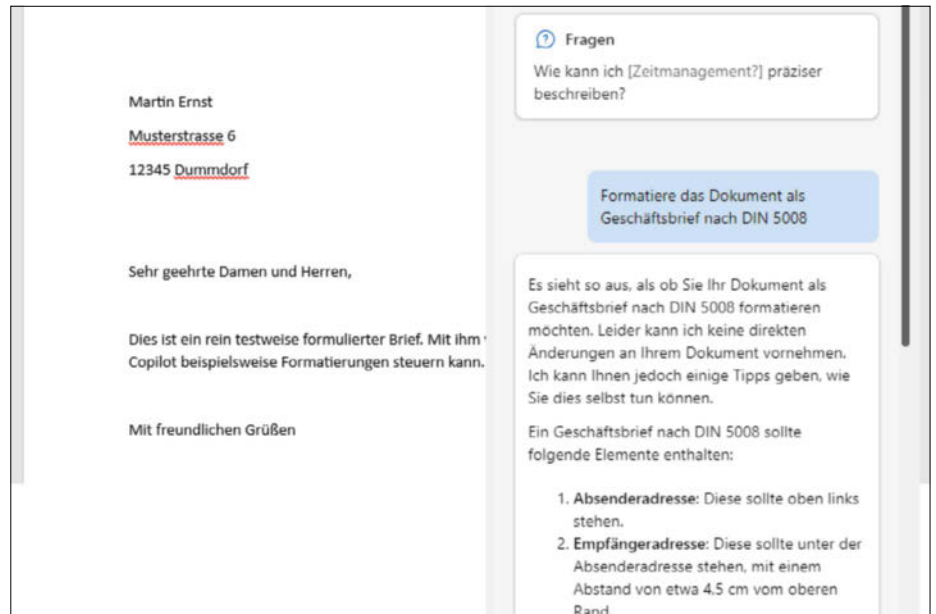
– Microsoft erlaubt Inhabern eines laufenden Abonnements den Wechsel in ein sogenanntes „Classic“-Abo ohne Copilot und zum alten Preis. Allerdings soll dieses Angebot nur für eine nicht näher definierte, begrenzte Zeit gelten. Neu-Abonnenten steht Microsoft 365 Classic nicht zur Verfügung.

Wer mit den gewährten 60 Credits pro Monat nicht auskommt, kann nach wie vor ein von der Microsoft-365-Lizenz unabhängiges Copilot-Pro-Abonnement ohne Nutzungseinschränkung für derzeit 22 Euro pro Monat und Nutzer buchen. Wie sich der Copilot in Word, Excel und den anderen Office-Programmen macht, hatten wir in [2] getestet. Unser Fazit fiel seinerzeit wenig begeistert aus. Nun hatte Microsoft ein knappes Jahr Zeit, den Assistenten zu verbessern, über den inzwischen erfolgten Wechsel des Sprachmodells auf GPT-4o hinaus.

Wir haben uns anhand einiger typischer Aufgaben und Funktionen ein Bild vom aktuellen Stand des Copilot gemacht und versuchen auf dieser Grundlage einzuschätzen, ob der KI-Assistent für die Arbeit mit Word, Excel, PowerPoint, Outlook und OneDrive einen echten Mehrwert bringt.

Word

In Word dient Copilot vornehmlich dazu, Texte zu verfassen, zu verbessern und zusammenzufassen. Verwirrenderweise manifestiert sich der Assistent an zwei unterschiedlichen Stellen mit jeweils verschiedenen Funktionen. Klickt man im „Start“-Menüband auf den „Copilot“-Button, öffnet sich rechts eine Seitenleiste. In der kann man mit dem Assistenten chatten,



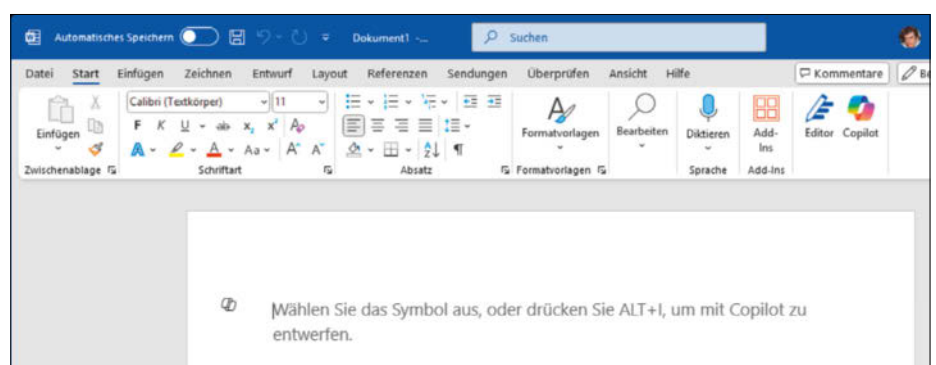
In der Seitenleiste von Word analysiert der Copilot das aktuelle Dokument und erstellt beispielsweise Zusammenfassungen. Programmsteuerungen wie Formatierungen verweigert er aber.

ähnlich wie auf einer Webseite von ChatGPT, Perplexity.ai oder der Copilot-Seite von Microsoft. Alle Antworten landen ebenfalls in diesem Fenster. Das aktuell angezeigte Dokument kann der „Seitenleiste-Copilot“ lesen und analysieren: Unter anderem liefert er gegliederte Zusammenfassungen und beantwortet Fragen zum Inhalt.

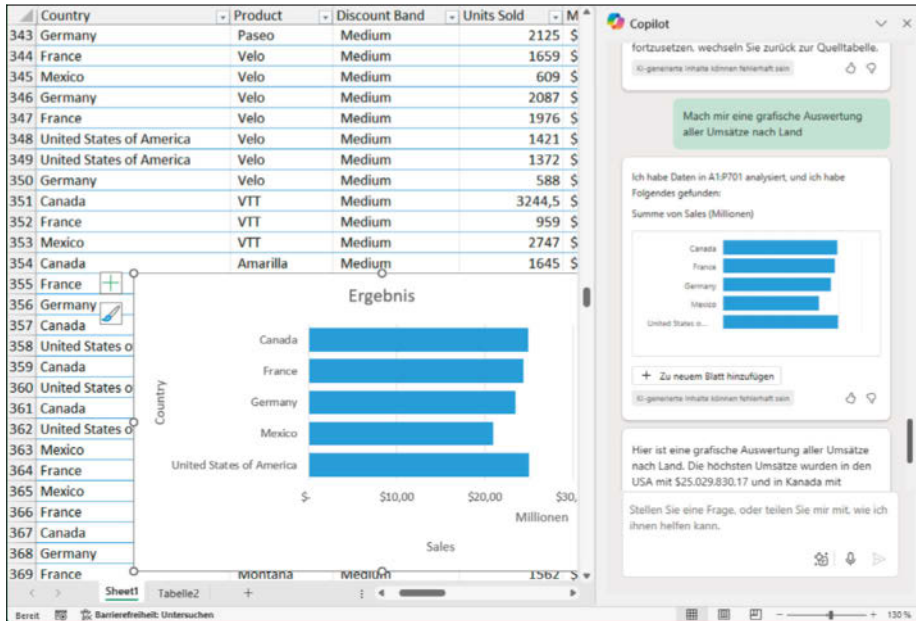
Jedoch verweigert der Assistent jegliche Form der Textmanipulation. Aufträge, die Gestaltung des Dokuments zu ändern, etwa „Formatiere das Dokument als Brief nach DIN 5008“ oder „Füge eine Fußzeile mit zentrierter Seitennummer hinzu“ verstand Copilot zwar, führte sie aber nicht aus. Stattdessen listete er lediglich die nötigen Arbeitsschritte auf und

degradierte sich damit zur semi-intelligenten Hilfsfunktion – quasi Karl Klammer (Clippy) 2.0.

Aufdringlicher zeigt sich der Assistent an der zweiten Stelle: Links neben jedem neuen leeren Absatz, in der der Cursor steht, sowie immer, wenn Text markiert ist, erscheint ein Copilot-Logo. In noch ganz leeren Dokumenten zeigt er zudem eine auffällige Hinweiszeile, die nach dem ersten eingegebenen Zeichen verschwindet. Was ein Klick auf das Symbol auslöst, hängt vom Kontext ab. Bei leeren Absätzen erscheint ein Dialog mit einem Texteingabefeld, in dem man einen bis zu 2000 Zeichen langen Prompt formulieren kann, zum Beispiel um einen Text zu einem bestimmten Thema zu erzeugen. Der landet



In neuen Dokumenten begrüßt der Copilot mit einer aufdringlichen Hinweiszeile. Das Symbol am linken Rand erscheint auch in leeren Absätzen und bei markiertem Text.



In Excel lässt der Copilot tatsächlich Intelligenz aufblitzen, zumindest bei nicht zu komplexen Tabellen. Auf einfache deutsche Anfragen hin generiert er zum Beispiel Pivot-Tabellen und Diagramme aus US-Daten oder schlägt sinnvolle Formelzeilen und -spalten vor.

dann direkt im Dokument. Letzteres gilt für jede per Prompt angestoßene Ausgabe, zum Beispiel die Zusammenfassung eines Textinhalts.

Als wir hier versuchten, den Assistenten zu Formatierungsaufgaben zu bewegen, geschah Seltsames: Die Bitte „Setze den linken Rand auf 3 cm“ führte wieder nur zu einer Do-it-yourself-Anleitung. Nur landete die direkt im Dokumententext und beschrieb das Vorgehen auch gleich für andere Programme wie LibreOffice Writer und Softmaker Office. Offenbar wird der Prompt ungeprüft an das Sprachmodell geschickt und die Antwort einfach in das Dokument geschrieben.

Wie hilfreich der Copilot in Word ist, hängt wie bei jedem Sprachmodell vom jeweiligen Anwendungsfall und vor allem von der Formulierung der Anfragen ab. Immerhin erspart der Assistent den Umweg über die Zwischenablage und den Wechsel zu einem KI-Chat im Browser. Vorteile zeigen sich vor allem, wenn man mit langen Texten arbeitet. Bei diesen wäre der Umweg je nach gewähltem KI-Dienst entweder aufwendig, teuer oder aufgrund der Größe der hochzuladenden Datei gar nicht möglich.

Zwar quitierte der Copilot unseren zugegebenermaßen etwas niederträchtigen Auftrag, die gut 1100-seitige englische Fassung der King-James-Bibel in maximal 4000 Zeichen zusammenzufassen, nach

mehreren Minuten lediglich mit einem „Da hat etwas nicht geklappt“. Eine Größenbegrenzung nannte die Fehlermeldung nicht. Mit einem 250-seitigen deutschen Fachbuchmanuskript funktionierte es aber, sogar mit einem halbwegs zufriedenstellenden Ergebnis. Dennoch, einen echten Zusatznutzen würden wir im KI-Assistenten sehen, wenn er auch bei der Bedienung von Word mehr unterstützen würde.

Excel

Weit mehr Unterstützung beim Umgang mit Daten und Programmfunktionen verspricht der Copilot im Kalkulationsprogramm Excel. Der Assistent soll Formeln erzeugen, Daten analysieren und Diagramme sowie Pivot-Tabellen erzeugen können.

Im Vergleich zu unserem Test vor einem Jahr hat Microsoft eine wesentliche Einschränkung des Copilot in Excel aufgehoben: Damit er Inhalte analysieren kann, müssen Daten nicht mehr explizit als Tabelle formatiert sein. Es reicht auch, einfach Werte in Zeilen und Spalten einzutragen, was in der Excel-Terminologie Liste oder Datenblatt heißt. Das macht die Nutzung des Assistenten deutlich flexibler. Eine andere Einschränkung ist aber geblieben: Copilot rührt keinen Finger, wenn die Excel-Datei nicht in der Microsoft-Cloud gespeichert ist und das

automatische Speichern eingeschaltet wurde.

Da Excel-Arbeitsblätter unendlich komplex sein können, war ein umfassender Test der KI-Fähigkeiten kaum möglich; wir haben uns weitgehend auf einfachere Tabellen und Listen beschränkt. Die Ergebnisse waren größtenteils beeindruckend, teilweise aber auch enttäuschend. So schlägt der Assistent bei einer einfachen, nach Monaten aufgeschlüsselten Lohnliste passenderweise eine Zeile mit einer Summenformel vor und fügt sie auf Wunsch korrekt hinzu. Auch unsere Aufforderung, die durchschnittliche monatliche Stundenzahl in eine angegebene Zelle einzutragen, und eine separat folgende Bitte, sie als Ganzzahl zu formatieren, führte er mühelos aus. Alle Anweisungen gaben wir in einfacher Sprache, ohne exakte Spaltenbezeichnungen zu nennen. In einer etwas größeren, englischen Umsatztable verlangten wir etwas unspezifisch und auf Deutsch eine „Auswertung von Umsätzen nach Land mit Diagramm“. Copilot übersetzte die Spaltenbezeichnungen für sich korrekt und präsentierte eine Pivot-Tabelle (diesen Begriff hatten wir im Prompt nicht verwendet) nebst Balkendiagramm zunächst in der Seitenleiste, die wir dann per Klick in ein neues Tabellenblatt einfügen durften.

Unsere Bitte, alle Dollar-Beträge in Euro umzuwandeln, verweigerte der Assistent jedoch und gab lediglich eine Anleitung, wie wir das anhand einer eigenen Spalte für den Umrechnungskurs selbst tun können. Auch die Bitte, Beträge nicht umzurechnen, sondern lediglich das \$-Zeichen durch € zu ersetzen, führte nur zu einer weiteren Anleitung.

An die Grenze stießen wir dann mit einer gut 80.000 Zeilen umfassenden Tabelle mit realen Vertriebsdaten. Jede Anfrage quitierte Copilot mit dem Hinweis, dass die Daten eine Million Zellen oder „Die Menge des Inhalts, mit der ich arbeiten kann“ überschreiten – ohne hierzu einen konkreten Wert zu nennen. Auch eine Reduktion auf 10.000 Zeilen (etwa 280.000 Zellen) führte zum selben Ergebnis.

Inwieweit Copilot bei großen und komplexen Excel-Projekten eine Hilfe sein kann, ist daher schwer zu sagen. Unsere Versuche mit einfacheren Tabellen waren durchaus vielversprechend. Da in der Seitenleiste auch die Lösungswege und Formeln zumindest knapp erklärt wurden,

können wir uns vorstellen, dass der KI-Assistent Excel-Unkundigen durchaus eine Hilfe sein kann. Auf jeden Fall ist erkennbar, dass die Entwickler seit unserem letzten Test in den Excel-Piloten am meisten Arbeit gesteckt haben.

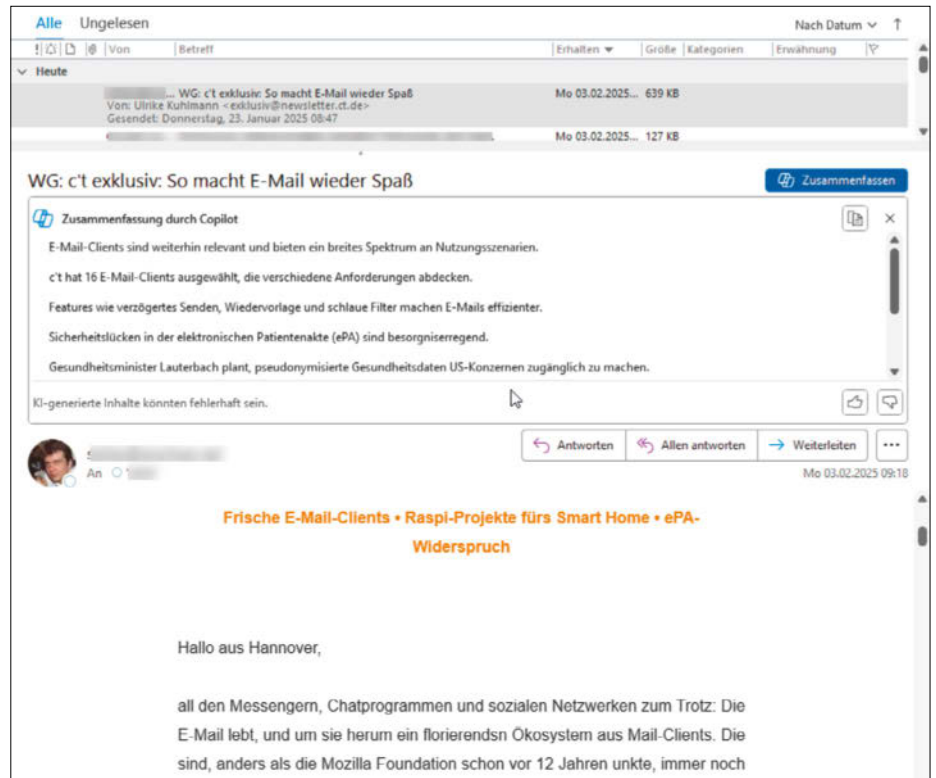
PowerPoint

Im privaten Bereich – und darauf zielt Microsoft ja mit den Microsoft-365-Aboplänen Family und Personal – wird PowerPoint vor allem für Schulreferate und Projektarbeiten eingesetzt. Daher haben wir uns in unserem Test auf die Erzeugung von Foliensammlungen zu bestimmten Themen konzentriert, die Copilot im Internet recherchieren sollte, und Business-Anwendungen wie etwa die Präsentation von Bilanzreports aufgrund von Excel-Tabellen außen vor gelassen.

Egal, welches Thema wir bei unseren Tests wählten, das Ergebnis war immer ähnlich: Der Copilot erzeugte eine halbwegs sinnvolle Gliederung, verteilt auf die im jeweiligen Prompt verlangte, wenn auch nicht immer eingehaltene Anzahl an Folien. Die Gestaltung geriet aber immer unkreativ und gelegentlich regelrecht hässlich. Die Texte waren zwar zumeist richtig, oft aber oberflächlich und allgemein gehalten. Gelegentlich fabulierte das Sprachmodell auch blanken Unsinn zusammen.

Große Probleme hat der Assistent mit der Illustration der Folien. Selbst bei sehr konkreten und detaillierten Vorgaben im Prompt wählte Copilot meist generische Bilder, die nur am Rande etwas mit dem Thema zu tun hatten, oft sogar überhaupt nichts. Die geforderte Geschichte zu Citroëns Erfolgsmodell 2CV illustrierte Copilot zum Beispiel häufig mit einem Fiat 500 oder Motorradmotoren.

Eine Wiederholung unserer Tests aus [2], in denen wir uns unter anderem Präsentationen zu Referaten über Goethes Farbenlehre, Darwins Evolutionstheorie und den Archäologen Theodor Wiegand zusammenstellen ließen, zeigte zwar mitunter etwas ausgewogenere Texte als vor einem Jahr – sicher ein Verdienst des aktuelleren Sprachmodells. Jedoch wiederholte Copilot auch einige schon im damaligen Test monierte eklatante faktische Fehler und verwechselte zum Beispiel Geburts- und Sterbeort von Wiegand. Die Bildauswahl ist immer noch nicht stimmig. Die meisten KI-unterstützten Korrekturwünsche („Bitte ersetze das Bild auf dieser Folie durch einen Citroën 2CV“) ignorier-



In Outlook fasst der Assistent Einzelnachrichten oder Unterhaltungsketten auf Wunsch zusammen.

te der Copilot entweder oder lehnte sie schlicht ab („Das kann ich nicht“).

Microsoft hält sein Versprechen, der Copilot könne vollautomatisch Präsentationen zu einem vorgegebenen Thema erstellen, also lediglich formell ein. Deren optische und inhaltliche Qualität ließ in unseren Tests jedoch sehr zu wünschen übrig. Bestenfalls nimmt die KI dem Nutzer etwas Handarbeit ab und hilft bei einer ersten Struktur. Intensives Nachrecherchieren und viel manuelle Korrektur bleiben ihm aber nicht erspart.

Outlook

Im Mailprogramm und Personal-Information-Manager Outlook verspricht der Copilot, dem Anwender auf mehrere Arten unter die Arme zu greifen. So fasst er auf Wunsch Inhalte von einzelnen Mails und kompletten Threads zusammen, formuliert Nachrichtentexte oder macht Verbesserungsvorschläge für selbst getippte Entwürfe.

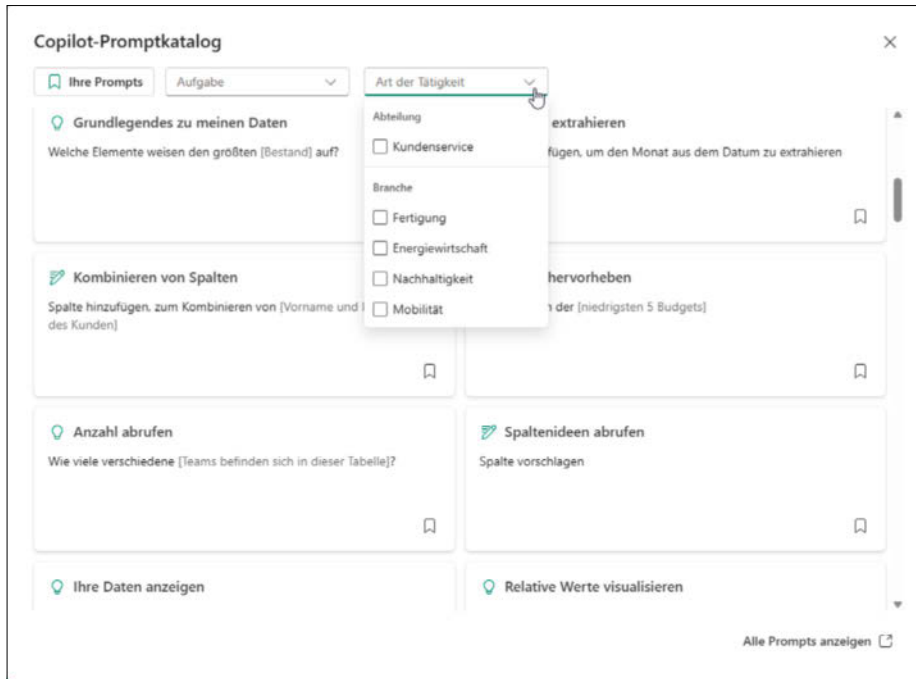
Wir haben das sowohl mit dem klassischen als auch dem neuen Outlook [3] ausprobiert – Bedienung und Ergebnisse zeigten sich dabei identisch. Für beide gilt auch dieselbe Einschränkung: Der Copilot steht nur in Verbindung mit einem Microsoft-Mailkonto (outlook.com, live.de, hot-

mail.com) zur Verfügung. Wechselt man auf den Ordner eines Nicht-Microsoft-Kontos, fehlen alle Copilot-bezogenen Menüpunkte, Schaltflächen und Funktionen.

Markiert man eine Nachricht, zeigt sich im Lesebereich oben rechts eine Schaltfläche „Zusammenfassen“. Ein Klick darauf erzeugt eine Textbox oberhalb des Inhalts mit einer Zusammenfassung. Die fiel in unseren Tests zumeist ordentlich aus, wenn gelegentlich auch mal ein wichtiges Detail unterschlagen wurde. Das funktioniert auch mit Unterhaltungen, die aus mehreren Einzelmails bestehen, nicht aber mit Ordnerinhalten oder mehreren markierten Nachrichten.

Anders als in den übrigen Office-Programmen gibt es in der Hauptansicht von Outlook keine ständig sichtbare Copilot-Schaltfläche in der Menüleiste. Sie erscheint erst, wenn man eine neue Nachricht verfasst oder eine vorhandene beantwortet. Letzteres gilt sowohl für ein separates Editorfenster als auch für Inline-Antworten in der Vorschau.

Ein Klick auf das Symbol klappt ein Menü mit zwei Punkten aus: „Entwurf mit Copilot“ öffnet am Anfang der leeren Nachricht einen Textkasten, in dem man einen Prompt formulieren und den gewünschten



Eine etwas unübersichtliche Zusammenstellung von Prompt-Vorschlägen (hier in Excel) soll helfen, passende Aufgaben für den KI-Assistenten zu finden.

Inhalt der Nachricht beschreiben kann. Ist man mit dem ersten Entwurf zufrieden, klickt man auf „Behalten“. Andernfalls bieten sich die Optionen, einen Text erneut zu generieren, über die Schaltfläche „Anpassen“ die Länge oder Tonalität zu ändern (formeller, direkter, informeller) oder sogar zu reimen (Spoiler: schmerzhaft schlecht). Eine weitere Textbox nimmt zudem Ergänzungen und Änderungswünsche in Textform entgegen. Die erzeugten Nachrichten sind sprachlich in Ordnung, jedoch stets ziemlich formell und gespickt mit Floskeln. So beginnen unabhängig vom Inhalt oder Thema viele Mails mit „Ich hoffe, es geht Ihnen allen gut“, selbst die harsch formulierte Kündigung.

Der zweite Menüpunkt startet einen Berater, der selbst getippte Entwürfe bewertet und mehr oder weniger hilfreiche Hinweise zur Verbesserung abgibt. Auch hier rät der Assistent vornehmlich zur Höflichkeit und pflegt einen eher geschäftlichen Ton. Anders als in den übrigen Programmen lässt sich in Outlook keine Seitenleiste öffnen, um frei mit dem Assistenten zu chatten.

OneNote

Die Copilot-Integration in das Notizprogramm OneNote ähnelt der in Word. Ein Symbol im „Start“-Menüband klappt eine Seitenleiste aus, in der man mit dem Assistenten chatten und zum Beispiel Sei-

ten-, Abschnitts- sowie Notizbuch-Inhalte zusammenfassen kann. Die Qualität der Ergebnisse variiert stark, nicht immer werden die Inhalte komplett erfasst. Alle Ausgaben des Assistenten landen in einem Textkasten der Seitenleiste. Ruft man den Copilot über das Kontextmenü für Abschnitte und Seiten im Navigationsbereich auf, werden die Ausgaben direkt auf eine neue Notizseite geschrieben – gelegentlich auch trotz ausschließlich deutschsprachiger Inhalte auf Englisch.

Wie in Word gibt es zusätzlich ein Copilot-Symbol im Schreibbereich, das links von einem neu erzeugten Container – so nennt Microsoft die frei positionierbaren Inhaltsrahmen in OneNote – erscheint oder immer dann, wenn Text markiert oder eine neue leere Zeile angefangen wird. Ein Klick darauf öffnet ein Menü mit Funktionen zum Zusammenfassen, Umschreiben und für eine Aufgabenliste. Dass die Copilot-Einbindung in OneNote noch einiges an Arbeit braucht, macht außer den vielen Inkonsistenzen und unklaren Funktionen schon das pixelige und wie hastig hingeschludert wirkende Copilot-Symbol deutlich.

Am Ende der Credits bleibt zu viel Monat

Von der Qualität erzeugter Texte und der eher halbherzigen Integration in die meisten Office-Programme abgesehen, ist das

größte Manko die Begrenzung auf geradezu lächerliche 60 Interaktionen („Credits“) pro Monat. Jeder, der schon einmal versucht hat, etwas Konstruktives mit einem Sprachmodell zu erarbeiten, weiß: Das gelingt nur selten im ersten Versuch. In den meisten Fällen muss man den Prompt umformulieren, präzisieren oder für ein anderes Ergebnis schlicht wiederholen.

In unseren Tests blieben zwar Fehlversuche („Das kann ich nicht tun“, „Das ist etwas schiefgegangen“) kostenfrei, zogen also kein Guthaben ab. Sobald jedoch der Assistent ein Ergebnis bringt, wird ein Credit fällig – gleichgültig, ob man mit dem Resultat zufrieden ist. Jeder neue Versuch mit einem geänderten Prompt oder einer Korrekturanforderung kostet dann wiederum einen Credit.

Dass Microsoft bislang keinerlei Möglichkeiten bietet, Credits hinzuzubuchen, degradiert den Copilot in privaten Microsoft-365-Abos zu einem knapp begrenzten Freemium-Modell – oder deutlicher: zu einer Testversion, die zum Abschluss eines Copilot-Pro-Abonnements für 22 Euro pro Monat verleiten soll. Eine Wiederholung der Tests mit der Pro-Version lieferte absolut vergleichbare Ergebnisse, von der bei Sprachmodellen üblichen Varianz abgesehen. Der Unterschied ist also derzeit lediglich die Credit-Begrenzung.

Was uns sonst noch auffiel

In den Programmen mit Copilot-Seitenleiste, also allen außer Outlook, findet sich ganz unten eine Schaltfläche, die in einem Extrafenster eine recht unübersichtliche Aufstellung von Prompt-Beispielen zeigt. Immerhin kann man sie nach Themenbereichen filtern. Die meisten behandeln klassische Geschäftsthemen; eine Anpassung an die eigentlich für Privatanutzer gedachten Office-Abonnements, um die es hier geht, gibt es nicht. Aber man bekommt anhand der Beispiele einen Eindruck davon, was Microsoft dem Copilot zutraut und wie man die zugehörigen An-

Copilot für Microsoft 365 Personal / Family

KI-Erweiterung für Office-Programme	
Hersteller, URL	Microsoft, microsoft.com
Systemanf.	Windows ab 10, macOS ab 13, Microsoft 365 Personal oder Family
Preis	enthalten in persönlichen Microsoft-365-Abonnements (99 € / Jahr bis 129 € / Jahr), Copilot Pro: 22 € pro Monat und Nutzer

fragen formuliert. Das ist besser, als wild zu raten.

Zudem gibt es noch Probleme mit mehreren Konten. Wer in den Office-Programmen zwar mit seinem persönlichen Microsoft-365-Account angemeldet ist, zusätzlich aber auch sein Firmen- oder Schulkonto hinterlegt hat, sabotiert damit den Privatkonto-Copiloten. Mal werden Anfragen nur knapp mit „Probleme[n] bei der Überprüfung der Copilot-Lizenz“ quittiert, gelegentlich mit einem widersprüchlichen Hinweis. Der besagt, dass es grundsätzlich möglich sei, Copilot bei gleichzeitiger Anmeldung an persönlichem und Geschäftskonto (Entra ID) zu verwenden, ergänzt jedoch, diese Funktion sei aber noch nicht verfügbar. Wir konnten Copilot nur wieder zur Mitarbeit bewegen, indem wir die Office-Programme komplett von den Geschäftskonten abmeldeten.

Fazit

Microsoft begründet den signifikanten Preisanstieg für die privaten Microsoft-

365-Abonnements vor allem mit der Integration des Copilot und verspricht dabei deutlich mehr, als der KI-Assistent halten kann. Immerhin lassen sich Texte erzeugen und zusammenfassen. Die Integration in Word spart zumindest die Hin- und Herkopiererei zwischen Texteditor und KI-Webseite. In Outlook scheint uns das noch am hilfreichsten, wenngleich auch hier Wünsche offenbleiben. Letzteres gilt noch viel mehr, wenn es darum geht, die Bedienung der Programme mit KI-Hilfe zu erleichtern. In Word, Outlook und OneNote versucht sich Copilot gar nicht erst daran, Programmfunktionen zu steuern. In PowerPoint hingegen bastelt er sogar komplette Präsentationen; deren Qualität blieb in unseren Tests aber immer weit unterhalb des Erhofften. Vielversprechend erscheint uns lediglich die Einbindung in Excel, wo der Assistent seit unserem letzten Test deutlich hinzugelehrt hat und bei manchen Aufgaben vor allem Einsteigern gut unter die Arme greifen kann.

In allen Fällen gilt: Bei allen Einschränkungen gibt es auch bei privater Nutzung der Office-Programme möglicherweise einzelne Einsatzbereiche, in denen der Copilot tatsächlich Arbeit spart – die muss jeder aber erst einmal für sich herausfinden. Und die Suche danach wird nicht gerade erleichtert, wenn das Abrechnungsmodell nach gerade einmal 60 Interaktionen mit dem Assistenten den Hahn zudreht und vor Ablauf des Abrechnungsmonats weder gegen Geld noch gute Worte wieder öffnet. Viele Office-Nutzer dürften den ungebeten Beifahrer aber auch für absolut verzichtbar halten und die Extrakosten als das hinnehmen, was sie sind: einfach eine Preiserhöhung. (swi@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Stefan Wischner, Zwangsmitarbeiter, Microsoft stattet private Office-Abos mit dem KI-Copilot aus und erhöht die Preise, c't 4/2025, S. 14
- [2] Jo Bager, Dorothee Wiegand und Stefan Wischner, Testflug, Copilot Pro in Microsoft Office, c't 8/2024, S. 58
- [3] Stefan Wischner, Upgrade geht anders, Was es mit dem neuen Outlook auf sich hat, c't 3/2025, S. 26

 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.



Interesse geweckt? Hier mehr erfahren:
heise-academy.de/academy-pass



Bild: Tanja Kunesch

Digitales Jenseits

Wie KI dabei hilft, zu trauern – und wann sie schadet

In der digitalen Welt endet das Leben nicht mehr zwingend mit dem Tod. Verwaiste Facebook-Profile wirken so, als seien Verstorbene weiterhin erreichbar. QR-Codes auf Gräbern führen zu digitalen Trauerräumen und Avatare von Verstorbenen begleiten die Hinterbliebenen. Aber wie hilfreich ist die Begleitung der Trauer durch Technik? Schadet sie womöglich mehr, als sie nutzt?

Von Tanja Kunesch

Längst sind Menschen imitierende Roboter keine Neuheit mehr – zumindest in Film und Fernsehen. Vielleicht waren wir 2013 noch schockiert, als in einer Folge der dystopischen TV-Serie „Black Mirror“ die Protagonistin Martha ihren verstorbenen Freund und Vater ihrer Tochter mithilfe einer KI nachbaut, weil sie mit seinem Verlust nicht umgehen kann.

Was als ethisches Gedankenspiel begann, schleicht sich langsam in die Realität. Seit etwa einem Jahrzehnt gibt es immer wieder Berichte über verschiedene Start-ups, die ein digitales Weiterleben versprechen. „Digital Afterlife Industry“ (DAI) nennt sich die Branche, die Technik benutzt, um sich mit Tod und Trauer auseinanderzusetzen. Einige Anbieter wollen Hinterbliebenen Räume zum Erinnern bieten. Andere nutzen Daten von Verstor-

benen, um Avatare zu erstellen, mit denen sich Trauernde unterhalten können. Sie bieten Chats oder gar virtuelle Realitäten. Manche geben nur bekannte Textschnipsel wieder, andere nutzen künstliche Intelligenz, um den Verstorbenen so glaubwürdig wie möglich zu imitieren.

Und wieso auch nicht? Wer würde nicht gerne noch einmal mit einem geliebten Menschen sprechen, den er oder sie verloren hat? Oder enden Versuche, mithilfe einer Maschine der Trauer zu entkommen, zwangsläufig wie bei Martha – unfähig, mit der Vergangenheit abzuschließen?

Unter anderem mit diesen Fragen befasst sich Matthias Meitzler seit Jahren. Er ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Tübingen, studierter Soziologe und Psychoanalytiker. Besonders intensiv hat sich Meitzler mit Technikphilosophie auseinandergesetzt. Unter anderem hat er untersucht, welche technischen Anwendungen es für Tod und Trauer gibt und was sie für Auswirkungen auf die Trauerkultur in der Gesellschaft haben: Wann können sie Menschen bei ihrer Trauer helfen und wann schaden sie?

Um das herauszufinden, hat der Soziologe an dem Projekt Edilife mitgewirkt, das von 2022 bis 2024 lief und gerade seine Ergebnisse veröffentlicht hat (Studie

auf ct.de/ywdy). Das kooperative Forschungsprojekt der Universität Tübingen und des Fraunhofer SIT (Darmstadt) untersucht, welche virtuellen Existenzen es nach dem Tod geben kann und wie sie unsere Gesellschaft beeinflussen. Eine entscheidende Frage ist, ob ein Avatar die Verlustbewältigung für Hinterbliebene erleichtert oder zusätzlich erschwert.

Ein digitales Abbild

Ein Avatar ist eine virtuelle Existenz nach dem Tod und meint eine Software, die Kommunikation von Verstorbenen nachahmt, in manchen Fällen sogar inklusive ihrer Stimme und ihres Aussehens. Dafür benötigt sie große Datenmengen wie Chats, Sprachnachrichten oder Videoaufnahmen, die der Mensch zu Lebzeiten produziert hat.

Tatsächlich sind viele der KI-Angebote noch gar nicht wirklich auf dem Markt, berichtet Meitzler. „Aber es ist schon manches möglich. Und wenn wir uns anschauen, was in den letzten Jahren im Bereich der KI passiert ist, wird hier wohl noch einiges kommen“, sagt er.

Deutsche Firmen gibt es keine. Das habe vor allem wirtschaftliche Gründe. „Die Top Player sind in den USA und in Ostasien“, so Meitzler. In den USA gibt es etwa „You Only Virtual“ (erwähnte Websites auf ct.de/ywdy). Das Unternehmen wirbt auf seiner Homepage mit den Worten „Pioneering the technology of never saying goodbye“. Kunden können dort eine digitale Version ihrer selbst kreieren, eine „Versona“, die nach ihrem Ableben weiter mit den Angehörigen kommuniziert – vor allem über Chats.

Oder Eter9: Auf seiner Website wirbt das Unternehmen sogar mit einer Rezension, die auf die Serie Black Mirror anspielt: „Black Mirror predictions that disturbingly came true“. Gemeint ist damit das „digital immortality feature“, das dem Kunden erlaubt, einen digitalen Zwilling von sich zu erschaffen, der sogar online weiter in dessen Sinne Kommentare postet und in der Netzwelt aktiv bleibt [1]. Beide Angebote können auch Kunden in Deutschland nutzen.

Meitzler unterscheidet die bisherigen Anwendungen nach ihrem Output. So geben einige das eingespeiste Material, etwa in Form von Sprachnachrichten, unverändert aus. „Meine Hinterbliebenen können Fragen an die App richten und diese sucht mithilfe von KI die entsprechenden Ausschnitte raus und spielt sie

ab“, sagt der Soziologe. Andere nutzen das Material nur als Ausgang und ändern es: Ein Chatbot unterhält sich schriftlich mit dem Nutzer, ein Avatar kommuniziert zudem visuell.

Allerdings kommt die Studie Edilife zu dem Schluss, dass die Anwendungen in ihrer Nutzung noch sehr eingeschränkt sind. Zukünftig werden Avatare wohl in digital erweiterte Welten (Augmented Reality, AR) integriert und sich zunehmend zu virtuellen Realitäten entwickeln. Heutige AR-Anwendungen sind bisher nicht in der Lage, eine glaubhafte Kommunikation zwischen Audio-Video-Avataren und anwendenden Personen abzubilden, heißt es weiter. Die Dynamik der menschlichen Kommunikation könne bisher von den Avataren nur ungenügend imitiert werden.

Trauer als Geschäftsmodell

Doch es muss nicht immer gleich eine KI sein. So gibt es etwa auf Facebook die Möglichkeit, Profile von Verstorbenen in einen Gedenkmodus zu versetzen, um sie noch eine Zeitlang als Ort des Erinnerns zu erhalten. Vereinzelt finden Besucher auf Friedhöfen QR-Codes auf Grabsteinen, die zu einem digitalen Erinnerungsraum für die Verstorbenen führen. Oder Hinterbliebene können sich eine App herunterladen, die ihnen in der Trauerzeit beistehen soll, wie etwa Grievy.

2021 hat Nele Stadtbäumer mit zwei weiteren Entwicklern die App als eine „vertrauenswürdige, barrierearme und sofortige digitale Lösung für den Trauerprozess“ geschaffen. Darin finden Hinterbliebene nicht nur Checklisten und Hilfe, um die Beisetzung zu organisieren. Vor



Bild: Matthias Meitzler

Matthias Meitzler ist Soziologe und Psychoanalytiker der Universität Tübingen. Er fragt sich: Wann kann Trauertechnologie Hinterbliebenen helfen und wann schadet sie?

allem will Grievy seine Nutzer bei ihrer Trauer begleiten und stellt mehr als 150 Übungen bereit, die laut Website von Psychologen entwickelt wurden und wissenschaftlich validiert sind.

Meitzler hat sich in seiner Forschung auch mit dieser App befasst. Er sieht darin ein niedrigschwelliges Angebot, das durch seine digitale Form manchen Menschen die Hemmung nimmt, sich mit ihrer Trauer auseinanderzusetzen. „Außerdem ist es heutzutage oft nicht so leicht, auf die Schnelle eine geeignete psychologische Betreuung zu finden“, fügt der Soziologe hinzu.

Wann kann KI bei Trauer helfen?

So unterschiedlich und innovativ diese Anwendungen sind, bleibt die Frage, ob sie Trauernden wirklich helfen können. „Wir können da tatsächlich noch auf keine große empirische Datenbasis zugreifen. Insofern ist es schwierig, pauschal zu sagen, ob es in der Trauer hilft oder vielleicht sogar schadet“, sagt Meitzler. Er plädiert dafür, digitale Trauerunterstützung nicht von vornherein zu verteufeln, sondern zu differenzieren und zu begleiten. Wer ist wie gestorben? Wann nutzen Hinterbliebene das Angebot und wie oft?

Manche Fälle erscheinen wenig riskant und haben sogar eine spielerische Komponente. Wie etwa ein Fall aus Südkorea, der 2016 weltweite Aufmerksam-

ct kompakt

- Die verschiedenen Anwendungen der „Digital Afterlife Industry“ ändern schon jetzt, wie wir trauern.
- Trotz ihres hilfreichen Potenzials verweist ein Soziologe auf die Risiken dieser Anwendungen: Die Suggestivkraft der Avatare könnte zum Realitätsverlust führen.
- Digitale Vernetzung kann helfen, mit einem Verlust umzugehen. Stattdessen mit einem Bot zu chatten, birgt Gefahren.



Bild: myyov.com

Das Unternehmen „You Only Virtual“ hilft Kunden, digitale Versionen ihrer selbst zu kreieren, sogenannte Versonas.

keit erregt hatte (Link zum Video auf [ct.de/ywdy](https://www.ct.de/ywdy)). Eine Mutter konnte ihrer Tochter, die mit sieben Jahren verstorben war, mithilfe einer VR-Brille noch einmal begegnen. Das habe ihr geholfen, Abschied zu nehmen. Gleichzeitig war es eine einmalige Begegnung und keine dauerhafte Begleitung, wie Chatbots sie anbieten würden.

Risiken eines Avatars

Und das ist genau einer der Risikofaktoren: Was, wenn Nutzende in eine Parallelwelt abdriften und den Bezug zur Realität verlieren, weil sie den Verlust einer Person nicht akzeptieren können? Menschen neigen laut Meitzler dazu, unbeseelten Dingen wie einer Maschine Lebendigkeit zuzuschreiben. „Und jetzt hat man einen Avatar vor sich, der so aussieht wie die geliebte Person, der genauso spricht. Der Avatar könnte dann eine gewisse Suggestivkraft entfalten, die mich glauben lässt: Das muss dieser Mensch sein.“ Gerade ein dramatischer Verlust wie ein Suizid eines jungen Menschen lasse viele Fragen offen. „Da könnte ich mir vorstellen, dass sich manche Hinterbliebene an einen Avatar richten – der dann tatsächlich antwortet“, so Meitzler.

Ein Blick hinter die Kulissen offenbart eine weitere Problematik: Die Avatare werden für gewöhnlich von kommerziellen Unternehmen geschaffen, die Menschen mit ihren Angeboten an sich binden wollen. Allein im Jahr 2023 starben in Deutschland 1,03 Millionen Menschen.

Wirtschaftlich gesehen ist die Branche damit ein sicherer Markt: Der Tod ist schließlich garantiert und wird immer Hinterbliebene und damit potenzielle Kunden generieren. „Aber was, wenn ich das Angebot für mich persönlich nicht mehr benötige und der Avatar mich dazu drängt, das Abo zu verlängern? Er könnte dann beispielsweise versuchen, mir ein schlechtes Gewissen einzureden, indem er sagt: Bitte lass mich kein zweites Mal sterben!“, sagt der Soziologe.

Der Avatar kann so zu einer Droge werden, zur Sucht. Auch hier zieht Meitzler Vergleiche zu früheren Entwicklungen. So habe die Fotografie bei ihrem Aufkommen im 19. Jahrhundert ebenfalls starke

Skepsis hervorgerufen: Menschen würden ihrer Seele beraubt werden und es sei gruselig, die Gesichter der Toten im Wohnzimmer hängen zu haben. „Passiert mit der KI und den Avataren nicht Ähnliches, nur eben auf einem anderen technischen Level? Und können wir in Zukunft, trotz aller Risiken, einen selbstbestimmten und verantwortungsbewussten Umgang lernen, der letzten Endes mehr nützt als schadet?“, fragt der Soziologe.

Für Hinterbliebene, denen es gelingt, zu verstehen, dass der Avatar nicht die eigentliche Person ist, sieht Meitzler darin die Möglichkeit, sich mit einem abgeschlossenen Leben und seiner eigenen Trauer auseinanderzusetzen. „So was kann durchaus Reflexionsprozesse auslösen, die einem bei der Bewältigung des Verlustes helfen“, sagt er. Generell gebe es hier wohl kein Richtig und Falsch, sondern für individuelle Personen Hilfreiches und weniger Hilfreiches.

Einschätzung einer Trauerbegleiterin

Dem individuellen Charakter von Trauerprozessen stimmt Christine Kempkes zu. Sie ist Trauerbegleiterin und bildet selbst Trauerbegleitende nach den Standards des Bundesverbands Trauerbegleitung e.V. aus. „Trauer ist erst einmal das ganz normale Gefühl, wenn wir jemanden oder etwas Wertvolles verloren haben“, sagt sie. „Dabei dürfen Menschen zwei Schritte vor und einen zurückgehen. Das ist alles ein gesunder Rahmen, wenn ich insgesamt merke, sie trauern auf das Leben zu.“

Mit einer KI zu chatten, sieht Kempkes allerdings extrem kritisch: „Eine Aufgabe,



Bild: Matthias Meitzler/Thorsten Benkel

QR-Codes auf Grabsteinen führen zu digitalen Erinnerungsräumen, die Hinterbliebenen helfen sollen, der Verstorbenen zu gedenken.

die wir als Trauernde bewältigen müssen, ist es, die Realität, so wie sie jetzt ist, zu akzeptieren. Wirklich zu verstehen, dass der Mensch tot ist. Eine KI gaukelt mir vor, dass es diesen Menschen doch noch gibt.“ So versuche sie, etwas fortzusetzen, was nicht mehr existiert. Solange Menschen den Verlust nicht akzeptieren, könne kein heilsamer Trauerprozess beginnen.

Wichtiger sei es, eine neue Verbindung zu dem Verstorbenen zu finden, um der Person nahe zu sein, vielleicht durch die Erinnerung an den früheren gemeinsamen Urlaubsort am Meer. Wer seinen Liebsten den Abschied leichter machen will, der kann schon zu Lebzeiten Audioaufnahmen von Gesprächen machen, Briefe schreiben und Botschaften hinterlassen. „Das ist handgeschrieben von der echten Person und kann später eine heilsame Erinnerung sein.“

Natürlich können Menschen auch ohne eine KI in ihrer Trauer verharren. Das sieht Kempkes mitunter darin begründet, dass unsere Gesellschaft verlernt hat, zu trauern. „Wir wollen funktionieren. Wir wollen ein glatt poliertes, schönes Leben haben. Spätestens nach drei Monaten fragen wir den Trauernden: Bist du denn immer noch traurig? Dabei wäre es doch total kurios, wenn ein Mensch, den ich sehr geliebt habe, verstorben ist und ich nach drei Monaten nicht mehr todtraurig bin.“

Genau diese Lücke im Umgang mit den Toten nutzen Digital-Afterlife-Unternehmen, indem sie einen vermeintlichen Ausweg bieten. Helfen werden diese Angebote nicht, da ist sich die Trauerbegleiterin sicher. „Es ist und bleibt ja eine Maschine. Und Maschinen begleiten keine Menschen. Menschen begleiten Menschen.“

Das hat Kempkes in den vergangenen Jahren immer wieder erlebt. Sie bekommt Anfragen von Menschen, die oft bereits ein digitales Angebot ausprobiert haben, wie etwa die App Grievy. Viele wollen am Ende doch einfach mit einem anderen Menschen sprechen und landen dann bei ihr oder ihren Kollegen.

Dabei findet die Trauerbegleiterin solche digitalen Anlaufstellen wichtig, gerade in ländlichen Gebieten, wo es nicht so viele Trauergruppen vor Ort gibt. Bestimmte Angebote vermitteln sogar Trauerfreundschaften, wie die Seite trosthelden.de. Personen in vergleichbaren Situationen zu finden und sich auszutauschen, kann ebenso helfen.

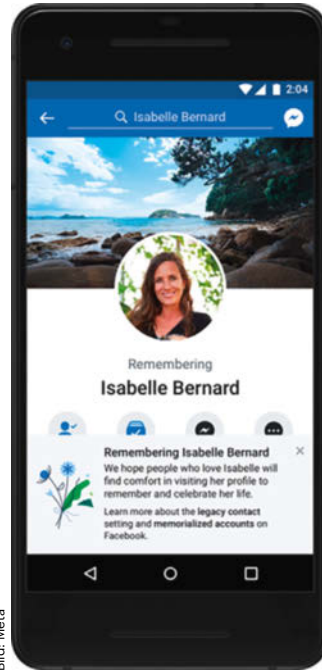
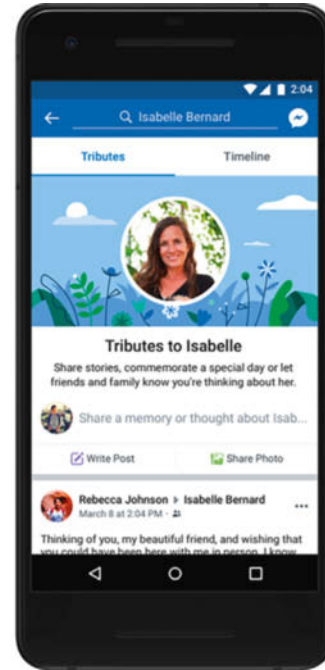


Bild: Meta



Hinterbliebene können Facebook-Profilen von Verstorbenen in den Gedenkzustand versetzen, um sie zu ehren.

Gerade diese Delokalisierung von Trauer ist einer der größten Wandel, die die Technik auf unsere Trauerkultur bereits eingeleitet hat. Trauer muss nicht mehr dort sein, wo der Körper beigesetzt wird. Jeder mit einem Internetzugang kann im Prinzip mittrauern. Und mitgestalten.

Datenschutz: Einen absoluten Schutz gibt es nicht

Diese Flexibilität bringt wiederum ihre eigenen Risiken mit sich. Je mehr Menschen im Internet von sich preisgeben,

desto mehr sensible Daten kursieren, seien es digitale Trauerräume, Chats oder Avatare.

Wie vielfältig die Risiken gerade bei den KI-gestützten Anwendungen sind, erklärt Annika Selzer. Sie ist Leiterin der Forschungsabteilung „IT Law and Interdisciplinary Privacy Research“ am Fraunhofer SIT und koordiniert den Forschungsbereich „Legal Aspects of Privacy and IT-Security“ im Nationalen Forschungszentrum für Angewandte Cybersicherheit Athene. Sie warnt: Verstorbene könnten etwa ungewollt als Avatar abgebildet wer-



Bild: youtube.com/@MBCLife

Mithilfe einer VR-Brille verabschiedete sich eine Mutter in Südkorea von ihrer verstorbenen Tochter.



Bild: Fraunhofer SIT / Fotograf: Farideh Diehl

Vielen Menschen fehle das Bewusstsein für ihr digitales Erbe, sagt die Datenschutzexpertin Annika Selzer.

den, der Avatar könnte vertrauliche Informationen weitergeben, sein Wesen verändern oder einfach ungewollt gelöscht werden.

Zwar gebe es in Deutschland einen postmortalen Persönlichkeitsschutz, der zum Beispiel vor Erniedrigungen oder diffamierenden Darstellungen durch Dritte schützen solle – analog zu Deepfakes von echten Personen in Pornos. Auch der Name und das Bildnis seien grundsätzlich abgesichert. Allerdings könne es bei Allernamen wie Hans Schmidt schwierig werden oder wenn eine Abbildung nicht sonderlich originalgetreu sei.

Zudem gelten diese Achtungsansprüche nicht auf unbestimmte Zeit. „Das geltende Recht geht davon aus, dass dieser Schutz genauso verblasst wie eben auch die Erinnerung an einen Menschen nach dessen Tod. Deswegen nimmt der Schutz aus diesen Vorschriften mit der Zeit immer mehr ab“, sagt Selzer. Wie lange es bis zum Erlöschen dauere, sei individuell.

Wer sichergehen will, kann sich eigentlich nur schützen, indem er seinen Willen schriftlich in einer letztwilligen Verfügung festhält [2]. Die lässt sich zusätzlich mit Auflagen kombinieren, die dafür sorgen, dass der letzte Wille umgesetzt wird, wenn nötig auch mit einem Testamentsvollstrecker.

Doch einen absoluten Schutz gebe es nicht, sagt Selzer. Selbst wenn jemand einen Testamentsvollstrecker einsetzt,



Bild: Eve Sundermann-Blesen

Christine Kempkes ist Trauerbegleiterin. Helfen werden die Angebote der Digital-Afterlife-Unternehmen nicht, da ist sie sich sicher.

könne ein Dritter die Daten, die über den Verstorbenen kursieren, im stillen Kämmerlein benutzen.

Dabei könnten Dienstleister mehr Schutz bieten. Allerdings ist das gerade für international agierende Unternehmen mit viel Aufwand verbunden. Denn wenn sie ihren Nutzern individuelle Einstellungen ermöglichen, müssen diese mit dem jeweiligen nationalen Erbrecht im Einklang stehen. „Andererseits müssen zum Beispiel Social-Media-Plattformen in ihren Angeboten auch etliche nationale Vorschriften, etwa für den Datenschutz, berücksichtigen. Sich mit unterschiedlichen nationalen Rechtsrahmen auseinanderzusetzen, wäre also für diese grundsätzlich nichts Neues“, sagt Selzer.

Prinzipiell findet die Datenschutzexpertin den postmortalen Schutz in Deutschland recht gut – wenn wir ihn denn wahrnehmen. Das Problem sei eher das fehlende Bewusstsein dafür. „Durch diesen weiterlebenden Avatar hört das Leben auf einmal nicht mit dem Tod auf. Und das sind wir nicht gewohnt, sind uns der Folgen noch nicht gut genug bewusst. Aber auch abseits von weiterlebenden Avataren fehlt vielfach noch das Bewusstsein für das digitale Erbe – viele hinterlassen ihren Erben einen digitalen Friedhof an Daten und an Plattform-Accounts.“ [3]

Dass mit KI-Avataren das Risiko steigt, dass sensible Daten geklaut werden, sei kein reines Problem der Digital

Afterlife Industry: „Je mehr wir unsere Stimme oder Videos verfügbar machen, umso wahrscheinlicher ist es, dass diese Aufzeichnungen genutzt werden können, um damit Schabernack zu treiben.“ Doch generell davon abraten will Selzer nicht. Wer sich dafür entscheidet, einen KI-gestützten Digital-Afterlife-Dienst zu nutzen, sollte das bewusst tun und sich vorab umfangreich informieren: Wie lange gibt es den Dienst schon? Inwieweit hat er festgelegt, wie er sensible Daten und somit auch die Menschen schützt, zu denen diese Daten gehören?

Ausblick auf die Zukunft

Sorgen darüber, dass bald alle mit den Avataren von Verstorbenen auf dem Sofa sitzen, machen sich die wenigsten. Heidi Müller ist Trauerberaterin und Mitbegründerin der Europäischen Trauerkonferenz, die im November 2024 in Dublin stattfand. Dort war KI in der Trauer nur ein Randthema. „Wir haben im Moment andere Themen, wie Trauer nach Disaster, Trauer in Kriegszeiten oder klimabezogene Trauer“, sagt Müller.

Der Soziologe Meitzler rechnet allerdings damit, dass die Nutzerzahlen steigen werden. Eine Bitcom Studie von 2023 ergab bereits, dass sich ein Drittel der Internetnutzer in Deutschland wünscht, dass ihre Profile in sozialen Netzwerken nach ihrem Ableben fortbestehen. Natürlich gebe es noch gewisse Berührungsängste, das sagen Meitzlers Befragte immer wieder. Das liege aber daran, dass Menschen, die vermehrt mit Sterben, Tod und Trauer zu tun haben, statistisch meist älter sind und keine Digital Natives. „Gerade junge Menschen sind es gewohnt, online nach Hilfe zu suchen und auch über sehr private Dinge zu kommunizieren“, sagt er. Und die würden schließlich irgendwann älter. „Das ist durchaus ein Zukunftsthema.“ (spa@ct.de)

Literatur

- [1] Arne Grävemeyer, Die Geister, die ich rief, Künstlich intelligente Avatare lassen Tote auferstehen, c't 17/2019, S. 136
- [2] Holger Bleich, Prince Leslie Kwarfo Krow und Marva Pirweyssian, Nachlass mit Recht, Juristische Grundlagen rund ums digitale Erbe, c't 15/2024, S. 72
- [3] Holger Bleich und Dorothee Wiegand, Kontenklärung, Tipps zum Verwalten eines digitalen Nachlasses, c't 15/2024, S. 64

Studien und erwähnte Websites:
ct.de/ywdy

WIR TEILEN KEIN HALBWISSEN. WIR SCHAFFEN FACHWISSEN.



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.



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.

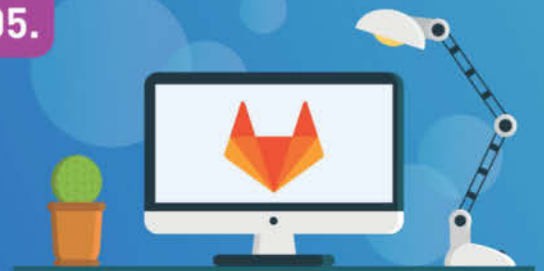


WORKSHOP

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.

07.05.



WORKSHOP

Einführung GitLab

Erfahren Sie, wie Sie GitLab einrichten, konfigurieren und anpassen. Außerdem lernen Sie, wie Sie eine eigene Instanz der Entwicklungsplattform betreiben.

14. + 21.05.



WORKSHOP

CI/CD mit GitLab

Lernen Sie die Continuous-Integration-Funktionen (CI) der Entwicklungsplattform GitLab kennen und üben Sie, wie man damit Softwareprojekte baut.

03.06.



WEBINAR

KI-Schreibwerkzeuge im Praxiseinsatz

Wir zeigen Ihnen, wie Sie ein für Ihren Arbeitsalltag passendes Tool auswählen, gewinnbringend einsetzen und die Ergebnisse der KI kritisch prüfen.

Sichern Sie sich Ihren Frühbucher-Rabatt:

heise.de/ct/Events



Bild: KI, Collage c't

Der offene Norden

Wie Schleswig-Holstein den Wechsel von Microsoft zu Open Source schaffen will

Während viele Bundesländer weiter auf den Softwareriesen Microsoft setzen und sogar trotz aller Bedenken dessen Cloud nutzen wollen, schlägt Schleswig-Holstein einen eigenen Weg ein. LibreOffice, Open-Xchange und Nextcloud sollen im Norden Kosten senken und Unabhängigkeit garantieren. Eine Bestandsaufnahme vor Ort.

Von Keywan Tonekaboni und Christian Wölbart

Spätestens seit der ersten Amtszeit von US-Präsident Trump geistert der Begriff „Digitale Souveränität“ durch die Debatten. Obwohl bekannt ist, in welchem hohen Maß die öffentliche Verwaltung in Deutschland von Microsofts Produkten abhängig ist, passiert kaum etwas, um diesen Umstand zu ändern. Mehrere Bundesländer wie etwa Bayern planen, die Public-Cloud-Dienste von Microsoft zu nutzen, trotz Bedenken nicht nur von Datenschützern. Hinzu kommen die hohen Kosten. Im Jahr 2023 blätterte der Bund fast 200 Millionen Euro allein für Microsoft-Lizenzen hin. Und die diskutierte Alternative Delos Cloud, für die im vergangenen Sommer Noch-Bundeskanzler Olaf Scholz warb, ist nicht nur noch teurer, sondern zudem lediglich ein von

SAP bereitgestelltes Angebot von Microsofts Clouddiensten.

Nicht so Schleswig-Holstein. Das kleine Bundesland aus dem Norden verfolgt seit Jahren einen Sonderweg – und die hohen Lizenzkosten sind einer der Gründe. In einem ersten Schritt soll LibreOffice in der Landesverwaltung Microsoft Office ablösen. Gleichzeitig ist der Wechsel von Exchange zur freien Alternative Open-Xchange geplant. Und am Ende des Weges ist gar der Umstieg von Windows auf Linux anvisiert.

Diese Open-Source-Strategie verkündete der damalige Umwelt- und Digitalminister Jan Philipp Albrecht (Grüne) im Jahr 2020 [1]. Mittlerweile ist die Staatskanzlei für das Thema Digitalisierung zuständig. Dort treibt nun der CDU-Minister

ct kompakt

- Schleswig-Holstein will bis Herbst 2025 zugunsten von LibreOffice größtenteils auf Microsoft Office verzichten; Open-Xchange und Thunderbird sollen Exchange ersetzen.
- Fachverfahren, spezielle Verwaltungsanwendungen, müssen für den Umstieg angepasst werden.
- Laut der Gewerkschaft Verdi bemängeln Beschäftigte Mehrarbeit und zu wenig Schulungen.

Dirk Schrödter den Umstieg voran (siehe Interview auf S. 111). Mit einem Kabinettsbeschluss im April 2024 leitete die Kieler Landesregierung einen schrittweisen Wechsel ein.

Plus eins für Open Source

Der Plan für den digital souveränen IT-Arbeitsplatz in der Landesverwaltung sieht sechs „Säulen“ vor, welche die Landesregierung mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten abarbeiten will:

- Umstieg auf LibreOffice
- Wechsel von Exchange/Outlook zu Open-Xchange/Thunderbird sowie von Sharepoint zu Nextcloud
- Umstieg auf Linux
- Ablösung von Microsoft Active Directory durch Univention Corporate Server (UCS)
- Prüfung der Interoperabilität spezieller Verwaltungsprogramme mit LibreOffice und Linux (Bestandsaufnahme Fachverfahren)
- Open-Source-Telefonie-Lösung

Viele dieser Projekte sind derzeit in der Vorbereitungs- oder Pilotphase. Fortgeschritten ist hingegen die Umstellung der Office-Software: LibreOffice ist laut Landesregierung bereits auf allen knapp 30.000 IT-Arbeitsplätzen der Verwaltung installiert. Bis Oktober 2025 sollen 70 Prozent dieser IT-Arbeitsplätze dann Microsoft Office los sein. Denn zu diesem Zeitpunkt laufen die aktuell genutzten Microsoft-Office-Lizenzen aus und Kiel will möglichst wenige davon verlängern. Damit fällt auch Outlook weg, weswegen seit verganginem Jahr gut 2500 Postfächer pro Woche von Microsofts Groupware- und

Mailserver zu Open-Xchange migriert werden. Der Parallelbetrieb von Exchange und Open-Xchange soll ebenfalls bis Oktober 2025 enden. Als Outlook-Ersatz für Mails, Kalender und Kontakte gibt es die Open-Xchange-Weboberfläche und den E-Mail-Client Thunderbird.

Einen hundertprozentigen Umstieg zu LibreOffice strebt die Landesregierung zunächst nicht an, sie wird also auch nach Oktober zumindest in einzelnen Behörden oder Abteilungen Microsoft Office nutzen.

Minister Schrödter begründet das vor allem mit zwei Herausforderungen: Erstens gebe es Bereiche, deren spezielle Verwaltungssoftware („Fachverfahren“) aktuell nur mit Microsoft-Anwendungen wie Word zusammenspielen. Ein Beispiel ist etwa, wenn ein Sachbearbeiter ein Antwortschreiben verfassen will, wozu das Fachverfahren aus dem Datensatz eine Vorlage für das Office-Programm erzeugt. „Da müssen wir mit den Herstellern der Fachverfahren sprechen und das tun wir auch“, sagt Schrödter. In manchen Fällen enthielten die Anwendungen bereits Schnittstellen für LibreOffice, diese müssten nur aktiviert werden. In anderen Fällen müssten sie erst noch entwickelt werden.

Schrödter glaubt, dass die Unternehmen solche Extrawünsche nicht einfach aussitzen werden. „Die Digitalministerkonferenz hat beschlossen, dass das Open-Document-Format künftig bundesweit das

Standardformat ist. Wer die Zeichen der Zeit erkennt, wird sehr schnell darauf reagieren.“ In manchen Fällen entwickelt Schleswig-Holstein die Fachverfahren auch gemeinsam mit anderen Bundesländern und muss sich mit diesen verständigen. „Da sind wir im Dialog und ich bin mir sicher, dass alle Länder früher oder später die Zeichen der Zeit erkennen“, sagt Schrödter. „Es ist schon viel Bewegung zu erkennen.“

Und zweitens gebe es Behörden und Abteilungen, die intensiv mit externen Stellen kommunizieren, die nicht mit bestimmten Dokumenten im Open-Document-Format umgehen können. In der Praxis hapert es laut Sven Thomsen, Chief Information Officer (CIO) von Schleswig-Holstein, vor allem bei älteren Dokumenten, etwa wenn sie von Word 95 zu Office Open XML (DOCX) konvertiert wurden oder wo andere Software fehlerhaft eingebettete Objekte (OLE) in der Office-Datei gespeichert hat. Mit den LibreOffice-Entwicklern arbeite man zusammen, um diese Problemfälle zu analysieren und zu beheben. „Zwar ist nicht alles reibungslos, aber die normale Zusammenarbeit zwischen Microsoft-Office-Anwendern und jenen, die LibreOffice verwenden, ist grundsätzlich gut machbar“, betont Thomsen. Die Staatskanzlei nutze schon länger LibreOffice und habe meistens keine Probleme beim Austausch. Zentral bereitgestellte Vorlagen seien schon um-



Der „digital souveräne IT-Arbeitsplatz“ umfasst sechs Teilbereiche, von Office über Telefonie bis zum Betriebssystem. Während der Umstieg auf LibreOffice im vollen Gang ist, gibt es für Linux noch keinen Termin.

gestellt. Für von Nutzern individuell erstellte Vorlagen gibt es einen Migrationservice, der die Dateien überarbeitet.

Manchmal ist die Inkompatibilität sogar ein Segen, zumindest aus Sicherheitsgründen. „Wenn mit Visual Basic Script in Excel programmiert wurde, sind wir verloren“, sagt CIO Thomsen, um gleich zu ergänzen: „Was aber grundsätzlich nicht schlimm ist, weil das ohnehin aufhören muss.“ Bei der Bestandsaufnahme kam aber auch zutage, dass einige Abteilungen die Datenbankverwaltungssoftware Microsoft Access einsetzen. Solche „Individualentwicklungen“ seien nicht gewünscht, erklärt Thomsen, insbesondere nicht für produktionskritische Prozesse und in proprietärer Software. Statt einer Access-ähnlichen Software würden die Daten in einer PostgreSQL-Datenbank neu aufgesetzt, mit einer Low-Code-Plattform als Bedienoberfläche.

Herausforderung Change Management

In den meisten Ministerien sei der Umstieg technisch problemlos, sagt Minister Schrödter: „Dort macht man im Wesentlichen Verwaltungsarbeit, die nicht immer mit dem Einsatz von Fachverfahren einhergehen.“ Herausfordernd sei aber auch dort das „Change Management“: „Die Menschen müssen sich auf die neuen An-

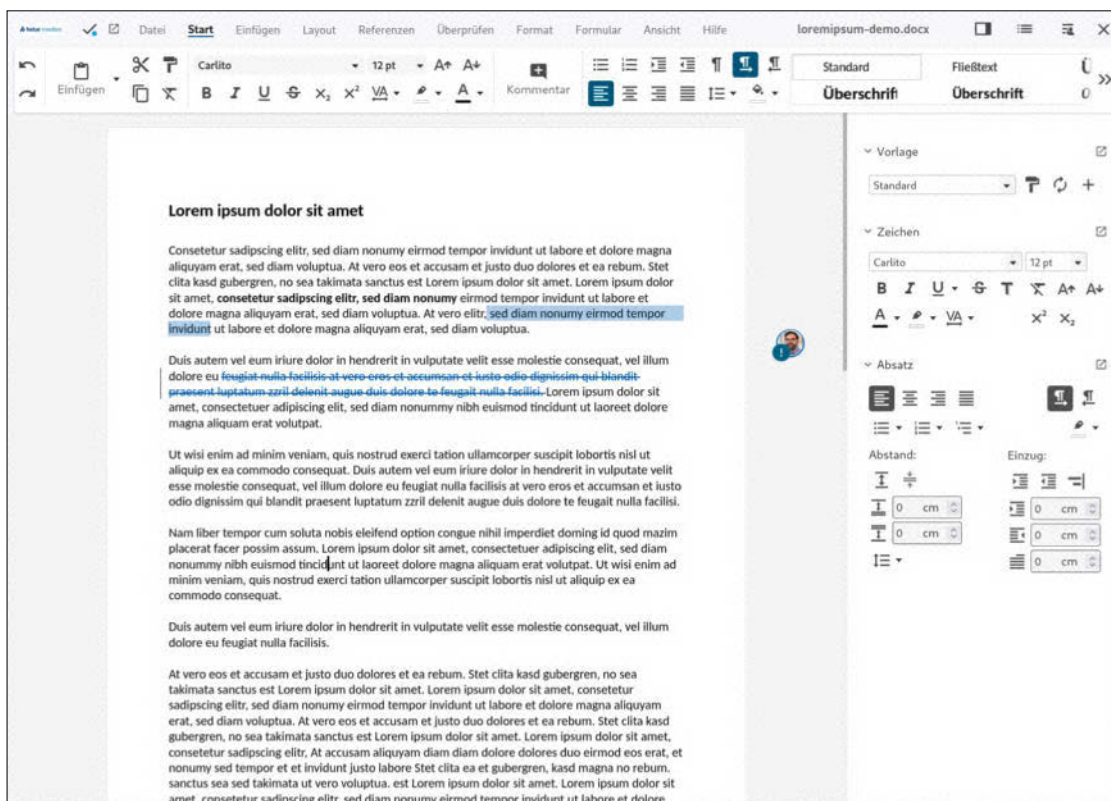
wendungen einstellen.“ Die Landesregierung könne das von ihren Mitarbeitern aber durchaus erwarten, findet der Staatskanzlei-Chef. „In ihrem privaten Umfeld gehen sie auch mit technischen Neuerungen um.“ Wichtig sei es, die Motivation gut zu erklären. Zudem unterstütze man nicht nur durch Dokumentationen und Videos, sondern auch mit Schulungen vor Ort. „Wir haben inzwischen 250 Schulungen für jeweils 12 bis 15 Mitarbeitende durchgeführt“, betont Schrödter. „Außerdem stellen wir den Ressorts Einführungsmanagerinnen und -manager zur Seite“.

Die Gewerkschaft Verdi berichtet hingegen, dass der Umstieg auf LibreOffice bei großen Behörden wie dem Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr sowie dem Landesbetrieb Küstenschutz zu viel Unmut führe. Die Softwaremigration erhöhe die Arbeitsbelastung der Beschäftigten enorm, sagte Sabine Kaiser, Landesfachbereichsleiterin für öffentliche und private Dienstleistungen, im Gespräch mit c't. „In manchen Bereichen müssen Tabellen jetzt doppelt geführt werden, weil der Verzicht auf Excel noch nicht möglich ist.“ Außerdem reiche das Angebot an Schulungsplätzen bei weitem nicht aus, Beschäftigte würden bei Problemen häufig bloß auf Videos verwiesen. „Insgesamt lautet unser Eindruck, dass die Staatskanzlei das auf Biegen und Brechen durchzieht,

ohne die Beschäftigten ausreichend mitzunehmen“, sagte Kaiser. Die Beschäftigten sähen die Unabhängigkeit von Microsoft aber auch als sinnvolles Ziel an, „wenn es denn funktioniert“.

Aus Sicht des Beamtenbunds dbb ist vor allem die Integration der Open-Source-Anwendungen in Fachverfahren eine große Herausforderung. „Wir befürchten durchaus, dass es Praxisprobleme geben wird, auch mit Blick auf den Zeitplan“, sagte der Landesvorsitzende Kai Tellkamp auf Anfrage. Kritisch sieht der dbb zudem, dass Schleswig-Holstein einen Alleingang wagt und nicht auf eine „koordinierte Gesamtlösung“ für alle Bundesländer setzt. „Insellösungen bedeuten gerade bei Digitalisierungsprojekten häufig Effizienzverluste“, so Tellkamp. Grundsätzlich sei die digitale Souveränität aber ein „richtiges Ziel“.

Der Widerstand in der Belegschaft war einer der Gründe, warum der Umstieg der Stadt München auf Linux so schnell rückabgewickelt wurde. In Schleswig-Holstein will man in der Kommunikation nicht den Wechsel von Microsoft zu Open Source in den Vordergrund stellen, sondern den Nutzen für die Anwender betonen. So wurde in der Landesverwaltung Microsoft Sharepoint bisher lediglich als schlichte Dateiablage genutzt. Abgelöst wird es durch Nextcloud samt Collabora



Statt auf Microsoft 365 setzt die Landesregierung auf Collabora Online Office, was in der von Schleswig-Holstein genutzten Nextcloud-Instanz integriert ist.

„Wenn mich ein Microsoft-Dokument erreicht, gebe ich es zurück“

Im Interview mit c't erklärt Digitalisierungsminister Dirk Schrödter (CDU), warum die Landesregierung von Schleswig-Holstein von Microsoft auf Open-Source-Software wie LibreOffice und auf Linux umsteigt.

c't: Herr Minister, Schleswig-Holstein ist das einzige Bundesland, das von Microsoft Office auf LibreOffice umsteigt. Sind Sie der Geisterfahrer oder sind es die anderen 15 Bundesländer?

Dirk Schrödter: Wir sind kein Geisterfahrer, sondern ein Pionier, der digitale Souveränität voranbringt. Es muss immer einen geben, der vorangeht. Und in dieser Rolle fühlen wir uns pudelwohl.

c't: Der Umstieg auf Open-Source-Software war ursprünglich eine Forderung der Grünen, mit denen Sie in Schleswig-Holstein gemeinsam regieren. Wie haben die Grünen es geschafft, Sie zu überzeugen?

Schrödter: Bei unseren ersten Koalitionsverhandlungen 2017 stand die Frage der wirtschaftlichen Abhängigkeit von Softwareanbietern im Vordergrund. In den vergangenen Jahren hat sich dann gezeigt, dass wir auch aus strategischen Gründen digital unabhängiger werden müssen. Auch, weil wir gesehen haben, wie abhängig wir im Bereich der Energieversorgung waren und was das für einen Staat bedeutet. Digitale Souveränität ist aber mindestens so wichtig wie Energiesouveränität und deshalb ist es folgerichtig, den Weg zu gehen. Das ist dann auch wieder die DNA meiner CDU. Bei den Verhandlungen über den zweiten Koalitionsvertrag 2022 habe ich mich sehr intensiv mit diesen Fragen auseinandergesetzt und ich bin von unserem Weg persönlich überzeugt.

c't: Was meinen Sie mit strategischen Gründen? Haben Sie ernsthaft die Sorge, dass Donald Trump Microsoft anweist, europäische Behörden lahmzulegen?

Schrödter: Wir müssen uns anhören, wie in den USA zum Beispiel über Grönland, den Panama-Kanal oder Kanada gesprochen wird. Die Datengesetzgebung der

USA wirkt bereits jetzt extraterritorial auf die Daten, die in Europa verarbeitet werden. Und wir wissen nicht, wie in Zukunft damit umgegangen wird. Spätestens jetzt müssen wir daraus unsere Schlüsse ziehen. Das heißt, wir müssen Herr über unsere Datenhaltung sein und auf IT-Prozesse Einfluss nehmen können. Das erreichen wir nur, wenn wir uns aus Abhängigkeiten lösen durch offene Standards, den Einsatz von Open Source und eine vielfältige Anbieterlandschaft.

c't: Sie haben sich das Ziel gesetzt, dass LibreOffice bis Oktober auf 70 Prozent der IT-Arbeitsplätze der Landesverwaltung die alleinige Office-Software ist. Arbeiten Sie selbst auch mit LibreOffice?

Schrödter: Ja, klar. Das ist für mich selbstverständlich und ich habe das von Anfang an gemacht. Als Führungskraft habe ich da auch eine besondere Verantwortung. Ich lebe unsere Beschlüsse. Und ich nehme grundsätzlich keine Vorlage mehr an, die nicht im Open-Document-Format gehalten ist. Wenn mich doch noch zufällig ein Microsoft-Dokument erreicht, gebe ich es zurück und sage, bitte einmal anders. Hier in der Staatskanzlei ist LibreOffice seit unserem Beschluss im letzten Jahr der Standard und wir werden nun Microsoft Office Schritt für Schritt deinstallieren.

c't: Wie sieht es in den anderen Ministerien und Landesbehörden aus? Können Sie diese notfalls anweisen, Microsoft Office zu deinstallieren?

Schrödter: Wir haben einen Kabinettsbeschluss und die Landesregierung setzt diese Beschlüsse um. Es gibt Bereiche, in denen der Umstieg schwieriger ist, zum Beispiel weil Microsoft Office tief mit speziellen Anwendungen der Verwaltung, den Fachverfahren, verwoben ist oder bei der länderübergreifenden Zusammenarbeit. Gerade die Verankerung von MS Office in Fachverfahren zeigt ja unsere Abhängigkeit, aus der wir uns befreien müssen. In den genannten Fällen brauchen wir möglicherweise einen etwas längeren Übergangszeitraum, deshalb das 70-Prozent-Ziel. Aber, ich denke, dieses Ziel werden wir bis Oktober erreichen. Dazu gehört



Minister mit Open-Source-Stickern auf dem Notebook: Staatskanzleichef Dirk Schrödter treibt in Schleswig-Holstein den Wechsel auf LibreOffice, Nextcloud, Open-XChange & Co. voran.

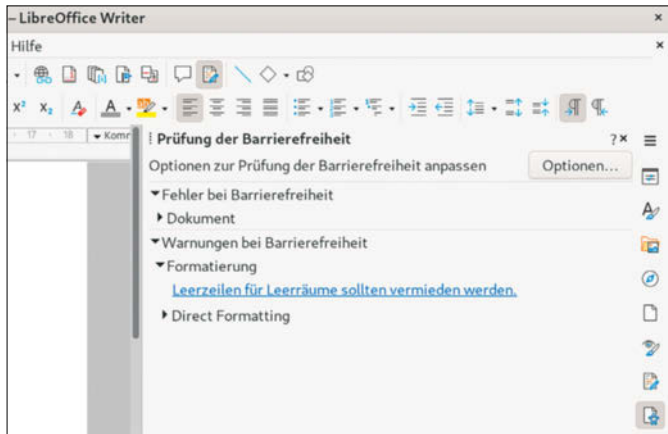
auch der Umstieg von Microsoft Exchange und Outlook auf Open-Xchange und Thunderbird und von SharePoint auf Nextcloud.

c't: Mit welchen Kosten rechnen Sie für den Umstieg und wie viel sparen Sie auf der anderen Seite ein?

Schrödter: Obwohl unser Vorgehen auch wirtschaftlich ist, ist dies nicht der primäre Grund. Für uns steht unsere digitale Souveränität im Vordergrund. Aber klar, wir blenden Kostenfragen nicht aus. Für die nächsten zehn Jahre werden wir im Bereich der Office-Anwendungen Umstellungskosten von rund 6,5 Millionen Euro haben. Das liegt deutlich unter dem, was wir an Lizenzkosten hätten im selben Zeitraum. Der Umstieg ist also klar wirtschaftlich.

c't: Andere Bundesländer wie Bayern und Niedersachsen steigen von Microsofts klassischem On-Premise-Office auf Clouddienste wie Teams um und erhöhen damit die Abhängigkeit von Microsoft eher noch, statt sie zu verringern. Was sagen Sie Ihren Kollegen in diesen Bundesländern?

Schrödter: Ich erkläre ihnen die Vorzüge von digitaler Souveränität. Und ich sage: Macht euch über die langfristigen Konsequenzen Gedanken. Wenn man Herr über seine Datenhaltung sein will, geht das nicht mit einer Strategie, mit der man sich an einen einzelnen Anbieter kettet.



Verbesserungen an Open-Source-Software, die Schleswig-Holstein in Auftrag gibt, wie der Barrierefreiheitsassistent in LibreOffice, sind für die Allgemeinheit verfügbar.

gestützt, also Stück für Stück, zu migrieren, statt alles auf einmal. Wichtig sei, dass man bis Oktober einen Großteil der Lizenzen nicht mehr benötigt. Die bei openDesk vorhandene Integration zwischen Open-Xchange, Nextcloud und anderen Komponenten stehe jetzt nicht im Vordergrund und sei relativ einfach nachzuziehen.

Festzuhalten ist, dass openDesk außerdem eine rein webgestützte Lösung ist, während Schleswig-Holstein mit LibreOffice und Thunderbird zumindest teilweise weiterhin klassische Desktopanwendungen nutzt.

Windows 11 statt Linux

Und Linux? Die Desktoprechner bleiben zunächst bei Microsofts Betriebssystem. Schleswig-Holstein plant die Anschaffung von Lizenzen für Windows 11. Trotzdem erkundet man schon jetzt, wie ein Arbeitsplatz mit einem Linux-Desktop aussehen könnte, und der Pilotbetrieb soll noch dieses Jahr starten. Beim Besuch in der Staatskanzlei präsentierte CIO Thomsen den c't-Redakteuren einen KDE Plasma Desktop. Für die nächsten Jahre sei bewusst die Entscheidung auf KDE Plasma gefallen. Denn KDE bietet eine aktive, europäische Community und die Bedienoberfläche mit Taskleiste und Startmenü ähnelt jener von Windows, was den Umstieg erleichtert. Auf eine Distribution habe man sich bisher nicht festgelegt; klar ist nur, dass es ein gemanagtes Enterprise-Linux sein soll, welches Dataport betreiben soll.

Fazit

Schleswig-Holstein geht seinen Sonderweg konsequent. Die Frage bleibt, ob es gelingt, die Beschäftigten mitzunehmen und die Landesregierung die versprochenen Einsparungen tatsächlich erzielen kann. Selbst wenn es sich finanziell nicht rechnen sollte, politisch ist die Unabhängigkeit womöglich essenziell. Die ersten Tage von Präsident Trumps zweiter Amtszeit zeigen, dass digitale Souveränität wichtiger denn je ist.

(ktn@ct.de/cwo@ct.de) 

Literatur

- [1] Niklas Dierking und Christian Wölbelt, „Mehr Flexibilität, mehr Souveränität, mehr Sicherheit“, Schleswig-Holsteins Digitalminister Jan Philipp Albrecht über den Wechsel zu Open Source, c't 23/2021, S. 34

Open-Source-Strategie und Hintergründe: ct.de/yhmd

Online Office, eine Variante von LibreOffice im Webbrowser, womit nun das gleichzeitige Bearbeiten von Dokumenten möglich ist. „Wir hatten das als kleines Feature gedacht“, sagt CIO Thomsen. „Die Anwender sehen darin aber eine deutliche Erleichterung in der täglichen Arbeit.“ Die Umstellung auf Nextcloud ist nicht mit der Frist im Herbst 2025 verbunden, aber der Rollout läuft schon. Die Nextcloud sei absichtlich nicht nur auf die notwendigen Features reduziert, sondern offen gestaltet. Funktionen wie Formulare oder Kanban-Board (Deck) sind in der angebotenen Nextcloud-Instanz aktiv. Das soll Mitarbeitern die Freiheit geben, ihre Zusammenarbeit in unterschiedlichen Formen zu organisieren.

Keine neuen Abhängigkeiten

Die Umstellung koordiniert ein kleines Team in der Staatskanzlei. Mit der Umsetzung ist der IT-Dienstleister Dataport beauftragt, eine Anstalt öffentlichen Rechts, an der Schleswig-Holstein neben weiteren vorwiegend norddeutschen Bundesländern beteiligt ist. Zu Dataport hat das Land einen Großteil der IT-Tätigkeiten ausgelagert. Der Dienstleister betreibt die Serverinstanzen in einem geschlossenen Verwaltungsintranet. Das Projektteam arbeitet aber auch direkt mit den Herstellern zusammen, also etwa mit Open-Xchange oder Firmen aus dem LibreOffice-Umfeld, wenn es um fachliche Fragen geht. Für die betriebliche Umsetzung ist aber Dataport der Ansprechpartner und verantwortlich.

Das nördlichste Bundesland will Abhängigkeiten von Microsoft nicht ablösen durch neue Abhängigkeiten von anderen Anbietern. Bei der Auswahl neuer Software sei nicht nur wichtig, dass diese Open Source ist, sondern auch, dass es eine ak-

tive Community in Europa gibt, sagt Thomsen. Das bedeutet, dass der Code nicht einzig von einem Hersteller stammt, sondern dieser auch offen dafür ist, dass andere Leute mit an der Software programmieren und Patches oder Zusätze von diesen in den Upstream-Code aufgenommen werden. „Wir wollen immer Bestandteil einer größeren Community sein, was die Entwicklung, aber auch was die Nutzung angeht und deshalb keine isolierten Lösungen aufbauen“, betont Thomsen. Gerade im Umfeld von LibreOffice gibt es neben Collabora verschiedene weitere IT-Dienstleister. So hat das Land einen Auftrag vergeben, um die Barrierefreiheit von LibreOffice zu verbessern und den Barrierefreiheitsassistenten weiterzuentwickeln.

Da bleibt die Frage, warum das vom bundesweiten Zentrum für digitale Souveränität (ZenDiS) vorangetriebene Open-Source-Online-Office-Paket openDesk in den Plänen der Kieler Regierung bislang nur eine Nebenrolle spielt. Dabei besteht openDesk ebenfalls aus Collabora Online Office, Nextcloud und Open-Xchange und ist sogar aus einem Dataport-Projekt namens Phoenix hervorgegangen. Dass openDesk nicht der Standard für alle Arbeitsplätze wird, begründet Schrödter damit, dass Schleswig-Holstein den Umstieg auf Open Source schon lange vor der Gründung des ZenDiS vorbereitet habe. „Wir sind viel schneller als die Kollegen, weil wir viel früher angefangen haben. Und wir wollen unsere Schnelligkeit beibehalten.“

Stattdessen soll openDesk vor allem als Backup für Notfallarbeitsplätze eingesetzt werden, also zum Beispiel im Fall einer Cyberattacke. Thomsen nennt zudem praktische Gründe: Man wolle sich darauf konzentrieren, komponenten-

WORKSHOPS MÄRZ 2025



10. – 13. März

Systemdeployment & -management mit Ansible

Diese Schulung ermöglicht einen Einstieg in die Systemverwaltung mit Ansible anhand von praxisnahen Beispielen.



11. – 12. März

Penetrationstests: Methodik verstehen, richtig ausschreiben und Ergebnisse auswerten

Die Schulung vermittelt Methodenkompetenz und zeigt klassische Stolpersteine von Penetrationstests auf.



12. – 13. März

Moderne Authentifizierung mit und ohne Passwort

Die praxisnahe Schulung erläutert alle wichtigen Methoden, Techniken und Tools der Softwarearchitektur.



20. – 21. März

Strategisches IT-Management: Von der Vision zur Wertschöpfung

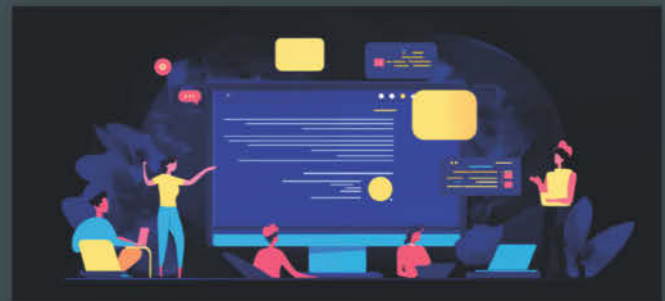
Diese Workshop präsentiert Einblicke in die Prinzipien des strategischen IT- und Technologie-Managements.



25. – 27. März

Docker und Kubernetes für Cloud-native Softwareentwicklung

Sie erwerben fundiertes Wissen neuester Container-Technologien von Docker und der Orchestrierung mit Kubernetes.



31. März

Microsoft Teams für Administratoren

Sie lernen die optimale Konfiguration von Teams, inklusive der Implementation von Sicherheit und Compliance.

„Heute würde ich kein KI-Gesetz mehr machen“

Der federführende AI-Act-Autor Gabriele Mazzini über die Herausforderung, künstliche Intelligenz zu regulieren

Gabriele Mazzini hat als Teamleiter die europäische KI-Verordnung maßgeblich gestaltet und erwarb sich mit seinem umfangreichen juristischen und technischen Sachverstand auch den Respekt von Regulierungskritikern. Im Gespräch mit c't (geführt auf der TED-AI-Konferenz in Wien) erläutert er, wie akribisch geforscht, wie bedacht abgewogen werden muss – und wie er mit Lobbyismus umgeht.

Von Andrea Trinkwalder

c't: Sieben Jahre lang haben Sie am AI Act gearbeitet: eine fachlich anspruchsvolle Thematik. Haben Sie einen technischen Hintergrund?

Gabriele Mazzini: Nein, ich bin Jurist. Ich war immer als Anwalt tätig, aber nicht in einer Anwaltskanzlei. Nach dem Jura-Studium habe ich promoviert und dann für die EU gearbeitet. Zunächst war ich Rechtslinguist und habe im Wesentlichen Dokumente für den Gerichtshof übersetzt. Dann habe ich als Anwalt für das Europäische Parlament gearbeitet. Anschließend bin ich in die USA gegangen und habe als Unternehmensjurist für eine NGO gearbeitet, die sich mit internationaler Entwicklung beschäftigt. Außerdem war ich für zwei Start-ups tätig. Als ich zurück nach Brüssel ging, begann ich mit der politischen Arbeit zu KI. Mein Hintergrund war also immer eine Mischung aus Recht und Politik, sowohl inner- als auch außerhalb der Institutionen. Ich glaube, dass dies in

gewisser Hinsicht auch der Knackpunkt war, denn ich denke nicht wie ein Bürokrat. Was ich zu sagen versuche: Mein Hintergrund ist ein wenig gemischt.

c't: Und wie kam es, dass Ihnen die KI-Gesetzgebung übertragen wurde?

Mazzini: Ich war, wie gesagt, sehr an Technologie interessiert. So begann ich zunächst in einer Kommission zu arbeiten, die sich mit den haftungsrechtlichen Auswirkungen von KI beschäftigte. Wie Sie vielleicht schon gehört haben, gibt es jetzt eine Richtlinie zur KI-Haftung, die noch aussteht. Als mir aber klar wurde, dass ich

und neuem Recht beschäftigt hatte. Ich hatte nämlich schon während der ersten zwei Jahre, in denen ich in der Kommission war, über die KI-Thematik nachgedacht, ohne für eine Regulierung zu plädieren. Ich war der Ansicht, dass wir zuerst intensiv studieren und lernen müssen, denn KI-Governance ist komplex.

Aber irgendwie hat von der Leyens Ansinnen, eine Gesetzgebung vorzuschlagen, diesen Prozess abgekürzt. Sie sagte sogar: innerhalb von hundert Tagen, wenn ich im Amt bin. Das war unrealistisch, aber es gab bei mir schließlich den Ausschlag. In gewisser Weise war ich bereit, und im Grunde gaben sie mir einen Freibrief.

»Lobbyarbeit ist normal, sie ist Teil des Spiels. Politische Entscheidungsträger müssen in der Lage sein, die Informationen zu filtern.«

nicht hinter dieser Initiative stehe, verließ ich sie. Ich dachte: Okay, mein Leben mit KI ist vorbei, und war kurz davor, in die EU-Delegation nach Kabul zu wechseln.

Aber dann hatte ich das Gefühl, dass ich vielleicht noch einen Moment warten sollte, denn es war eine Zeit des Übergangs von der Juncker-Kommission zur Präsidentschaft von Ursula von der Leyen. Und als sie 2019 ins Amt kam, hatte sie in ihren programmatischen Leitlinien tatsächlich einen Rechtsrahmen für KI. Damit hatten die Kommissionsmitglieder nicht gerechnet.

Sie fragten mich, ob ich Interesse an diesem Projekt hätte, weil ich einer der wenigen, wenn nicht sogar der Einzige in der Kommission war, der sich bereits intensiv mit der Schnittstelle zwischen KI

c't: KI vernünftig zu regulieren ist in der Tat ein sehr komplexes Thema. Wie ist es Ihnen gelungen herauszufinden, was für die Gesetzgebung wirklich wichtig ist?

Mazzini: Zuerst habe ich versucht, zu verstehen, ob es eine Lücke gibt. Und so habe ich versucht, herauszufinden: Okay, wir haben möglicherweise dieses Problem, aber ist dieses Problem bereits durch einen anderen rechtlichen Rahmen gelöst? Daraufhin begann ich, Wege zu finden, wie wir den AI Act so gestalten könnten, dass wir einerseits dieses Mandat einhalten, uns aber andererseits nur auf die Dinge konzentrieren, die nicht reguliert sind. Und das war die Idee, die letztendlich zu

diesem Ansatz der Produktgesetzgebung führte.

c't: Es gibt sehr viele unterschiedliche Interessengruppen und Akteure. Vor allem als die Idee aufkam, die Grundlagenmodelle gesondert zu regeln, schien der Lobbyismus zuzunehmen. Wie groß ist der Druck? Wie schafft man es, sich nicht manipulieren zu lassen?

Mazzini: Lobbyarbeit ist normal. Ich habe das Gefühl, dass sie manchmal einen negativen Beigeschmack hat. Die Leute reden über Lobbyisten als etwas Schlechtes. Aber es gibt Unternehmen, die Lobbyarbeit betreiben, es gibt zivilgesellschaftliche Organisationen, die Lobbyarbeit betreiben, es gibt Regierungen, die Lobbyarbeit betreiben, jeder betreibt Lobbyarbeit. Denn jeder hat seine eigenen Interessen. In gewisser Weise ist Lobbyarbeit meiner Meinung nach also in Ordnung, sie ist Teil des Spiels. Das macht den Job eigentlich erst interessant, weil man mit so vielen Leuten spricht und jeder eine andere Meinung hat.

Die Kunst besteht darin, dass man als politischer Entscheidungsträger in der Lage ist, zu verstehen und zu filtern, was einem gesagt wird. Denn wenn ich, sagen wir mal, mit Google spreche und sie schicken mir einen Ingenieur, der mir erklärt, wie ein LLM funktioniert: Dann sollte ich besser auch einen Ingenieur von der Kommission mitbringen, der überprüfen kann, ob die Informationen, die von Google kommen, tatsächlich die vollständige Darstellung sind oder vielleicht nur eine Möglichkeit, die Thematik zu betrachten. Denn ich weiß, wenn ich mit Google spreche, werden sie mir nur sagen, was in ihrem Interesse ist.

Hier kommt es also auf die Reife des politischen Entscheidungsträgers an. Und man braucht Kompetenz. Man muss in der Lage sein, zu verstehen, woher die Informationen kommen, ob sie verlässlich sind, und man muss in der Lage sein, sie zu filtern. In diesem Sinne sind die guten Lobbyisten diejenigen, die tatsächlich mit Informationen an den Tisch kommen. Nicht diejenigen, die versuchen, Ihnen zu sagen, Sie sollten dies tun, Sie sollten das tun. Aber um noch einmal auf Ihre Frage zurückzukommen, ob es Druck von Interessengruppen gab. Ich habe das ganze KI-Gesetz entwickelt, ohne dass mir jemand gesagt hat, wie ich es machen soll. Das ist die Realität.



Bild: Robert Leslie / TED AI Vienna

Der promovierte Jurist Gabriele Mazzini ist federführender Autor des AI Act, der ab Februar regelt, wie künstliche Intelligenz in der EU eingesetzt werden darf. Die nachträglich ergänzten Passagen zur Regulierung von Grundlagenmodellen – also Sprach- und anderen generativen KIs – empfindet er als Fremdkörper.

c't: Wie gehen Sie vor, um zwischen ernsthaften und interessengeleiteten Bedenken zu entscheiden, etwa bei der häufig geäußerten Befürchtung: "Dies oder jenes wird Europa daran hindern, KI zu entwickeln."? Wie können Sie einschätzen, ob es eine wirklich realistische Sorge ist oder nur der Versuch, möglichst viel für die eigene Branche herauszuschlagen?

Mazzini: Zuerst studiert man, macht also seine eigene Due-Diligence-Prüfung, dann lässt man sich beraten. Man hat also eine Idee und fängt an, sich mit Experten zu beraten. Aus diesem Grund arbeitet die Kommission regelmäßig mit externen Experten zusammen, aber selbst die Experten haben manchmal unterschiedliche Ansichten. Ich denke also, dass es auch keine exakte Wissenschaft ist, auf jeden Fall ist es immer eine Meinung, oder? Werden wir mehr oder weniger wachsen, wenn wir dies oder jenes tun?

Man muss aber zumindest ein ordentliches Verfahren haben, um eine ordentliche Due-Diligence-Prüfung, ordentliche Entwürfe und dann eine ordentliche Konsultation durchzuführen, damit man irgendwann sagen kann: Es gibt jetzt einen ausreichenden Konsens und ein ausreichendes Verständnis für die Fragen, und

dann wollen wir uns auf diese konzentrieren und nicht auf andere. Es ist also eine Kombination aus einerseits technischem Fachwissen und Kenntnissen und andererseits dem, was aus der Außenwelt kommt: von den Menschen, die tatsächlich mit KI arbeiten, KI anwenden oder von KI betroffen sein könnten. Das ist der Prozess. Und wie gesagt, nicht perfekt, aber es ist ein Prozess, bei dem man, wenn man ihn gut macht und zuhört, wahrscheinlich die meisten Dinge richtig macht.

c't: Der AI Act war fast fertig, als mit dem Erfolg von ChatGPT die Diskussion über die Grundlagenmodelle und speziell die großen Sprachmodelle aufblühte. In puncto Regulierung schien alles wieder von vorn loszugehen. Gab es einen Punkt, an dem Sie dachten, dass der AI Act nie zu einem Ende kommen würde?

Mazzini: Nein, ich hatte zu dem Zeitpunkt vielmehr das Gefühl, dass genau diese Diskussion mehr Zeit braucht, und hatte eher Bedenken, zu früh fertig zu werden. Denn diese Debatte hat gezeigt, wie komplex die Sache ist. Und wenn eine Sache komplex ist, dann muss man das meiner Meinung nach auch anerkennen. Es ist schließlich keine Atombombe, die zu explodieren droht.

ChatGPT hat viele Menschen überrascht und sicherlich einige Probleme verursacht. In Italien wurde ChatGPT beispielsweise von der Datenschutzbehörde zwei Wochen lang gesperrt. Aber sagen wir mal so: Das alles ist kein Grund, ein Gesetz zu erlassen, bevor man überhaupt verstanden hat, welche Auswirkungen die LLMs beziehungsweise Grundlagen- oder multimodale Modelle auf die Wirtschaft haben würden. In meinen Augen war daher vor allem problematisch, dass in gewisser Weise dieses Gefühl herrschte: Wir müssen es rasch angehen, gemäß dem politischen Zeitplan, weil wir sonst scheitern werden. Ich war der gegenteiligen Meinung, nämlich dass es wichtiger ist, sich zuerst gut aufzustellen, weil wir eindeutig noch nicht so weit waren.

c't: Welche wichtigen Prozesse fehlten in Bezug auf die Regulierung von Grundlagenmodellen, beziehungsweise wurden abgekürzt?

Mazzini: Es gab noch keine Folgenabschätzung. Das ist eine Studie, die von der Kommission durchgeführt wird, bevor sie einen

Ethische Kompetenz
Ethisches Bewusstsein für KI-bezogene Fragen

Lernzielbeschreibungen

Stufe 1-2: Wissen & Verstehen – Anwenden & Analysieren:
Die Lernenden sollen in der Lage sein, ethische Dilemmata, die mit KI-Anwendungen verbunden sind, zu erkennen und zu beschreiben.

Stufe 3-4: Anwenden & Analysieren – Bewerten & Entwerfen:
Die Lernenden sollen fähig sein, die ethischen Auswirkungen verschiedener KI-Anwendungen zu analysieren und zu bewerten, um verantwortungsbewusste Entscheidungen zu treffen.

Stufe 5-6: Bewerten & Entwerfen – Erschaffen:
Die Lernenden sollen in der Lage sein, eigenständige ethische Richtlinien für den Einsatz von KI zu entwickeln und zu implementieren, die sowohl persönliche als auch organisationale Verantwortung reflektieren.

Ethische Kompetenz bezeichnet die Fähigkeit, ethisch mit KI-relevanten Themen umzugehen und verantwortungsvoll zu handeln.

Bild: AI Comp/DHBW

Wie gut Unternehmen die Anforderungen bewältigen können, hängt laut Mazzini von den Leitlinien ab, erste sind bereits erarbeitet. Eine große Bedeutung kommt etwa der KI-Kompetenz von Mitarbeitern zu. Das der Dualen Hochschule Baden-Württemberg zugehörige Projekt AI Comp hat schon ein Modell mit den verschiedenen für KI erforderlichen Kompetenzfeldern erstellt.

Vorschlag veröffentlicht. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um eine Analyse der potenziellen Auswirkungen der Verordnung, die Sie entwerfen wollen. In der Regel müssen wir dann eine Prüfung durch einen Ausschuss für Regulierungskontrolle bestehen, der diese Studie, diese Folgenabschätzung, analysiert und beurteilt, ob sie gut genug ist oder nicht. Dieses Instrument ist zwar nicht perfekt, aber es ist ein gutes Instrument.

Es liefert also eine Begründung, warum man [die Kommission, Anm. d. Red.] sich für dieses und nicht für jenes entschieden hat. Daher wird in der Regel jeder Vorschlag der Kommission von den beiden Mitgesetzgebern irgendwie unterstützt. Während des rechtlichen Verfahrens oder des Gesetzgebungsverfahrens ändern die beiden Mitgesetzgeber den Vorschlag also normalerweise nicht vollständig. Sie passen ihn nur an, verfeinern ihn. Der endgültige Text folgt im Allgemeinen der Struktur, den grundlegenden Ideen des Kommissionsvorschlags – mit Ausnahme dessen, was bei den LLMs geschah.

c't: Könnten Sie diesen Unterschied bitte näher erläutern?

Mazzini: Der endgültige Text des AI Act enthält ein neues Kapitel: ein völlig neues Kapitel über General Purpose AI, das im Kommissionsvorschlag nicht enthalten war. Und dieses Kapitel weicht auch vom ursprünglichen Ansatz des Kommissions-

vorschlags ab, der darauf abzielt, KI in Abhängigkeit von Anwendungsfällen zu regulieren. Dieses neue Kapitel hingegen reguliert Basismodelle: Ja, das ist auch eine Änderung der Logik.

Dieses neue Kapitel beeinflusste auch das Governance-System [also den festzulegenden Ordnungsrahmen mit seinen Regeln und Prozessen, Anm. d. Red.]. Dafür hatten wir aber noch keine Evidenz, außer einige Gespräche und einige Papiere mit einigen Interessenvertretern, aber keine Studie, keine interne Analyse. Das war es, was mir ein wenig Unbehagen bereitete.

c't: Es wäre in Ihren Augen also besser gewesen, die ursprünglichen Texte und Kapitel des AI Act so zu überarbeiten, dass automatisch auch die generativen KIs adäquat reguliert werden, anstatt diese Spielart gesondert zu behandeln?

Mazzini: Nun, das ist einer der Einwände, die vorgebracht wurden, dass dieses neue Kapitel im Wesentlichen eine Technologie an sich reguliert. Es regelt also im Wesentlichen die Transformer, die Grundlagenmodelle, während das KI-Gesetz als Konzept neutral ist und künstliche Intelligenz unabhängig von einer bestimmten Architektur regelt. Es spricht von KI-Systemen, und dann muss man natürlich definieren, was ein KI-System ist. Dies schließt im Grunde alles maschinelle Lernen ein, rich-

tig? Dazu gehören auch Expertensysteme, im Grunde ist das Konzept des maschinellen Lernens sehr umfassend.

Im Gegensatz dazu wird es jetzt spezifische Bestimmungen für eine bestimmte Art des maschinellen Lernens geben, nämlich die Transformer. Und das ist eine Frage, die sich meiner Meinung nach stellt: Warum unterscheidet sich diese spezielle Technologie von anderen? Eigentlich glaube ich nicht, dass es der richtige Ansatz ist, eine bestimmte Technologie zu regulieren. Denn schon morgen wird es eine andere geben.

c't: Welche kritischen Regulierungslücken wurden denn im ursprünglichen Entwurf identifiziert, die es erforderlich machten, Grundlagenmodelle gesondert zu behandeln?

Mazzini: Es gibt eine Frage, die diese neuen Werkzeuge, also generative KI, gegenüber dem ursprünglichen Kommissionsvorschlag aufwerfen. Der Kommissionsvorschlag konzentrierte sich auf Anwendungsfälle: also auf einen engen Anwendungsbereich und damit typischerweise auf KI-Systeme, die auf diesen engen Bereich trainiert wurden.

Eine generative KI wie etwa einen Chatbot hingegen können Sie bitten, eine Reihe von Aktivitäten durchzuführen; in mehreren, einschließlich Hochrisikobereichen. Die eigentliche Frage, die ich mir damals gestellt habe und die durch das KI-Gesetz nicht wirklich gelöst wird: Wie können wir sicherstellen, dass der risikobasierte Ansatz greift? Dass wir regulieren, sobald der Einsatz von KI ein hohes Risiko darstellt, zum Beispiel wenn Firmen eine KI beim Recruiting von Menschen einsetzen. Dann wollen wir sicherstellen, dass das System überprüft und kontrolliert wird. Wie erreichen wir also, dass dieses Szenario tatsächlich als hohes Risiko angesehen wird, wenn es als solches im Kommissionsvorschlag definiert ist? Und wie stellen wir sicher, dass auch generative KI abgedeckt ist, wenn ich sie benutze, um dasselbe Ziel zu erreichen?

Das ist die Komplexität, denn generative KI kann viele, viele verschiedene Aufgaben außer dem Recruiting erledigen und wird auf eine andere Weise trainiert als das traditionelle KI-System. Wenn man aber die [im Kommissionsvorschlag definierten] Anforderungen für ein hohes Risiko auf generative KI anwendet, dann funktionieren sie als solche nicht wirklich.

Das ist meiner Meinung nach ein Problem, das immer noch nicht gelöst ist.

c't: Für die praktische Umsetzung wurden und werden Leitlinien und Verhaltenskodizes erarbeitet, um es Unternehmen zu erleichtern, sich an die Vorgaben des KI-Gesetzes zu halten. Wie stark beeinflussen die verbliebenen Unklarheiten diesen für die Praxis wichtigen Prozess?

Mazzini: Diese Aufregung um generative KI und ChatGPT führte dazu, dass die Erzählung über KI in Richtung von Risiken verschoben wurde, die sehr undefiniert, systemisch und sogar existenziell sind. Außerdem wurde zusätzliche Komplexität in einen rechtlichen Rahmen gebracht, der ohnehin bereits sehr komplex war. Das Hinzufügen dieses neuen Kapitels bedeutete, dass die Kommission jetzt Leute einstellt, die nur an der Umsetzung dieses völlig neuen Kapitels arbeiten. Sie sollen versuchen, den Sinn dieser Bestimmungen zu verstehen, die im Moment ohnehin sehr vage sind.

Viele Details werden also gemeinsam mit der Industrie ausgearbeitet. Das lenkt einen großen Teil der Aufmerksamkeit auf dieses Thema. Dadurch werden viele Ressourcen von der tatsächlichen Umsetzung anderer Teile des KI-Gesetzes abgelenkt, die für uns relevanter sind, nämlich das hohe Risiko. Im Wesentlichen haben wir also Regeln geschaffen, die wir meiner Meinung nach nicht brauchen. Oder zumindest wussten wir nicht genau, wie wir sie umsetzen sollten, weil wir keine Analyse hatten. Und jetzt erzwingen diese Regeln eine Art von Aktivität, die die Umsetzung anderer Teile des Gesetzes komplexer und schwieriger machen wird. In gewisser Weise ist das nicht gut für die europäische Industrie.

c't: Ein häufiger Kritikpunkt ist, dass das Ausmaß an Nachweisen bezüglich Transparenz, Trainingsdaten et cetera vor allem für kleinere Firmen nur schwer zu bewältigen sein dürfte. Worauf kommt es jetzt bei der Entwicklung der Leitlinien an?

Mazzini: Das alles muss in der Tat erst definiert werden. Jetzt geht es ans Eingemachte, denn im Moment ist das KI-Gesetz noch sehr substanzlos. Wir brauchen also die Standards, wir brauchen die Rechtsakte, die Durchführungsrechtsakte. Ohne

diese wird es für die Unternehmen schwierig sein, die Vorschriften einzuhalten. Aber zumindest sollten sie damit in der Lage sein, zu wissen, was sie tun sollen.

Vor allem kleinere und mittlere Unternehmen (KMU) sowie Start-ups haben weniger Ressourcen. Ein Mangel an Klarheit darüber, wie die Vorschriften einzuhalten sind, wird sich vor allem auf die kleineren Akteure auswirken. Im Wesentlichen wird der Maßstab für die Einhaltung durch den Stand der Technik gegeben sein. Wenn Sie ein KMU sind, wird es für Sie viel schwieriger sein, Nachforschungen anzustellen, die Literatur zu sichten, um zu verstehen, was der Stand der Technik für eine technische Lösung ist. Die großen Unternehmen werden weniger Probleme haben.

c't: Sie hatten viel Gestaltungsfreiheit, aber immer unter dem Mandat, ein KI-Gesetz auf den Weg zu bringen. Wie würden Sie KI regulieren, wenn Sie vollkommen frei entscheiden könnten?

Mazzini: Wenn ich heute das Gleiche mit voller Freiheit tun könnte, würde ich kein KI-Gesetz machen, sondern auf meine ursprüngliche Idee zurückkommen. Wir bräuchten jemanden im Büro des Kommissionspräsidenten, der sich mit KI auskennt und der den Abteilungen sagen kann: Okay, wir haben mit der KI vielleicht ein paar Probleme bei den Finanzdienstleistungen. Dann verfassen Sie dafür einige Anleitungen. Und wenn Sie Probleme mit der Regulierung medizinischer Geräte haben, können Sie dort etwas tun. Aber diese Leute müssten koordiniert werden. Es müsste also jemanden geben, der einen 360-Grad-Blick hat und diese Hebel in Bewegung setzen kann.

Aber diese Möglichkeit gibt es nicht, wir haben jetzt das KI-Gesetz. Ich habe also versucht, das KI-Gesetz so zu gestalten, dass wir zumindest diese Spannungen mit bestehenden Gesetzen vermeiden. Aber das ist mir letztendlich nicht gelungen. Mein ursprünglicher Entwurf war nicht ideal und verbesserungsbedürftig, aber ich denke, er war relativ in Ordnung. Der endgültige Text hingegen macht in mancher Hinsicht diese Spannungen zwischen anderen Rechtsrahmen meiner Meinung nach potenziell komplizierter.

(atr@ct.de) **ct**

KI-Verordnung: Zeitplan und Informationen: ct.de/yt4v

Make:

JETZT IM ABO GÜNSTIGER LESEN



2x Make testen mit über 30% Rabatt

Ihre Vorteile im Plus-Paket:

- ✓ Als Heft und
- ✓ Digital im Browser, als PDF oder in der App
- ✓ Zugriff auf Online-Artikel-Archiv
- ✓ Geschenk, z. B. Make: Tasse

Für nur 19,40 € statt 27 €

Jetzt bestellen:
make-magazin.de/miniabo



✉ leserservice@maker-media.de

☎ 0511 / 592 99 077

🌐 make-magazin.de/miniabo



Bild: Cureosity

Therapie als Spiel

VR-Brille und Gamification steigern den Eifer bei der Physio

Senioren und Patienten in Reha-Kliniken zeigen keine Scheu vor VR-Brillen und 3D-Anwendungen, im Gegenteil. Gut gemachte Therapiesysteme vermeiden Motion Sickness und spornen beim Training an. Darüber hinaus können VR-Welten und Panoramaspaziergänge den Horizont von Heimbewohnern erweitern.

Von Arne Grävemeyer

Die VR-Brille entführt ihren Träger in eine skurrile Situation im Weltraum: Auf einem Saturnring sitzend soll er nach Meteoriten schnappen und diese einfan-

gen. Für Meteoriten verschiedener Art hat er zwei unterschiedliche Greifer: Blaue Objekte kann er mit der rechten Hand einfangen und rote mit der linken. Gelungene Bewegungen belohnt das 3D-Programm mit Glockentönen und Bonuspunkten. Das alles klingt nach einem gewöhnlichen Spielenachmittag in einem modernen Kinderzimmer, es handelt sich aber um physiotherapeutisch wertvolle Übungen im Seniorenheim. Die Meteoriten kommen auf immer mehr Bahnen angesaut. Sie zu erwischen, erfordert zunehmend komplexere Bewegungsabläufe.

Gleichzeitig protokolliert das Programm die Erfolge des Meteoritenjägers und passt den Schwierigkeitsgrad automatisch an, um zu vermeiden, dass der nicht mehr mitkommt und frustriert ist. So soll die Motivation beim Spieler respektive Patienten hoch bleiben. Im Senioren-

heim, wo die Bewohner heute gemeinsam testen wollen, wie es ist, unter einer VR-Brille zu stecken, fiebern die anderen am großen Bildschirm beim Meteoritenfangen mit. Schnell melden sich einige, die als nächste drankommen wollen.

„Eine der häufigsten Rückmeldungen, die wir von den klinischen Partnern bekommen, lautet: ‚Wir haben die Patienten selten sich so lange so aktiv bewegen sehen wie in diesem Spiel.‘“, berichtet Thomas Saur. Er ist einer der Gründer von Cureosity, dem Anbieter des VR-Systems Cureo.

Bewegungstraining spielerisch

Jeder Physio- und Ergotherapeut kennt das Problem: Therapie nach einem Schlaganfall oder etwa bei Parkinson kann Schwerstarbeit sein und den Patienten immer wieder aufs Neue zu motivieren, ist herausfordernd. Gamification und der Einsatz von VR-Brillen versprechen willkommene Unterstützung.

Auf Vorbehalte bezüglich digitaler Technik und insbesondere VR-Anwendungen stoßen auch Sabine Sachweh und ihr Team fast nie. Die Professorin für angewandte Softwaretechnik an der Fachhochschule Dortmund erforscht im Projekt DI-PASST gemeinsam mit mpool Consulting und weiteren Partnern die Möglichkeiten digitaler Pflege-Assistenzsysteme.

Beispielsweise sind die Forscher mit einer VR-Brille Pico 4 und drei Meta-Quest-Modellen zum Seniorenzentrum Waldstadt Iserlohn gefahren (Video siehe [ct.de/y3tt](https://www.ct.de/y3tt)). Auf Drehstühlen sitzend konnten die Bewohner einfache 360-Grad-Videos betrachten, etwa von Naturschauplätzen, von Tauchgängen oder von Heißluftballonfahrten. Mithilfe von Tablets steuerte das Pflegepersonal die Anwendungen, während eine Leinwand Mitbewohner an den Erlebnissen der VR-Brillenträger teilhaben ließ. Einfache Spiele-Apps zum Musikhören oder Punktesammeln folgten bei einem weiteren Besuch im Seniorenzentrum.

Bei diesem Experiment zeigte sich, dass die Senioren die VR-Brillen und ihre Möglichkeiten als eine willkommene Abwechslung sehr gern annahmen und sich zugleich freuten, gemeinsam etwas zu erleben. Der virtuelle Besuch fremder Orte half gegen Fernweh, und Bewohner, die auf der virtuellen Ballonfahrt bekannte Orte wiedererkannten, waren besonders angeregt. Viele fragten, ob es nicht auch 360-Grad-Filme aus der Region gebe. Angesichts der auch für die Pflegenden einfach zu handhabenden Technik entschied der Beirat der Einrichtung kurzerhand, selbst eine VR-Brille zu beschaffen und diese künftig gemeinsam mit einem Tablet und der großen Leinwand bereitzustellen.

Weder das Pflegepersonal noch die zum Teil hochbetagten Patienten zeigten Berührungängste. „Probleme bestehen wohl eher darin, Freiräume zu schaffen, um einmal etwas Neues auszuprobieren. Die Abläufe in der Gesundheits- und Pflegebranche sind extrem dicht getaktet, sowohl in der ambulanten als auch in der stationären Versorgung“, schildert Sachweh.

VR-Therapie im Parallelbetrieb

Das Zeitproblem in Rehabilitation und Pflege hat man auch bei Cureosity erkannt. Um es zu entschärfen, ermöglicht Cureo eine Gruppentherapie. Jeder einzelne Patient verfolgt einen individuellen Therapieplan, den das Programm automatisch abrufen. Der Physiotherapeut kann auf dem Tablet die Sichteindrücke jedes Patienten und seine Fortschritte beobachten. Bei Bedarf greift er ein und gibt Hilfestellung. Das System sieht vor, dass ein Therapeut so bis zu sechs Patienten gleichzeitig am Steuerungs-Tablet beaufsichtigen oder eben körperlich eingreifen kann. Der Therapieplan lässt sich in Echtzeit anpassen.

Derzeit vertreibt Cureosity das System Cureo 4, das aus einer VR-Brille und einem kleinen WLAN-Router für ein Ad-hoc-Netzwerk besteht. Zusätzlich liefert das Unternehmen Handcontroller mit, allerdings ist der Großteil des angebotenen Trainings inzwischen per berührunglosem Handtracking nutzbar. Auf private VR-Brillen lässt sich Cureo nicht herunterladen. „Es ist uns wichtig, dass das Therapiesystem datensicher ist. So wollen wir nicht über App-Stores gehen oder irgendwelche Meta-Accounts; wir liefern unser eigenes Device-Management und gewährleisten dadurch auch die Datensicherheit. Unser vorkonfiguriertes System können wir auch komplett supporten“, sagt Saur.

Bei Schlaganfall oder Parkinson

Einen ersten Prototyp von Cureo setzte bereits 2018 die Schlaganfallklinik Düsseldorf-Meerbusch ein. Von Anfang an entwickelten Klinikmitarbeiter an dem System mit. Inzwischen bietet Cureo sieben Module mit über 50 verschiedenen Therapiepielen. Diese Module sind so aufgeteilt, dass sich jedes an einem bestimmten Therapiebereich mit festgelegten Therapiezielen orientiert. Beispielsweise trainiert das „Active“-Modul die visuelle Aufmerksamkeit und wird durch Kopfbewegungen gesteuert. Das Training des Sichtfelds ist gerade für Schlaganfallpatienten wesentlich. Im „Moto“-Modul geht es um das Training der oberen Extremitäten, also um große und dynamische Bewegungen, um den Bewegungsradius zu

ct kompakt

- Hinter einer VR-Brille bekommen physiotherapeutische Übungen einen ganz neuen Reiz.
- Attraktives VR-Spieldesign reizt nicht nur Heranwachsende, sondern animiert ebenso Bewohner in Seniorenheimen zu ausdauerndem Training.
- 360-Grad-Panoramaaufnahmen dienen der Entspannung, können den Geist anregen und Erinnerungen wieder wachrufen.

erweitern. Das „Hand“-Modul fordert die Feinmotorik der Finger und die Beweglichkeit der Handgelenke heraus.

Heute wendet sich Cureo über die Schlaganfallpatienten hinaus auch an Menschen mit neurodegenerativen Erkrankungen wie Parkinson und Multipler Sklerose. In der Therapie können beispielsweise das „Active“-Modul und das „Hand“-Modul für Schlaganfallpatienten besonders wertvoll sein, Parkinson-Patienten arbeiten dagegen vorwiegend mit dem „Moto“-Modul. „Zudem beobachten wir, dass unsere klinischen Partner das System zunehmend auch für andere Krankheitsbilder nutzen, etwa bei Long Covid, bei altersbedingten Bewegungseinschränkungen, in der Hand- oder Schultertherapie“, berichtet Saur.



Bild: Cureosity

In der Gruppentherapie mit Cureo verfolgt jeder Teilnehmer seinen individuellen Therapieplan. Die Physiotherapeutin verfolgt auf dem Tablet, was die Patienten erleben, und greift nur bei Bedarf ein.

Vorteile der Gamification

Das zentrale Element für eine erfolgreiche Therapie ist die Motivation des Patienten. Cureosity setzt dafür auf Prinzipien des Game-Designs. Zwei der Unternehmensgründer, Thomas Saur und Cheftechniker Stefan Arand, sind selbst Väter je eines Sohnes mit großem Therapiebedarf. Heute stellen sie fest, dass Gamification auch ihre ältesten Patienten anspricht. Zu den Prinzipien gehört die Affordanz. Das bedeutet, die Software muss es vermeiden, den Spieler zu überfordern, stattdessen soll ihn das Spiel im sogenannten Flow Channel halten, also weder über- noch unterfordern. Auf diese Weise erlebt der Spieler auch keinen Stress, der für motorisches und kognitives Lernen erwiesenermaßen schädlich ist. Schließlich, und das ist eine wahre Spezialität von Computerspielen, unterstützt Adhärenz das Training: Das bedeutet, dass das Spieldesign Patienten immer wieder zu neuen Leistungen motiviert und über das Belohnungssystem in eine fast suchthafte Begeisterung bringt.

Das kann durch positives Feedback beim Meteoritenfangen geschehen oder in einem anderen Modul durch eine emotionale Bindung zum kleinen Küchenhelfer Leo, der wie ein sympathischer Enkel den Patienten bei der täglichen Hausarbeit, den sogenannten ADL-Übungen (Activities of Daily Living), anfeuert und sich freut, wenn man ihm ein leckeres Gericht zubereitet.

Für Anwender und Therapeuten bestehen zwei grundsätzlich unterschiedliche Bedienoberflächen. So wird der Pati-

ent während der Therapie nicht unterbrochen und muss sich nicht mit Menüeinstellungen auseinandersetzen. Um die kümmert sich also der Therapeut von zentraler Stelle aus. Ebenso läuft es mit der Datenerfassung: Während der Patient eine spielerische Erfahrung durchlebt, loggt Cureo im Hintergrund lokal seine Spielergebnisse und seine Therapieverlaufsdaten. Die Daten des Patienten sind anonymisiert, sie umfassen lediglich die Spielergebnisse, Punktestände und zum Beispiel die Veränderung des Bewegungsausmaßes. Die Therapeuten haben die Möglichkeit, sich das anzeigen zu lassen und es nach eigenem Ermessen dem Patienten zu zeigen, um ihn zum Beispiel positiv zu motivieren. „Nach unserer Erfahrung freuen sich manche Patienten über neue Punkterekorde und vergleichen sich auch untereinander, aber das kann jeder für sich selbst entscheiden“, sagt Saur.

In Zukunft sogar Teletherapie mit VR-Brille

Die Cureo-Software ist als Medizinprodukt für die Behandlung von sensomotorischen, kognitiven und perzeptiven Beeinträchtigungen, insbesondere bei neurologischen Indikationen, zertifiziert. Dadurch können stationäre Kliniken sowie niedergelassene Ergo- und Physiotherapeuten Anwendungen der VR-Therapie „in bestehende Behandlungs- und Erstattungsstrukturen integrieren“, wie Cureosity gegenüber c't schriftlich versichert.

Für die Zukunft stellen sich die Entwickler vor, die Daten von Patienten inten-

siver zu nutzen, um Therapiefortschritte zu dokumentieren und Diagnosen zu unterstützen. Dafür aber bedarf es einer umfangreicheren Zertifizierung. Das heutige System liefert keine Diagnosen.

Ein weiteres langfristiges Ziel ist eine Remote-Funktion. Der Patient könnte in dem Fall seine Therapiemodule zu Hause absolvieren und der Therapeut wäre lediglich online zugeschaltet. Entsprechende Versuche mit klinischen Partnern will man bereits in diesem Jahr beginnen. Darüber, wann eine solche Funktion zertifiziert sein könnte, wagt Saur jedoch heute keine Vorhersage.

Virtuelle Ausflüge und Entspannung

Abgesehen von VR-Anwendungen mit therapeutischem Anspruch tummeln sich in Senioren- und Pflegeeinrichtungen inzwischen eine Reihe von VR-Produkten, die den Bewohnern eine wesentlich weniger anspruchsvolle Unterhaltung anbieten. Von Kaleido kommt eine VR-Brille, die verschiedene 360-Grad-Aufnahmen und Reisetouren zum Ansehen mitbringt. Dafür hat der Anbieter eine Meta Quest 2 mit einer Speicherkapazität von 128 GByte ausgewählt. Anwender können sich damit nach Wien, Berlin oder Rügen versetzen lassen, auf einen Waldspaziergang, in ein Konzert oder ein Museum.

Der Vorteil dieser Angebote ist zum einen, dass fürs Betrachten nach einer Eingewöhnungsphase nicht unbedingt Pflegepersonal anwesend sein muss. Zudem kann der virtuelle Besuch markanter Orte auch Erinnerungen wachrufen und die Teilnehmer so kognitiv anregen. Als jüngste Entwicklung bieten die Macher kognitives Training und spielerisch lösbare Aufgaben sowie Gruppenspiele für Senioren an.

Ebenso auf 360-Grad-Panoramafilm-aufnahmen hat sich Remmy VR spezialisiert. Deren Aufnahmen entführen Betrachter nach New York oder Australien, aber ebenso einfach in den Magdeburger Zoo oder die Dresdner Altstadt. Auch in diesen Fällen kann das für die Senioren eine interessante Wiederentdeckungsreise sein.

Mit mehr als 135 3D-Aufnahmen interessanter Orte aus dem DACH-Raum wirbt das Unternehmen Vitablick, das mit seinem System zu virtuellen Reisen allein oder als Gruppe einlädt. Die gemeinsamen Erlebnisse schafft ein großer Bildschirm, der ebenfalls die Bilder der Brille wiedergibt.

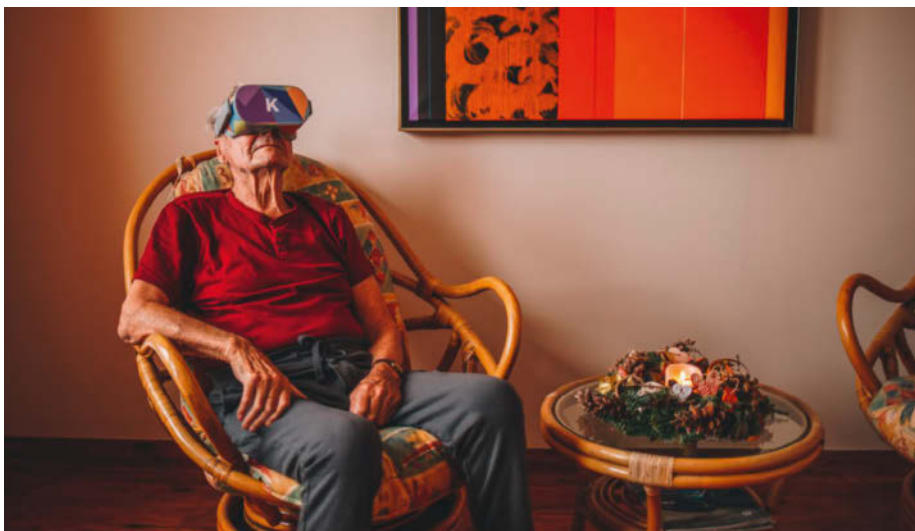


Bild: Kaleido

Einfache 360-Grad-Panoramafilm-aufnahmen können Heimbewohner an exotische Orte entführen und geistig anregen oder einfach für Entspannung sorgen.

Ähnliche Funktionen bietet das System von Granny Vision. Die Software auf der mitgelieferten VR-Brille Pico G2 4K stellt anstelle eines Menüs zunächst ein gemütliches Wohnzimmer dar. Dort kann der Anwender Musik hören oder Familienbilder betrachten. Am Globus kann er dann unterschiedliche Orte aussuchen und in 360-Grad-Panorama-Bildern anschauen.

Darüber hinaus kann man bereits kleine Spiele aufrufen und theoretisch auch an 360-Grad-Aufnahmen von Familienfesten teilnehmen – falls auf der anderen Seite bei der Familie eine solche Technik vorhanden sein sollte.

Auch das Granny-Vision-System ist darauf ausgelegt, gemeinsame Erlebnisse für Heimbewohner zu schaffen: In der Gruppenbetreuung lassen sich die Inhalte der Brille auf einen weiteren Bildschirm übertragen, damit die ganze Gruppe daran teilhaben kann.

Mit dem Rad unterwegs

Reisen ohne VR-Brille, aber dafür mit dem Ansporn, sich zu bewegen, versprechen die Geräte des niederländischen Herstellers Silverfit, der bereits 2009 damit begonnen hat, Spielkonsolen für Seniorenheime zu entwickeln. Seine aktuellen Systeme lassen sich an Ergometer oder Pedaltrainer anschließen und zeigen auf einem Bildschirm beispielsweise eine Fahrradtour an, deren Geschwindigkeit der Betrachter durch die eigene Bewegung steuert. Eine vergleichbare Technik, um sich auf virtuelle Fahrradtouren zu begeben, bietet das ebenfalls niederländische Unternehmen Bike Labyrinth, das mit inzwischen über 800 virtuellen Radtouren wirbt.

Silverfit hat mit seinem System Silverfit 3D ein System für Bewegungstraining geschaffen, das ebenfalls ohne VR-Brille auskommt. Stattdessen nutzt es einen großen Bildschirm und eine 3D-Kamera, die die Bewegungen des Anwenders erfasst. Mit über 30 verschiedenen Spielen kann er sein Gleichgewicht trainieren, Bewegungsabläufe oder auch Aktivitäten des täglichen Lebens üben.

Verzeichnis der Angebote

Das Angebot an virtuellen Entspannungswelten und 3D-Therapiesystemen wächst. Der Übergang zwischen anregender Unterhaltung und therapeutisch wertvollen Anwendungen ist fließend. Interessant ist, dass diese Entwicklung sowohl den Heimbewohnern Abwechslung und medizini-

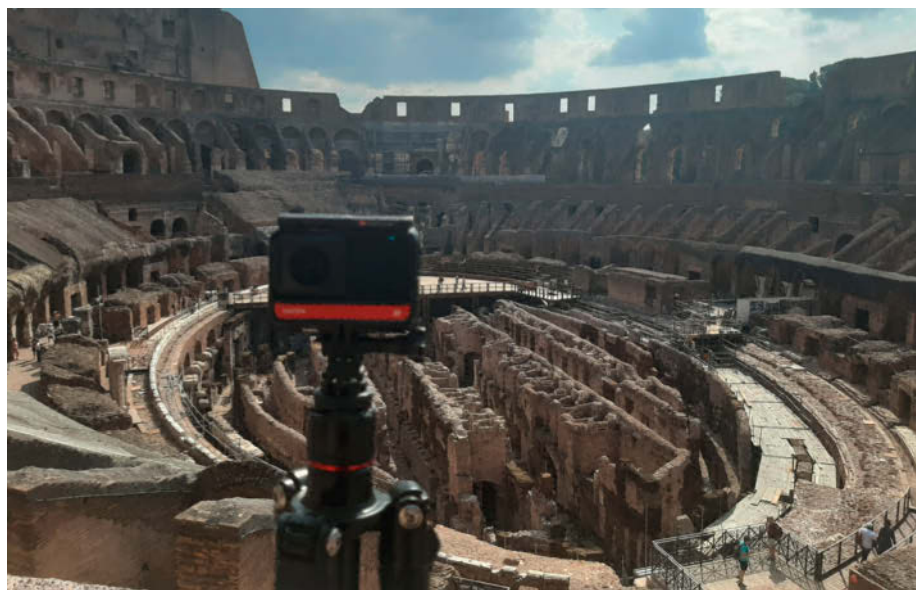


Foto: Kaleido

Mit der 3D-Kamera lassen sich exotische Plätze ablichten, um mit den Aufnahmen Senioren in fremde Welten eintauchen zu lassen.

sche Unterstützung bringt, als auch den Pflegenden und Therapeuten die Arbeit erleichtern kann.

Der Kern des Projekts DI-PASST besteht in der Unterstützung von Pflegedienstleistern auf dem Weg in die Digitalisierung. Das umfasst die virtuellen Angebote für Heimbewohner und reicht noch weit darüber hinaus, etwa vom digitalen Schlüsselkasten für den eigenen Fuhrpark bis zur Augmented-Reality-Unterstützung für Pflegendе.

Die bei dieser Arbeit entstehende Liste von Anbietern und Anwendungen will Sabine Sachweh bis zum Projektende 2026 dauerhaft auf einer Onlineplattform verfügbar machen. Dieses Angebot soll in

einer Art virtueller Messe münden, mit Online-Suchmaske, Beschreibungen und Kategorisierungen, Kommentaren und Diskussionen (den aktuellen Stand dieses Metaversums findet man unter ct.de/y3tt).

In den Workshops, die die Projektpartner regelmäßig in Pflegeeinrichtungen abhalten, hat sich bereits hohes Interesse an digitalen Verbesserungen des Alltags für Bewohner und Pflegepersonal gezeigt. Insbesondere das Interesse an 3D-Brillen ist hoch. Die wiederkehrende Frage ist nur, wie sich diese Technik einführen lässt, ohne das Personal zusätzlich zu belasten.

(agr@ct.de) **ct**

Anbieter und Videos: ct.de/y3tt



Bild: Silverfit

Virtuelle Fahrradtouren können zu körperlichem Training animieren. In dieser Anwendung ist die Geschwindigkeit der dargestellten Radtour an die Bewegungen des Ergometers gekoppelt.

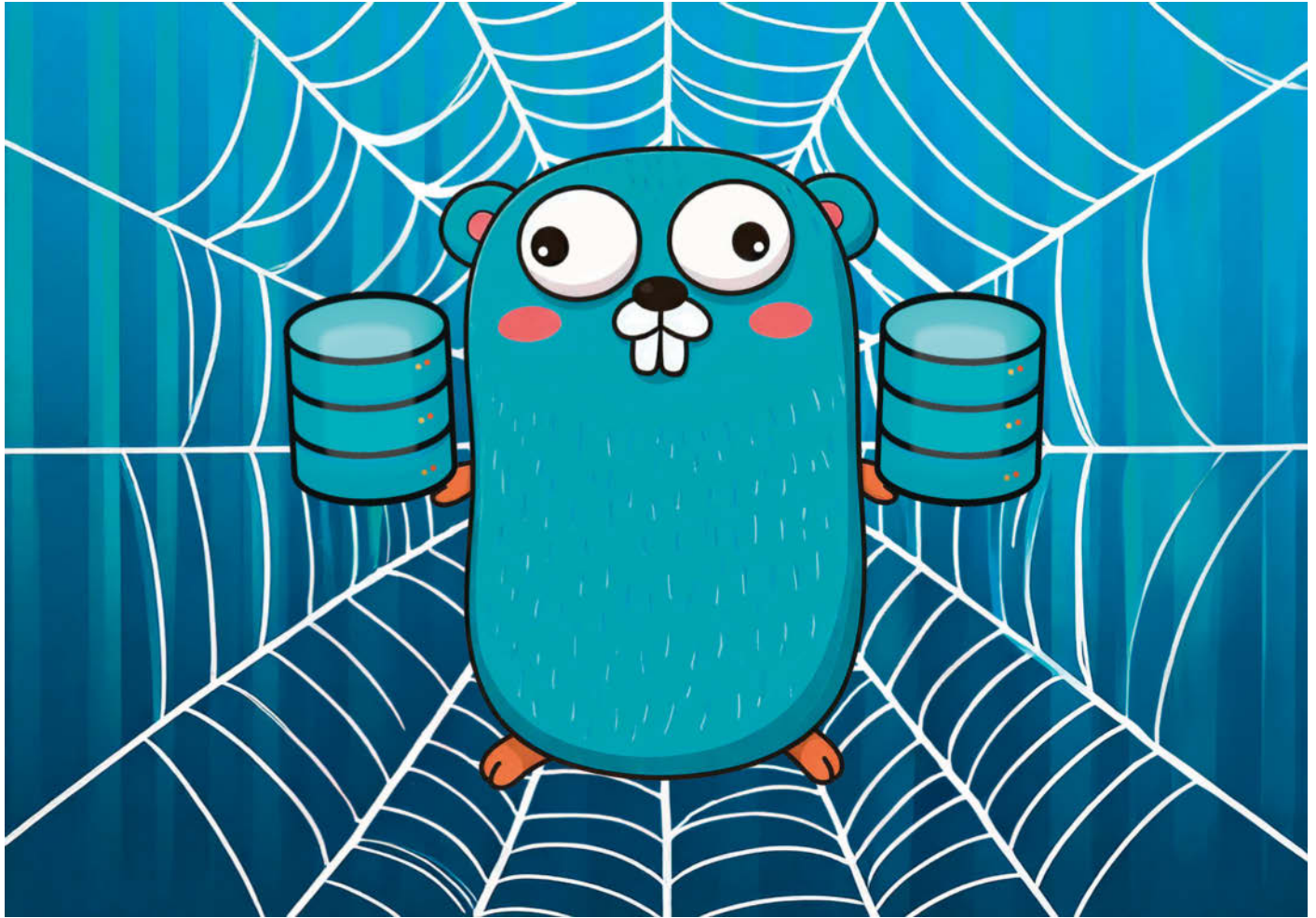


Bild: KI, Collage ct

Go SQL

Webservices programmieren in Go, Teil 2

Ein Backend für eine Webanwendung tut gut daran, die ihm anvertrauten Daten in einer Datenbank zu speichern, damit sie einen Neustart überstehen. Mit Go und SQLite gelingt das ganz leicht. Außerdem erfahren Sie etwas über zeitgesteuertes Ausführen von Funktionen.

Von Oliver Lau

Nachdem der erste Teil dieser Go-Serie Endpunkte, Multiplexer, Server, Goroutinen und Channels behandelt hat [1], widmet sich dieser nun dem Speichern in einer SQLite-Datenbank sowie der Programmierung von Timern. Als Beispiel dient wieder die Go-Anwendung zum Versenden von Erinnerungen an Teams-Chats [2]. Den Code finden Sie im GitHub-Repository zu diesem Artikel (siehe ct.de/ye41).

SQLite haben wir gewählt, weil man die Datenbank nicht erst aufwendig konfigurieren muss. Stattdessen landen alle

Daten in einer einzigen Datei. Um darauf mit Go zugreifen zu können, muss man zwei Pakete importieren:

```
import (
    "database/sql"
    _ "github.com/mattn/go-sqlite3"
)
```

`database/sql` enthält Funktionen für den Umgang mit SQL-Datenbanken (Structured Query Language). Das ist eine spezielle Sprache für die Abfrage relationaler Datenbanken, in der Daten in Tabellen

organisiert sind. Diese Tabellen kann man sich wie die aus Excel vorstellen, in denen Zeilen die einzelnen Einträge enthalten und Spalten die Felder eines jeden Eintrags. Bei einer Stammdatenbank könnten das beispielsweise Felder für Name, Vorname, Straße, Postleitzahl, Wohnort und so weiter sein. Relational bedeutet, dass ein Feld den Eintrag einer anderen Tabelle über eine eindeutige Kennung (ID) referenzieren kann. Das ist etwa nützlich, um einem Eintrag in der Stammdatenbank mehrere Bestellungen zuzuordnen. So weit geht dieser Artikel aber nicht, weil das Go-Programm die vom Web-Frontend empfangenen Erinnerungen in eine einzige Tabelle schreibt.

In der zweiten Zeile steht ein sogenannter leerer Import. Wegen des vorangestellten Unterstrichs nennt man ihn auch Unterstrich-Import. Im Unterschied zu einem regulären Import stellt er nicht die im Paket exportierten Funktionsdefinitionen bereit, sondern ruft lediglich dessen `init()`-Funktion auf. Würde man den Unterstrich weglassen, beschwerte sich der Go-Compiler, dass das Go-Programm keine darin definierten Funktionen explizit verwendet. Implizit tut es das allerdings doch, weil `database/sql` sie nutzt, aber das ist für den Compiler nicht relevant. Der leere Import soll also die Absicht zu erkennen geben, dass das Programm zwar SQLite-Funktionen benötigt, sie aber nicht im folgenden Code direkt aufruft.

DB, öffne dich!

Bevor der Code auf die Datenbank zugreifen kann, muss er sie öffnen:

```
db, err = sql.Open("sqlite3",
    os.Getenv("DB_FILE"))
if err != nil {
    log.Fatalf("Error opening database: %v", err)
}
defer db.Close()
```

Der erste Parameter der `Open()`-Funktion gibt an, welchen Treiber `database/sql` verwenden soll, hier also den für SQLite 3. Der zweite ist der Name der Datenbankdatei. Er kommt aus der in [1] beschriebenen `.env`-Datei, in der die Variable `DB_FILE` den Wert `"./appointments.db"` hat.

Außer SQLite unterstützt `database/sql` viele weitere Datenbanken (Liste siehe go.dev/wiki/SQLDrivers). `sql.Open("mysql", "user:password@tcp(localhost:3306)/dbname")` würde zum Beispiel eine Verbindung via TCP zu einer MySQL-Datenbank herstellen, `sql.Open("postgres", ...)` zu einer PostgreSQL-Datenbank. Eine Marktübersicht über SQL- und andere Datenbanken finden Sie in [3].

Wenn `appointments.db` noch nicht existiert, legt `sql.Open()` sie automatisch an. Bis auf ein paar Metadaten ist die Datenbankdatei leer. Sollte dabei etwas schiefgegangen sein, enthält `err` ein `error`-Objekt mit hoffentlich sachdienlichen Hinweisen zur Ursache, die `log.Fatalf()` ausgibt und das Programm hart abbricht. Ist alles glattgegangen, enthält `db` ein `Datenbank-Handle` vom Typ `*sql.DB`.

Die letzte Zeile im obigen Code-Schnipsel bewirkt, dass die Datenbankverbindung ordentlich geschlossen wird, sobald das Programm endet. Zur Funktionsweise von `defer` mehr in [1].

Anlegen ...

Mit `db.Exec()` kann man nun Befehle an die Datenbank senden. Die Funktion `createTables()` im Listing unten verwendet sie, um die Tabelle `appointments` anzulegen, sofern sie noch nicht existiert. Auch wenn das Go-Programm davon keinen Gebrauch macht, hat es sich bewährt, einen primären Schlüssel (PRIMARY KEY) für jeden Datensatz anzulegen. Denn wer weiß schon, wohin sich eine Software entwickelt. Vielleicht braucht man die ID irgendwann einmal, um ein `appointment` von

```
func createTables(db *sql.DB) error {
    _, err := db.Exec(`
        CREATE TABLE IF NOT EXISTS appointments (
            id INTEGER PRIMARY KEY,
            begin_datetime DATETIME NOT NULL,
            end_datetime DATETIME NOT NULL,
            title TEXT NOT NULL,
            message TEXT,
            channel_url TEXT,
            reminders TEXT
        );
    `)
    return err
}
```

Die in `main()` aufgerufene Funktion `createTables()` legt beim Start des Programms eine Tabelle für die zu speichernden Erinnerungen an, sofern noch keine existiert.

c't kompakt

- Man sollte nicht darauf vertrauen, dass ein Webservice immer problemlos läuft.
- Um Datenverlust zu verhindern, wenn ein Webservice planmäßig oder außerplanmäßig neu gestartet werden muss, sollte er die ihm anvertrauten Daten in einer Datenbank speichern.
- Für den Einstieg eignet sich die relationale Datenbank SQLite, die man nicht einmal einrichten muss.

einer anderen Tabelle aus zu referenzieren, und dann ist es umständlich und vor allem fehleranfällig, die Struktur der Tabelle anzupassen.

Die anderen Felder legen Anfang und Ende des Termins fest, an den das Go-Programm erinnern soll, sowie eine Überschrift und einen Begleittext und die URL des Teams-Kanals oder -Chats, in dem die Teilnehmer sich vereinen sollen.

Etwas seltsam wirkt vielleicht, dass das Feld `reminders` vom Typ `TEXT` ist. Man könnte erwarten, dass es eine separate Tabelle `reminders` gibt, deren Einträge auf `appointment`-Datensätze verweisen. Das erschien uns aber für den Zweck der Anwendung übertrieben. Stattdessen enthält das Feld eine Liste von Erinnerungszeitpunkten im JSON-Format, und zwar in Sekunden vor dem Termin, also etwa `[1,60,3600,86400]` für eine Sekunde, eine Minute, eine Stunde und 24 Stunden.

```

type Appointment struct {
    BeginDateTime time.Time `json:"begin_datetime"`
    EndDateTime   time.Time `json:"end_datetime"`
    Title         string   `json:"title"`
    Message       string   `json:"message"`
    ChannelURL    string   `json:"channel_url"`
    Reminders     []int    `json:"reminders"`
}

func loadAppointments(db *sql.DB) ([]Appointment, error) {
    appointment_rows, err := db.Query(`
        SELECT id, begin_datetime, end_datetime, title, message, «
            »channel_url, reminders FROM appointments;
    `)
    if err != nil {
        return nil, err
    }
    defer appointment_rows.Close()

    var appointments []Appointment
    for appointment_rows.Next() {
        var id int64
        var a Appointment
        var reminders string
        if err := appointment_rows.Scan(&id, &a.BeginDateTime,
            &a.EndDateTime, &a.Title,
            &a.Message, &a.ChannelURL,
            &reminders); err != nil {
            return nil, err
        }
        if err := json.Unmarshal([]byte(reminders), &a.Reminders); err != nil {
            return nil, err
        }
        appointments = append(appointments, a)
    }
    return appointments, nil
}

```

`loadAppointments()` liest Termine aus der Datenbank. `db.Query()` sendet den SQL-Befehl an die Datenbank. Das Ergebnis ist vom Typ `Rows`. Dessen Funktion `Next()` liefert den jeweils nächsten Eintrag, den `Scan()` in seine Bestandteile zerlegt und Variablen zuweist.

... und abfragen

Falls die Tabelle schon existiert, könnten darin Termine gespeichert sein, für die der Webservice Erinnerungen auslösen soll. Die Funktion `loadAppointments()` liest sie aus der Datenbank (siehe Listing oben).

In `appointment_rows` landet ein Objekt vom Typ `*db.Rows`, mit dessen Funktion

`Next()` man über die gelesenen Einträge iterieren kann. Die einzelnen Felder (`id`, `begin_datetime`, `end_datetime`...) des aktuellen Eintrages überträgt `Scan()` in die gewünschten Variablen. Im Beispiel landen sie in einem `struct` vom Typ `Appointment`. Aber nicht alle, denn die Zeitpunkte der Erinnerungen müssen erst noch mit `json.Unmarshal()` vom JSON-Format in ein Array aus `int` übertra-

```

func generateUniqueID(t time.Time, reminder Appointment) string {
    return uuid.NewSHA1(uuid.Nil,
        []byte(fmt.Sprintf("%s-%s-%s",
            t.Format(time.RFC3339),
            reminder.BeginDateTime.Format(time.RFC3339),
            reminder.Title))).String()
}

```

`generateUniqueID()` berechnet eine eindeutige Kennung aus einem Zeitpunkt `t`, dem Startzeitpunkt des Termins und dessen Namen und gibt ihn als `String` zurück.

gen werden. Jeder valide Eintrag wird dem Array `appointments` per `append()` hinzugefügt und das Array abschließend an den Aufrufer (`main()`) zurückgegeben.

`Scan()` liest nicht nur stumpf Strings ein, sondern kann die gelesenen Daten auch automatisch in den Zieltyp konvertieren. Das sieht man etwa beim Feld `BeginDateTime`, das vom Typ `time.Time` ist. Solange die Datenbank eine Zeichenfolge im ISO-8601-Format wie `2025-02-28 16:30:00+00:00` oder einen Unix-Zeitstempel à la `1740324600` liefert, klappt die Konvertierung in der Regel problemlos. Welche Formate außerdem unterstützt werden, hängt vom Datenbanktreiber ab.

Sie können auch eigene Konverter schreiben. Dazu müssen Sie das Interface `sql.Scanner` implementieren, aber das ist Stoff für einen separaten Artikel. Wenn Sie sich jetzt schon damit beschäftigen wollen, ist die Doku zu `Scan()` und dem Scanner-Interface ein guter Startpunkt (siehe `pkg.go.dev/database/sql`).

Gut getimt

Die `main()`-Funktion ruft für jeden mit `loadAppointments()` geladenen Termin die Funktion `scheduleReminders()` auf:

```

appointments, err = ↵
    ↵loadAppointments(db)
if err != nil {
    log.Fatalf("Error loading ↵
        ↵appointments: %v", err)
}
for _, appointment := ↵
    ↵range appointments {
    ↵scheduleReminders(appointment)
}

```

`scheduleReminders()` ist der Start in einen kleinen Ausflug zu Funktionen des Pakets `time`, die mit Kalenderdaten und Zeiträumen hantieren.

Darin durchläuft eine `for`-Schleife die Erinnerungen und berechnet aus den Sekunden vor dem Startzeitpunkt und dem Startzeitpunkt `appointment.BeginDateTime` den absoluten Zeitpunkt `notificationTime`, an dem das Go-Programm an den Termin erinnern soll:

```

for _, secs := range ↵
    ↵ appointment.Reminders {
    notificationTime := appointment.↵
        BeginDateTime.Add(
            time.Duration(-secs)
            * time.Second)
}

```



Die Konferenz für Enterprise-JavaScript

Mannheim • 7./8. Mai 2025

Jetzt
Frühbucher-
tickets
sichern

Workshops am 6. Mai 2025

enterjs.de

Veranstalter



Silber-Sponsor



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

dd-ux.de

Veranstalter



MAIBORNWOLFF



Mit freundlicher Unterstützung der
Wirtschaftsförderung der Stadt Dortmund



Kooperationspartner



VERBAND
DEUTSCHER
INDUSTRIE
DESIGNER



UIG UNTERNEHMEN STÄRKEN
NUTZENDE BEGEISTERN



Da es keine Funktion `Sub()` zum Subtrahieren gibt, muss man sich mit dem Addieren eines negativen Werts behelfen, um dasselbe zu erreichen. Zeitspannen beschreibt man in Go mit Werten vom Typ `time.Duration`. Das ist ein Typalias für ein `int64`, eine vorzeichenbehaftete 64-Bit-Ganzzahl, die ein Intervall nanosekunden genau beschreibt. Tippt man $2^{63} * 1e-9 / 60 / 60 / 24 / 365$ in einen Rechner, kommen gut 292 Jahre als maximale Zeitspanne heraus.

Für jede Erinnerung wird ein Timer eingerichtet und in dem assoziativen Array `timers` gespeichert:

```
var timers = map[string]*time.Timer{}
```

Der Array-Index ergibt sich aus dem Erinnerungszeitpunkt und einigen Daten aus `Appointment`; `generateUniqueID()` (siehe Listing auf Seite 124 unten) berechnet ihn und weist ihn `reminderID` zu:

```
reminderID := generateUniqueID(
    notificationTime, appointment)
```

Falls ein Timer mit dieser ID bereits existiert, fährt die `for`-Schleife mit dem nächsten Eintrag in `appointment.Reminders` fort:

```
if _, timerPresent := ↵
    ↵timers[reminderID]; timerPresent {
    continue
}
```

Ein Eintrag mit weniger als null Sekunden vor dem Termin bedeutet, dass der Webservice sofort eine Erinnerung schicken soll:

```
if secs < 0 {
    sendAppointmentReminder(appointment)
}
```

In `sendAppointmentReminder()` wird das aus [1] bekannte JSON-Paket mit der Adaptive Card zusammengesetzt und an den Webhook geschickt. Was technisch darin passiert, ist kein Hexenwerk; wir haben es bereits in [2] beschrieben.

Falls die Zeit von jetzt gerade bis zum Erinnerungszeitpunkt negativ ist, liegt er

in der Vergangenheit und kann ignoriert werden. Die Differenz berechnet `time.Until()`:

```
timeUntilNotification := time.Until(
    notificationTime)
if timeUntilNotification < 0 {
    continue
}
```

Damit sind alle Prüfungen auf Gültigkeit abgeschlossen. `time.AfterFunc()` kann nun einen Timer definieren, der nach der in `timeUntilNotification` angegebenen Zeitspanne eine Funktion aufruft: Sie löscht den Timer aus der Liste aktiver Timer `timers` und triggert mit `sendAppointmentReminder()` den Webhook:

```
timer := time.AfterFunc(
    timeUntilNotification, func() {
        delete(timers, reminderID)
        sendAppointmentReminder(appointment)
    })
```

Zum Abschluss wird der Timer in `timers` hinterlegt, damit `cancelReminders()` ihn anhand seiner ID löschen kann, falls der Termin irgendwann mal storniert werden sollte:

```
timers[reminderID] = timer
```

Storno!

`cancelReminders()` wird in `handleAppointmentCancel()` aufgerufen. Diese Funktion springt der Multiplexer an, wenn eine HTTP-Anfrage mit der Methode DELETE am Endpunkteintritt [1]. Wie in `scheduleReminders()` durchläuft `cancelReminders()` die Erinnerungszeitpunkte; die Funktion `Stop()` jedes daraus ermittelten Timers hält ihn an (siehe `cancelTimer()` im Quellcode):

```
if timer, ok := timers[id]; ok {
    if timer.Stop() {
        delete(timers, id)
        return nil
    } else {
        return fmt.Errorf("timer for ↵
            ↵reminder %s already expired or ↵
            ↵stopped", id)
    }
}
```

Speichern

Bleibt noch die Frage, wie ein Termin in der Datenbank landet. Das sehen Sie in der

```
post-teams-chat/reminder-service on [main] [17] via v1.23.5 on
go run serve.go
2025/01/27 15:03:32 Reminder Service starting up.
2025/01/27 15:03:32 Will send requests to webhook URL 'https://prod-90.westeurop
e.logic.azure.com:443/workflows/
/paths/invoke?api-version=2016-06-01&sp=%2Ftriggers%2Fmanual%2Frun&sv=1.0&sig=
'
2025/01/27 15:03:32 Registered DB drivers: [sqlite3]
2025/01/27 15:03:32 Scheduling {2025-01-15 15:00:00 +0000 UTC 2025-01-15 16:00:0
0 +0000 UTC Titel Nachricht https://teams.microsoft.com/l/channel/19%3A9c8d0448a
1dd403b8c92268bcece1108%40thread.tacv2/Hook-Test?groupId=dc11f703-def2-44c9-b407
-de7f9932f5fc&tenantId=30b24132-0c65-4261-ac6f-79103eb03e71 [-1 1 60 3600 86400]
}
2025/01/27 15:03:33 Appointment reminder sent. Response: ``
2025/01/27 15:03:33 Scheduling {2025-03-14 14:00:00 +0000 UTC 2025-03-14 15:00:0
0 +0000 UTC Bier im Garten Kommt zahlreich und durstig! https://teams.microsoft.
com/l/channel/
thread.tacv2/D
efault?groupId=
&tenantId=
[300 3600 86400 86400]}
2025/01/27 15:03:33 Reminding 300 secs before appointment (2025-03-14 13:55:00 +
0000 UTC), current time: 2025-01-27 15:03:33.217008 +0100 CET m=+0.250287501, t
ime until notification: 1103h51m26.782996s, ID: ed11602a-c97f-5438-9377-c914638fe
a99
2025/01/27 15:03:33 Reminding 3600 secs before appointment (2025-03-14 13:00:00
+0000 UTC), current time: 2025-01-27 15:03:33.217032 +0100 CET m=+0.250312001, t
ime until notification: 1102h56m26.782969s, ID: 2a06e6ba-b068-5c04-9882-dfd598e3
bc1a
2025/01/27 15:03:33 Reminding 86400 secs before appointment (2025-03-13 14:00:00
+0000 UTC), current time: 2025-01-27 15:03:33.217041 +0100 CET m=+0.250321293, t
ime until notification: 1079h56m26.782961s, ID: 29263e82-204e-55ea-84a9-cf6ff5e
8993d
2025/01/27 15:03:33 Reminding 864000 secs before appointment (2025-03-04 14:00:0
0 +0000 UTC), current time: 2025-01-27 15:03:33.217048 +0100 CET m=+0.250328335,
time until notification: 863h56m26.782952s, ID: e806f297-d60b-5122-93d4-9e578c8
115e7
2025/01/27 15:03:33 Serving http://127.0.0.1:3421/api/v1/appointment ...
```


Der Webservice lädt Termine aus der Datenbank und startet Timer für die konfigurierten Erinnerungen.

Funktion `saveAppointment()` im Listing rechts.

Darin fügt das per `db.Exec()` ausgeführte `INSERT`-Kommando die Bestandteile des übergebenen `Appointment` der Tabelle `appointments` hinzu. Aber nicht ohne vorher geprüft zu haben, ob der Termin nicht bereits existiert. Dazu zählt `SELECT COUNT(*)` in der Funktion `appointmentExists()` die Einträge in der Datenbank, die dieselbe Terminbezeichnung für denselben Startzeitpunkt haben. Gibt es wenigstens einen solchen Eintrag, existiert der Termin bereits und `saveAppointment()` wird ihn nicht hinzufügen.

To-do

Diese Duplikatprüfung hat eine kleine Schwäche: Falls es tatsächlich mehrere Termine mit demselben Beginn (Datenbankfeld `begin_datetime`) und demselben Namen (`title`) geben soll, gewinnt der zuerst eingetragene. Besser wäre es, auch noch `channel_url` in die SQL-Anfragen in den Funktionen `appointmentExists()` und `deleteAppointment()` einzubeziehen. Das erledigen wir in einer späteren Version – es sei denn, Ihnen fällt etwas Besseres ein. Außerdem braucht der Code noch ein Reinigungsteam, das Termine aus der Datenbank wischt, wenn alle Erinnerungen daran abgesendet wurden oder der Termin in der Vergangenheit liegt.

Im nächsten Teil gehen wir auf das Protokoll zwischen Client und Server ein und besprechen, was serverseitig zu tun ist, um irreguläre HTTP-Requests auszufiltern, damit kein Quatsch in der Datenbank landet. Im abschließenden Teil dieser Artikelserie behandeln wir das Frontend (für einen Vorgeschmack siehe Bild rechts). Bleiben Sie dran! *(ola@ct.de)* 

Literatur

- [1] Oliver Lau, Go Web 2.0, Webservices programmieren in Go, Teil 1, c't 3/2025, S. 142
- [2] Oliver Lau, Erinnerungskultur, Skriptgesteuert Nachrichten an Teams-Chats senden, c't 2/2025, S. 124
- [3] Jan Mahn, Datenbank für alle Fälle, Mehr als SQL: Die richtige Datenbank für Ihr Projekt, c't 23/2023, S. 96

Quellcode bei GitHub, im Artikel erwähnte Links: ct.de/ye41

```
func appointmentExists(appointment Appointment) (bool, error) {
    var rowCount int
    appointmentRows, err := db.Query(`
        SELECT COUNT(*) FROM appointments WHERE
            begin_datetime = ? AND title = ?;`,
        appointment.BeginDateTime,
        appointment.Title)
    if err != nil {
        return false, err
    }
    defer appointmentRows.Close()
    appointmentRows.Scan(&rowCount)
    return rowCount > 0, nil
}

func saveAppointment(appointment Appointment) error {
    if exists, err := appointmentExists(appointment); exists {
        return err
    }
    timeSpans, err := json.Marshal(appointment.Reminders)
    if err != nil {
        return err
    }
    _, err = db.Exec(`
        INSERT INTO appointments (begin_datetime, end_datetime,
            title, message, channel_url, reminders) «
        VALUES (?, ?, ?, ?, ?, ?)`,
        appointment.BeginDateTime,
        appointment.EndDateTime,
        appointment.Title,
        appointment.Message,
        appointment.ChannelURL,
        string(timeSpans))
    return err
}
```

Die Funktion `saveAppointment()` speichert einen Termin in der Datenbank. Aber nicht ohne vorher mithilfe von `appointmentExists()` geprüft zu haben, ob der Termin nicht bereits existiert.

Erinnerungshelferlein für Teams

Überschrift	<input type="text" value="Bier im Garten"/>
Nachricht ?	<input type="text" value="Kommt zahlreich und durstig!"/>
Datum	<input type="text" value="14. 03. 2025"/>
Beginn	<input type="text" value="15:00"/>
Ende	<input type="text" value="16:00"/>
URL Teams-Kanal	<input type="text" value="https://teams.microsoft.com/l/channel/..."/>
Erinnerungen ?	<input type="text" value="5"/> Minute(n) <input type="text" value="1"/> Stunde(n) <input type="text" value="24"/> Stunde(n) <input type="text" value="10"/> Tag(e)
	<input type="button" value="An Teams-Kanal/Chat senden"/> <input type="button" value="Ereignis absagen"/>

Noch ein Artikel, dann kümmern wir uns darum, wie das Frontend entstanden ist ...



Bild: KI, Collage c't

Wurzelbehandlung

Blockadekonzepte für unerwünschte Internetdienste und Server

Kriminelle Server und unerwünschte Inhalte halten sich Admins und Internetnutzer üblicherweise mit Firewalls oder Malware-Blockern wie Pi-Hole vom Leib, was nur begrenzt wirkt. Doch Regierungen können sie auch gänzlich verstummen lassen und brauchen dafür weder physischen noch netzwerktechnischen Kontakt.

Von Dušan Živadinović

Technisch gesehen kann man vier Arten von Sperren unterscheiden: lokal begrenzte, die sich auf einzelne Heim- oder Firmennetze auswirken, Sperren in einem

bestimmten Providernetzwerk, regionale oder länderspezifische und schließlich weltweite Sperren. Die ersten drei gründen auf Filtertechniken. Üblich sind Firewallregeln, die den Verkehr mit bestimmten IP-Adressen oder URLs unterbinden, und DNS-Filter, die die Auflösung bestimmter Domainnamen zu deren IP-Adressen blockieren.

Dabei wirken IP-Filter direkt, indem sie Datenpakete von und zu unerwünschten Zielen verwerfen (IP-Filter), sodass schon der Verbindungsaufbau scheitert. DNS-Filter wirken indirekt: Wenn das weltweite Domain Name System (DNS) eine Anfrage nach einer Zieldomain abschlägig beantwortet, kommt kein IP-Verkehr zum unerwünschten Zielserver zustande. Diese Filtertechnik fußt darauf, dass der von einem Smartphone oder PC befragte DNS-Resolver anstatt der korrekten DNS-Information, also der Zieladres-

se des Servers, die Negativmeldung NXDOMAIN zurückgibt.

Beide Methoden lassen sich mit überschaubarem Know-how umsetzen. In besseren Routern richtet man Sperren per Mausklick ein. Ähnlich bequem funktioniert die Sperre auf DNS-Ebene mit Filtern wie Pi-Hole: Die unerwünschte Domain landet in einer Blocklist und der befragte Pi-Hole liefert anfragenden Clients anstatt der Zieladresse NXDOMAIN.

Lücken in lokalen Filtern

Beide Methoden haben Nachteile: Wenn ein Webserver viele unabhängige Dienste unter einer IP-Adresse hostet, dann blockiert ein IP-Filter alle, nicht nur die unerwünschten. Bei einfachen Routern muss man die Blocklisten per Hand aktualisieren. Denn wenn der Betreiber des Zielserver dessen IP-Adresse ändert, greift der ursprüngliche IP-Filter nicht mehr. Abtei-

lungs-Firewalls oder als Appliances installierte Surfschutzprogramme und Malware-Blocker aktualisieren IP-Filter zwar automatisch, Anwender können sie aber gutgläubig oder unwissend über VPN-Tunnel umgehen, sodass man Anwender-VPNs ebenfalls sperren muss.

Auch DNS-Filter lassen sich umgehen, und zwar indem der PC einen Resolver befragt, der die Antwort für die Zieldomain nicht manipuliert, sondern die korrekte IP-Adresse aus dem weltweiten DNS holt und dem Client präsentiert.

Dabei kann man je nach befragtem Resolver und Aufenthaltsort unterschiedliche Antworten bekommen. Große Resolverbetreiber wie Quad9 oder Cloudflare verwenden Anycast-Adressen. Die an diese Adressen gerichteten DNS-Anfragen werden stets zum netztopologisch nächstliegenden Server geleitet. Die von Cloudflare betriebenen und unter 1.1.1.1 (IPv4) beziehungsweise 2606:4700:4700::1111 (IPv6) erreichbaren Server gibt es daher weltweit mehrfach. Deswegen kann der hiesige Cloudflare-DNS durchaus zensurierte Antworten liefern, während derselbe in den USA das nicht tut. Aus Deutschland ist die US-amerikanische Instanz nur über eine VPN-Umleitung erreichbar.

Resolver kann man lokal auf seinem Client betreiben und moderne Implementierungen wie DNSCrypt-Proxy kommunizieren verschlüsselt, sodass nicht leicht ersichtlich ist, um welche Art Verkehr es sich handelt. Dass DNS-Anfragen am eigenen Resolver vorbeilaufen, erkennt der Admin dann daran, dass unerwünschte Zielsever trotz eines DNS-Filters im Firmen-Resolver von den Geräten aus dem Firmennetz angesprochen werden.

Diese Lücke können Firmen-Admins schließen, indem sie in ihrem Netz ausschließlich betreute Geräte zulassen und über Richtlinien ihren eigenen Resolver



Bild: Norse

Weltweit gibt es diverse Dienstleister, die wie die Firma Norse über entdeckte Cyber-Attacken informieren und Kunden mit aktuellen Filtern für Firewalls versorgen.

sowie Programme durchsetzen, die nur hauseigene Resolver befragen.

Provider- und länderspezifische Filter

Provider- oder länderspezifische Filter funktionieren prinzipiell gleich, nur dass die Filter in den Netzwerken der Betreiber sitzen. Einige Bekanntheit hat beispielsweise die „große chinesische Firewall“ erlangt, die den Verkehr zu unerwünschten Zielen unterbindet. Russland und andere autoritäre Staaten unternehmen ebenfalls Anstrengungen, derartige Firewalls für alle Netzwerke ihres Herrschaftsgebietes aufzusetzen. Genügend Personal und leistungsfähige Hardware vorausgesetzt, können IP-Filter effizient auch mit DNS-Filtern kombiniert werden.

So wie autoritäre Staaten den Verkehr zu politisch unliebsamen Zielen unterbinden, könnten auch demokratische Staaten den Verkehr zu nachweislich kriminellen Servern blockieren, um ihre Bevölkerung zu schützen, jedenfalls rein technisch betrachtet. Da sich die Technik auch für Zensur eignet, ist derzeit nicht vorstellbar, dass sich dafür eine politische Mehrheit findet.

Zudem lassen sich beide Techniken mit VPNs umgehen, die sich als harmloser HTTPS-Verkehr tarnen. Zuvorderst steht da die Tor-Technik, die die IP-Pakete von Anwendern verschlüsselt über mehrere Zwischenstationen ins Internet schickt und so die Quelle der Pakete verschleiern. Ähnlich funktioniert das VPN-Protokoll Shadow-Socks, das Google unter der Bezeichnung Outline abgewandelt nutzt, um gegen Zensur zu helfen. Genügend Zeit, Geld und Know-how vorausgesetzt, lassen sich allerdings auch einzelne Tor-Nutzer identifizieren

und deren Verkehr zu unerwünschten Zielen unterbinden.

Weltweite Blockade

Doch genau besehen sind Filter in kleinen oder großen Firewalls der falsche Ansatz, wenn es gilt, Server aus dem Verkehr zu nehmen, die kriminellen Handlungen dienen. Der Aufwand ist groß, weil IP-Filter laufend aktualisiert werden müssen. Bei fehlgeschlagener oder lückenhafter Aktualisierung steht das hinter dem Filter positionierte Netz blank.

Konzeptionell gesehen erscheint es auch ökonomischer, einfach nur den einen unerwünschten Server vom Internet zu trennen, anstatt den Verkehr einer unbekannten, aber großen Zahl an Clients an mehreren bis vielen Stellen des Internets zu unterbinden.

Kalte Aussperrung

Eigentlich sollte es genügen, dem Betreiber des Servers die zugehörige IP-Adresse zu entziehen, etwa über Adressvergabeinstellen wie das europäische Réseau IP Européens Network Coordination Centre (RIPE NCC). Doch die Vergabestellen sind nur Koordinatoren, deren Arm nicht in jedes Herrschaftsgebiet reicht. Sie haben keinen harten Schalter, mit dem sie eine IP-Adresse „abschalten“ könnten. Mehr zum Thema Deregistrierung von IP-Adressen lesen Sie in einem Interview, das wir mit zwei Vertretern des RIPE NCC geführt haben (ct.de/ygpt).

Anders sieht es bei der Verwaltung des weltweiten Domain Name System aus. Darüber, beziehungsweise über DNS-Einträge bei einer Registry, werden Domains im Internet publiziert. Wenn eine Registry

ct kompakt

- Übliche Blockadetechniken wie lokale oder regionale IP- oder DNS-Filter lassen sich umgehen.
- Die effizienteste Sperrmethode greift indirekt über das weltweite Domain Name System.
- Im Unterschied zu DNS-Filtern packt man damit das Übel an der Wurzel.

zum gleichen politischen System gehört oder juristische Abkommen bestehen, müssen verantwortliche Behörden wie Strafverfolger lediglich belegen, dass eine Domain missbräuchlich verwendet wird, und können mittels richterlichen Anordnungen erzwingen, dass sie aus dem Domain Name System gelöscht wird.

Anders als ein Filter im DNS-Resolver wirkt diese Löschung dann weltweit. Der technische Hintergrund sieht so aus:

DNS-Anfragen gehen vom Client zum Resolver und der befragt dann das DNS von der Wurzel an zuerst nach der Top-Level-Domain (TLD), zum Beispiel .de, und dann nach der Subdomain böser-server.de. Bei den Anfragen ermittelt der Resolver jeweils die IP-Adressen jener DNS-Server, die für den jeweiligen Teilabschnitt des Domainnamens zuständig sind. Im DNS-Sprech heißen sie „autoritative Server“.

Um die Domain eines böswilligen Servers komplett vom Internet zu nehmen, entfernt die Registry (z. B. die DENIC) den Domainnamen böser-server von jenem DNS-Server, der für .de zuständig ist.

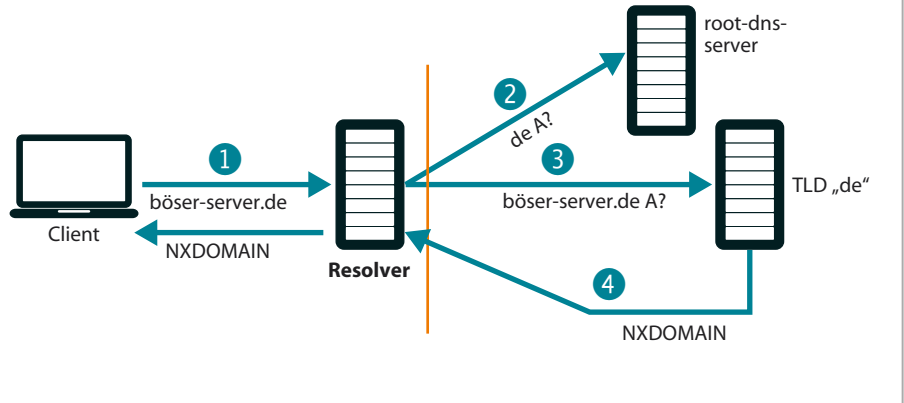
Dann dauert es eine Weile, bis alle Resolver der Welt zuvor eingeholte Antworten aus ihren Caches löschen. Die Dauer hängt von der im ursprünglichen Resource Record von böser-server eingetragenen TTL ab (Time to Live). Oft ist das eine Stunde.

Nach Ablauf der TTL müssen Resolver wieder den autoritativen DNS-Server für .de-Domains nach der Zieladresse befragen, doch der liefert dann mangels DNS-Eintrag grundsätzlich die Negativmeldung NXDOMAIN. In diesem Fall ist diese aber nicht manipuliert, sondern korrekt und kein Resolver der Welt kann von da an die Domain böser-server.de auflösen.

Wenn böser-server.de weiterhin läuft, lässt er sich noch ohne Befragen des DNS erreichen, also durch direkte Eingabe seiner IP-Adresse oder indem sie der Client aus seiner per Hand gepflegten Hosts-Datei ausliest. Doch auch kriminell genutzte Server kommunizieren normalerweise TLS-verschlüsselt. Da TLS-Zertifikate an Domains gebunden sind, die Domain böser-server.de aber nicht mehr existiert, scheitert auf der Client-Seite die TLS-Prüfung und damit der Verbindungsaufbau. Technisch gesehen ist der Server dann zwar noch ansprechbar (wer unbedingt möchte, kann ja Ausnahmeregelungen anlegen), aber ein solcher Server dürfte

DNS-Sperre

Prinzipiell gibt es zwei Arten von DNS-Sperren. Bei der ersten handelt es sich um DNS-Filter in Resolvern, bei der zweiten wird eine Domain aus dem DNS ausradiert; Clients erhalten auf Nachfrage (Schritt 1 bis 3) die Negativmeldung NXDOMAIN (Schritt 4).



für die meisten Anwender ungefährlich sein.

Registry-Details

So weit die technischen Abläufe. Ob und wie schnell eine Registry dazu gebracht werden kann, einen Domaineintrag zu entfernen, hängt vom Einzelfall ab.

Beispielsweise wurde 2024 die im Internet publizierte Domain fritz.box auf Betreiben des Fritzbox-Herstellers AVM nach mehreren Wochen gelöscht. AVM hat dafür rechtliche Mittel bei der Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN) eingelegt und argumentiert, dass die Firma Inhaberin der Marke Fritzbox ist. Die ICANN ist dem gefolgt und hat dem öffentlich nicht bekannten Besitzer die Rechte an der Domain fritz.box entzogen.


Doch das Löschen funktioniert auch dann, wenn einem die Domain nicht gehört. Für die generischen TLDs (gTLDs) hat die ICANN die Möglichkeiten auf ihrer Webseite beschrieben (siehe ct.de/ygpt). So können Registries bei begründetem Verdacht auf Missbrauch die Domain-Delegation temporär entfernen und damit die Domain vom Internet nehmen. Jedoch muss der Schaden für den Domain-Besitzer (wenn es zum Beispiel eine gehackte Domain ist) berücksichtigt werden; die ICANN nennt im oben genannten Dokument Beispiele.

Bei Top-Level-Domains, die von Länderkürzeln abgeleitet sind (country code Top-Level Domain, ccTLDs), hängt es vom jeweiligen lokalen Recht ab, ob eine Registry bei Missbrauch einer Domain tätig werden muss. Die DENIC schreibt in ihren FAQ, dass sie scharf zwischen Do-

mains und den darüber angesprochenen Servern mit den jeweiligen Webseiten unterscheidet (ct.de/ygpt). Konkret schreibt die Organisation: „Somit hat DENIC mit Websites, die unter .de-Domains erreichbar sind, weder inhaltlich noch technisch irgendetwas zu tun. Weder bestimmt DENIC (oder kann auch nur beeinflussen), welchen Inhalt sie haben, noch hat DENIC sie auf ihren eigenen Servern gespeichert.“

Daraus folgert sie: „Schon daraus wird deutlich, dass DENIC gegen die Verbreitung einer bestimmten Website gar nichts tun kann. Deshalb ist DENIC dazu auch nicht verpflichtet, wie übrigens auch bereits gerichtlich ausdrücklich bestätigt wurde.“

Doch gegen diese Auffassung spricht ein Urteil des BGH aus dem Jahr 2011: Demnach ist die DENIC verpflichtet, Domainnamen in Fällen eindeutigen Missbrauchs zu löschen (siehe ct.de/ygpt).

Wie gut die Hebel bei anderen Registries greifen, ist offen. Vermutlich gibt es irgendwo auf der Welt Registries, die nur am Geld der Domainbesitzer interessiert sind und deshalb Missbrauchsmeldungen und Löschaufforderungen aus fremden Jurisdiktionen ignorieren. Kurz: Kriminelle dürften zumindest eine Zeit lang einen „sicheren Hafen“ für Domains finden. Es hängt dann vom Leidensdruck, dem politischen Willen und der Beharrlichkeit der übrigen Weltgemeinschaft ab, bis auch solche Registries einknicken. (dz@ct.de) 

Real-Time-Feeds, Registry-Infos:
ct.de/ygpt

3. April 2025 | Online-Konferenz



NIS2 – WAS JETZT ZU TUN IST

Basis für widerstandsfähige IT-Infrastrukturen

Erfahrene Sicherheits- und Rechtsexperten vermitteln Ihnen praxisnahes Wissen und Best Practices, damit Sie ein tieferes Verständnis für die NIS2-Richtlinie erhalten und konkrete Schritte zur Verbesserung Ihrer Cybersicherheit identifizieren können. Es gibt zudem reichlich Raum für Ihre Fragen.



Jetzt Early-Bird-Ticket sichern:
nis-2.heise.de



Bild: Bild-KI, Collage c't

Archiv-Abgründe

Zip-Malware-Tricks ausgepackt & erklärt

Das Zip-Dateiformat ist als Angriffsvektor deutlich vielseitiger, als man auf Anhieb vermuten würde – und format-spezifische Eigenarten sorgen immer wieder für böse Überraschungen.

Von Olivia von Westernhagen

Zip-Archive sind als Bestandteil von Malware- und Phishing-Kampagnen ein Klassiker im negativsten Sinne. Immer wieder ziehen Hacker neue Tricks aus dem Hut, wie sie damit entweder Schutzfunktionen umgehen oder sogar direkt Angriff

fe starten können. In den letzten Monaten entdeckten Forscher mehrfach Malware, die sich in Zip-Dateien gezielt an Antiviren-Software vorbeimogelte.

Deshalb erklären wir die typischen Tricks der Kriminellen am Beispiel aktueller Phishing-Kampagnen, die konkatenierte, also aneinandergeschaltete Archive sowie neu aufgetauchte Varianten erprobter Anti-Analyse-Tricks verwenden. Und wir zeigen, dass eine fünf Jahre alte Archivbombe noch heute Zündstoff für Angriffe bietet.

Wann ist ein Zip ein Zip?

Will man die Taktiken der Angreifer verstehen, kommt man um ein wenig Theorie zum Zip-Format nicht herum. 1989 vom Programmierer Phil Katz entwickelt und veröffentlicht, stellt es flexible Container

für Dateien beliebigen Typs bereit und kann darüber hinaus auch die zugehörige Verzeichnisstruktur abbilden. Optionale verlustfreie Kompression hilft, Speicherplatz zu sparen und Daten schneller zu übertragen. Neben diesen offensichtlichen Vorzügen dürfte auch der Public-Domain-Status des Archivformats dazu beigetragen haben, dass es sich schnell verbreitete und etablierte.

Heute ist Zip ganz selbstverständlich – und oft, ohne dass man sich dessen überhaupt bewusst ist – fester Bestandteil verschiedenster Softwareprojekte und -anwendungen. So sind E-Books mit .epub-Endung, moderne Office-Dateien (z. B. .docx, .xlsx) sowie Java-Archive und Android-Packages (.jar, .apk) technisch erst einmal Zip-Archive, deren Inhalt man sich nach Umbenennen der Endung in .zip mit

einem beliebigen Packprogramm oder auch mit Bordmitteln des Betriebssystems anschauen kann. Erst zusätzliche spezifische Pflichtkomponenten und Strukturvorgaben von außerhalb der Zip-Spezifikation machen die jeweilige Datei zum Word-Dokument oder zur Android-App.

Damit ein Zip spezifikationsgemäß ein Zip ist, bedarf es hingegen nur zweier Elemente am Archivende: eines sogenannten Central Directories als „Inhaltsverzeichnis“ sowie eines unmittelbar dahinter folgenden End of Central Directory-Eintrags (EOCD).

Klassischerweise analysieren Parser das Zip-Format von hinten nach vorn. Sie identifizieren zunächst das EOCD anhand einer feststehenden, mit „PK“ (für Phil Katz) beginnenden Byte-Signatur und entnehmen ihm unter anderem Informationen zu Größe und Speicheradresse (Offset) des Central Directory. Dieses wiederum widmet jedem einzelnen Element im Archiv einen Eintrag mit Metadaten und den Offsets zu den lokalen, ebenfalls mit „PK“ beginnenden Dateihedern. Jedem Element ist ein solcher Header mit Informationen vorangestellt, die zum korrekten Entpacken nötig sind.

Wer tiefer in die Zip-Struktur eintauchen will, dem sei das detaillierte Zip Archive Walkthrough von Sicherheitsforscher Corkami empfohlen (siehe ct.de/y7gn).

Zip, Zip, hurr... aaaaaah!

Die Les- und Entpackbarkeit des Zip-Formats von hinten nach vorn macht es clever mit Dateiformaten kombinierbar, die anhand eines Headers am Dateianfang identifiziert, also vereinfacht gesagt „von vorn gelesen“ werden. Dieses Anflanschen eines Zips an ein anderes Format kann

durchaus Vorteile haben, etwa im Kontext ausführbarer Installationsdateien, die zusätzliche Inhalte zur Laufzeit platzsparend aus dem Archiv extrahieren.

Bösewichte können diese Besonderheit der Zip-Struktur aber auch missbrauchen, um schädliche Inhalte zu verstecken – so wie in einer recht aktuellen Malware-Kampagne. Die baut zwei Zip-Dateien aneinander, wie es unter Windows etwa per `copy /b` und unter Linux mit `cat` leicht zu bewerkstelligen ist.

Wie ein Forscherteam im Blog des Sicherheitsspezialisten Perception Point (siehe ct.de/y7gn) erläutert, flattert das Ergebnis als Anhang einer Phishing-Mail in Posteingänge. Das zusammengesetzte Archiv nutzt dabei die Endung „.rar“. Gängige Packprogramme bemängeln das nicht, obgleich das RAR-mit dem Zip-Format technisch nichts zu tun hat – sie beherrschen beides und prüfen gar nicht, ob die Dateiondung zum Format passt.

Allerdings reagieren nicht alle Programme gleich auf diese Manipulationen. Die Forscher untersuchten den zusammengesetzten Mailanhang mit den verbreiteten Packprogrammen 7-Zip, WinRAR und dem Windows-Dateiexplorer. Dabei stellten sie fest, dass 7-Zip lediglich den Inhalt des vorderen Zips – ein harmloses, zur Phishing-Masche passendes PDF – erkannte und auspackte. Die beiden letzteren enthüllten stattdessen einen gefährlichen Trojaner im zweiten Zip.

Ursache ist einmal mehr eine Ungenauigkeit der Spezifikation: Gemäß der darf jedes Zip nur ein einziges Central Directory beinhalten. Wie man das aber findet, lässt sie offen. Weil die Parser-Komponenten der Packprogramme bei dieser Suche unterschiedlich vorgehen, werden sie im konkatenierten Zip an unterschied-

ct kompakt

- Das Zip-Format ist nicht nur praktisch, sondern weist auch einen Berg von sicherheitsrelevanten Tücken und Stolperfallen auf.
- Angreifer kombinieren verschiedene Tricks wie Konkatenation und defekte Datei-Header immer wieder neu und durchaus kreativ.
- Mit Besserung ist auf absehbare Zeit kaum zu rechnen – zu vielfältig sind die Angriffstechniken.

licher Stelle fündig – und entpacken in der Konsequenz auch unterschiedliche Inhalte.

Die Malware-Autoren wissen um die Tatsache, dass AV-Scanner häufig quell-offene Programmbibliotheken wie die des 7-Zip-Projekts für das Zip-Handling nutzen. Mittels speziell zugeschnittener Angriffe können Sie die Schadcode-Erkennung also umgehen – und erreichen ziel-sicher die Opfer der Kampagne, die beim Öffnen wiederum eher auf Bordmittel oder (gerade angesichts der .rar-Endung) auf WinRAR zurückgreifen.

Hinterrücks angegriffen – nicht zum ersten Mal

Der aktuelle Phishing-Feldzug wird mit Sicherheit nicht der letzte dieser Art sein. Denn wie die 7-Zip-Entwickler gegenüber Perception Point bestätigten, ist das Vorgehen ihres Programms beim Parsen eben kein Bug, sondern genau so beabsichtigt. Und daher sehen die Entwickler auch keinen Anlass, daran etwas zu ändern.

Dabei sind Angriffe per drangeklebtem Zip schon seit Jahrzehnten bekannt. Auf ein recht großes Medienecho stieß eine Variante, die Sicherheitsforscher 2008 im Rahmen eines Proof-of-Concept-Angriffs namens GIFAR (siehe ct.de/y7gn) präsentierten. Anders als bei der aktuellen Kampagne wurden hier nicht zwei Zips kombiniert: Das Kofferwort GIFAR ergibt sich aus der Kombination eines GIF-Bildes mit einer ihm angehängten Java Archiv-Datei (Endung .jar). Wie schon erwähnt handelt es sich bei letzterer im Grunde um ein Zip-Archiv – üblicherweise erweitert um eine sogenannte Manifest-Datei mit Informationen zum Inhalt. Das von den Forschern erstellte JAR-

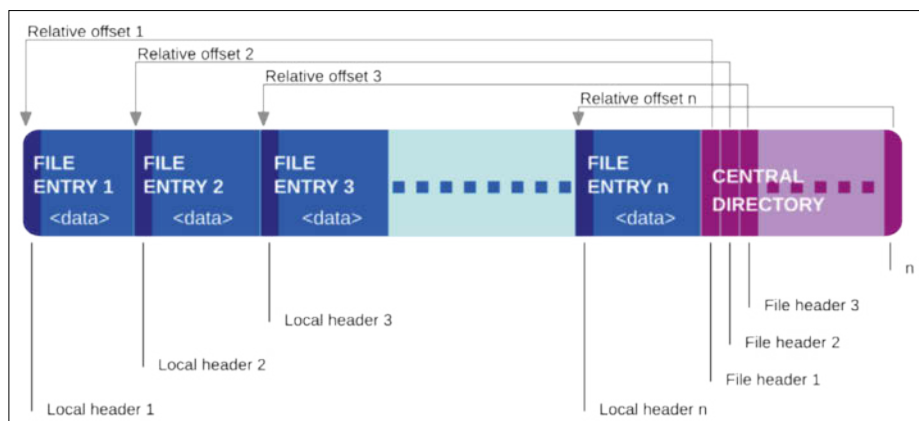


Bild: Wikimedia Commons / Niklaus Aeschbacher / CC BY-SA 3.0

Zip-Archivformat: Das Central Directory referenziert die enthaltenen Elemente.

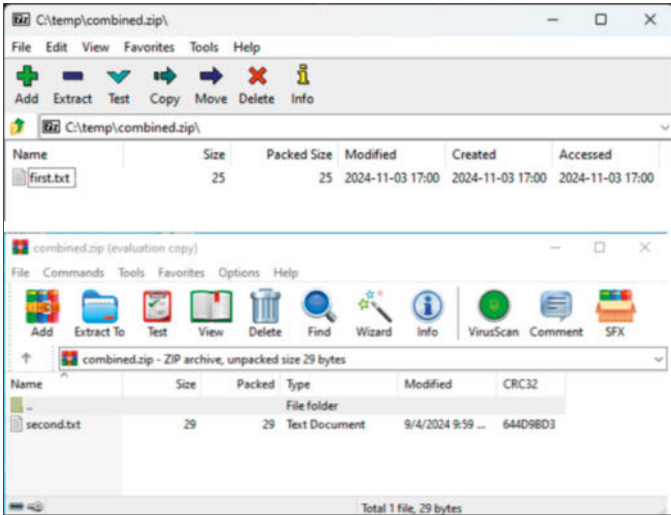


Bild: Perception Point / Screenshots

Ein zusammengesetztes Archiv, zwei Perspektiven: 7-Zip (oben) parst den Inhalt des vorderen Zips, WinRAR (unten) schaut sich stattdessen den hinteren Teil an.

File enthielt ein Java-Applet zur Ausführung im Browser.

Eingebettet in eine Website, wäre die aus GIF und JAR zusammengebaute Datei Betrachtern als normales Bild angezeigt worden. Im Hintergrund allerdings hätte die Java-VM des Browsers den verborgenen Applet-Schadcode automatisch erkennen und ausführen können. Das konkrete Angriffsszenario des Forscherteams war die Idee, so präparierte Bilder auf Social Media-Profilen zu platzieren und dorthin gelockten, im sozialen Netzwerk angemeldeten Opfern heimlich Nutzerdaten abzuluxsen.

Mittlerweile ist die Java-Unterstützung gängiger Browser aufgrund massiver Sicherheitsrisiken Geschichte. Doch die grundsätzliche Idee des Aneinanderbauens von Zip- und anderen Dateitypen lässt Angreifern weiterhin viel Raum für neue Angriffsideen.

Kleine Details mit großer Wirkung

Um abseits von Virenwächtern und Packprogrammen auch Werkzeuge zu verwirren, die Profis zur Analyse verdächtiger ZIP-Strukturen nutzen, bedarf es mitunter nur winziger Manipulationen des Dateiformats. So brachten ein zusätzliches Byte am Anfang und ein fehlendes am Ende einer Open Office XML-Datei (OOXML, basierend auf Zip) das frei verfügbare Analysetool zipdump.py (siehe ct.de/y7gn) ins Straucheln.

Wie dessen Autor, der Sicherheitsforscher Didier Stevens, in einem Blogbeitrag schilderte (siehe ct.de/y7gn), wusste das Werkzeug schlicht nicht, wie es das einzelne Byte direkt vor dem „PK“ des ersten lokalen Headers im Archiv interpretieren

sollte. Das Fehlen des allerletzten Bytes lief zusätzlich auch noch der Zip-Format-spezifikation zuwider, da es als (wenn auch optionales) Kommentarfeld des EOCD reserviert ist. Das betreffende Dokument, (Analyse via ct.de/y7gn), Bestandteil einer Phishing-Kampagne mit COVID-19-Bezug, schmetterte Analyseversuche erfolgreich ab: „File is not a zip file“, urteilte zipdump.py. Mit dem offenbar robuster parsenden Microsoft Word ließ es sich indes problemlos öffnen.

Stevens besserte nach: Mittlerweile kann sein Tool dank einer speziellen Option mit solchen „malformed ZIP files“ umgehen und auch konkatenierte Zip-Dateien als solche erkennen. Als eines von

mehreren neuen Analysewerkzeugen ist zipdump.py auch Bestandteil unseres Malware-Such- und -Analysesystems Desinfec't [1].

Derweil zeigt eine aktuelle Phishing-Angriffswelle, dass sich Virens Scanner und Spamfilter weiterhin durch solche Manipulationen austricksen lassen, etwa bei Word-Dokumenten mit deformierten Zip-Headern (siehe ct.de/y7gn).

Außer Kontrolle

Recht verbreitet sind auch Anti-Analyse-Tricks, die auf manipulierten Metadaten basieren. Die Zip-Archivstruktur speichert manche dieser Daten doppelt: zum einen in den Central-Directory-Einträgen und zum anderen in den lokalen Headern der einzelnen Archiv-Elemente. Ein eigentlich sinnvoller Kontrollmechanismus, der jedoch zu Parser-Verwirrungen führen kann, wenn die gedoppelten Informationen durch gezielte Manipulation voneinander abweichen.

Ein aktuelles Beispiel hierfür sind Techniken der Android-Malware Bad-Pack, die ein Blogbeitrag des IT-Sicherheitsunternehmens Palo Alto Networks aus dem Juli 2024 beschreibt (siehe ct.de/y7gn). Solche Anwendungen liegen als APK-Dateien (Android Packages) auf Zip-Basis vor. Darin unter anderem enthalten: eine Datei namens AndroidManifest.xml, die wertvolle Informationen zu Komponenten und Struktur der App liefert.



Bild: blog.didierstevens.com, Bearbeitung: ct

„-f“-Switch: Didier Stevens' Analysetool kann „malformed ZIP files“ mittlerweile als solche erkennen.

Um nun Malware-Analysten speziell am Betrachten dieser Schadcode-Internas zu hindern, änderten die BadPack-Macher einzelne Werte in den lokalen Header-Feldern der AndroidManifest.xml; die redundanten Daten im Central Directory ließen sie hingegen unverändert. Der Plan ging auf: Reverse-Engineering-Werkzeuge wie Apktool und Jadx, aber auch 7-Zip sowie das offizielle JAR-Tool des Java Development Kit scheiterten aufgrund der Datenabweichungen zwischen Header und Central-Directory-Eintrag daran, die Datei korrekt zu lesen und zu extrahieren.

Die Schadcodeausführung auf den Endgeräten beeinträchtigte dies nicht. Denn die Android-Laufzeitumgebung stützt sich laut Palo Alto primär auf die Informationen im Central Directory – und weil die stimmen, treten beim Verarbeiten derart manipulierter APKs keine Probleme auf.

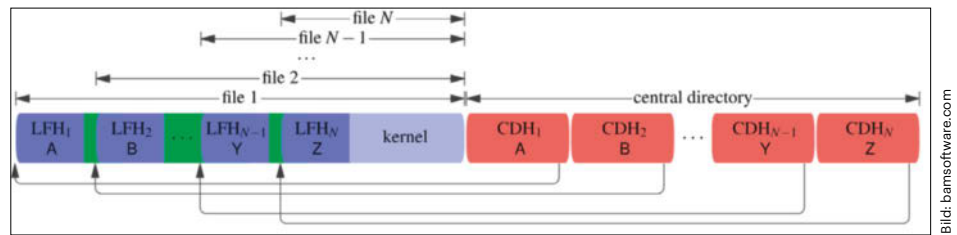
Boom!

Ein bekannter Klassiker unter den Zip-Tricks darf in diesem Artikel natürlich nicht fehlen – nämlich jene besonders clevere Archivbombe, die der Sicherheitsforscher David Fifield 2019 konzipierte und vorstellte. Solche „Bomben“ fußen auf der Idee, Inhalte so stark zu komprimieren, dass sie nach dem Entpacken ein Vielfaches der ursprünglichen Archivgröße aufweisen. Das kann zum Beispiel RAM, Festplatte und System überfordern und letzteres zum Absturz bringen.

Häufiger jedoch beabsichtigen die Bombenbauer, Antivirensoftware in endlose Scanschleifen zu schicken und damit außer Gefecht zu setzen. Um dies zu erreichen, setzen sie gern auf eine tiefe Verschachtelung mehrfach gepackter Inhalte. Ein prominentes Beispiel dieses rekursiven Ansatzes ist das rund 42 Kilobyte kleine Archiv „42.zip“, das ausgepackt auf 4,3 GByte anwächst (siehe ct.de/y7gn).

Fifields Bombe hingegen enthält nur eine einzige, zugunsten einer geringen Archivgröße klein gewählte Datei, die er auch als Kernel bezeichnet (gemeint im Sinne des Kerns einer Nuss, nicht eines Betriebssystems). Der Explosionseffekt beim Entpacken entsteht dadurch, dass Packprogramme diesen Kernel dank einer speziell konzipierten Archivstruktur mehrfach auspacken und so letztlich eine große Datenmenge auf dem System erzeugen.

Um diesen Effekt zu erreichen, stellte Fifield dem Kernel statt nur einem gleich



Fifields Idee: Alle via Central Directory referenzierten Dateiköpfe verweisen auf ein und dieselbe Datei, den „Kernel“. In der Konsequenz landet die beim Entpacken mehrfach auf der Festplatte.

mehrere lokale Dateiköpfe voran, die er dann nacheinander über das Central Directory referenzierte. Jeder Central-Directory-Eintrag wie auch der jeweils zugehörige lokale Header enthält Angaben zum Dateinamen und zur komprimierten Größe des jeweiligen Elements. Indem der Forscher fortlaufende Dateinamen (nach dem Muster „0“, „1“ ... „Z“) generierte, verhinderte er, dass die entpackten Kernel-Instanzen einander auf dem System einfach überschrieben.

Bei den Größengaben berücksichtigte er immer die noch nachfolgenden Dateiköpfe. So erreichte er, dass der verwendete DEFLATE-Kompressionsalgorithmus diese als Teil des Datenstroms interpretierte und beim Entpacken der Dateiinstanzen mitnahm. Durch Optimierung dieses – hier sehr vereinfacht dargestellten – Verfahrens konnte Fifield letztlich stolze 281 TByte in einer 10-MByte-Bombe verstauben.

Derzeit sind Archivbomben kein brandheißes Thema. Das kann sich jedoch auch schnell wieder ändern: VirusTotal-Scanergebnisse (siehe ct.de/y7gn) zu Fifields Kreation belegen, dass mancher Virens Scanner bis heute nicht gut mit dem nicht-rekursiven Ansatz zurechtkommt. In seiner eigenen detaillierten Beschreibung der Bombe (siehe ct.de/y7gn) stellte sich Fifield zudem die Frage, ob die Erkennung wohl wirklich robust sei – oder ob nicht vielleicht schon kleinere Modifikationen des Aufbaus diese wieder aushebeln könnten.

Eine Schachtel ohne Boden

Die Beispiele aus unserem Artikel dürften Ihnen eine Vorstellung von der großen Vielfalt denkbarer Angriffs- und Anti-Analyse-Strategien auf Basis manipulierter Zip-Strukturen vermittelt haben. Wirkungsvoll sind solche Manipulationen vor allem deshalb, weil verschiedene Programme, teils sogar versionsabhängig,

völlig unterschiedlich auf sie reagieren und Cyberkriminelle dies clever auszunutzen wissen.

Zu den endlos variierbaren Format-Anomalien, die Parser abfangen müssen, gesellen sich zu allem Überfluss noch weitere Angriffsmöglichkeiten. Dazu zählt etwa der 2018 vom Team der Sicherheitsfirma Snyk vorgestellte Exploit Zip Slip (siehe ct.de/y7gn), der zahlreiche Programmbibliotheken betraf und noch heute immer wieder einmal betrifft.

Zip Slip fußt auf der Tatsache, dass Zip, aber auch andere Archivformate wie RAR oder 7Z keine Einschränkungen bezüglich des Formats von Dateinamen vorgeben. Der Dateiname ../../../../evil.sh beispielsweise ist innerhalb eines solchen Archivs zulässig – er kann also die Anweisung enthalten, mehrere Verzeichnissebenen hochzuspringen. Wenn es auch den fürs Extrahieren zuständigen Programm-Bibliotheken an Kontrollmechanismen mangelt, kann das zum Risiko werden: Fehlen Zugriffsbeschränkungen für Dateien und Verzeichnisse, sind auf dem Zielsystem sogenannte Path-Traversal-Angriffe möglich, bei denen die ausgepackte Datei entsprechend ihrer Namensstruktur außerhalb des ursprünglichen Zielverzeichnisses landet, in den der Inhalt eigentlich entpackt werden sollte.

Mit immer neuen und unerwarteten Archiv-Abgründen ist auch künftig zu rechnen – ein guter Grund, das Zip-Format nicht zu unterschätzen und nicht nur dem offensichtlichen Inhalt verdächtiger Archive mit gesundem Misstrauen zu begegnen. (js@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Dennis Schirrmacher, Desinfec't 2024, Trojaner, Backdoors & Co. mit unserem Tool aufspüren, c't 13/2024, S. 14

Alle Links: ct.de/y7gn



Bild: KI-generiert mit freepik, bearbeitet von Mac & i

Entkernter Apfel

iMac zum Monitor umbauen

Nur weil Ihr alter iMac keine Updates mehr bekommt, ist er noch lange kein Elektroschrott – es wäre schade um das gute Display! Mit ein wenig Bastelgeschick bauen Sie ihn für weniger als 200 Euro zu einem Monitor um, der an jedem Rechner funktioniert.

Von Holger Zelder

Wer noch einen alten iMac herumstehen hat, fragt sich vielleicht, ob man diesen nicht als Monitor verwenden kann. Die Idee liegt nahe, denn das 5K-Panel besticht durch seine gute Farbwiedergabe und seine hohe Auflösung. Allerdings enthielten die Retina-iMacs nie einen Videoeingang und lassen sich auch per Thunderbolt nicht wie ältere Modelljahre im Target Display Mode als Bildschirm nutzen. Das ist schade, denn irgendwann erhalten auch einst schnelle

Macs keine neuen macOS-Updates mehr und veralten, während das Display noch weiterhin funktioniert.

Es gibt aber kleine Platinen mit Videoeingängen, sogenannte LCD Driver Boards, die man anstelle der Hauptplatine in den iMac einsetzen kann. Sie haben Videoeingänge wie HDMI, USB-C, Thunderbolt oder

DisplayPort und versorgen das Panel mit Bildsignalen und Strom, sodass der iMac wie ein externer Bildschirm funktioniert.

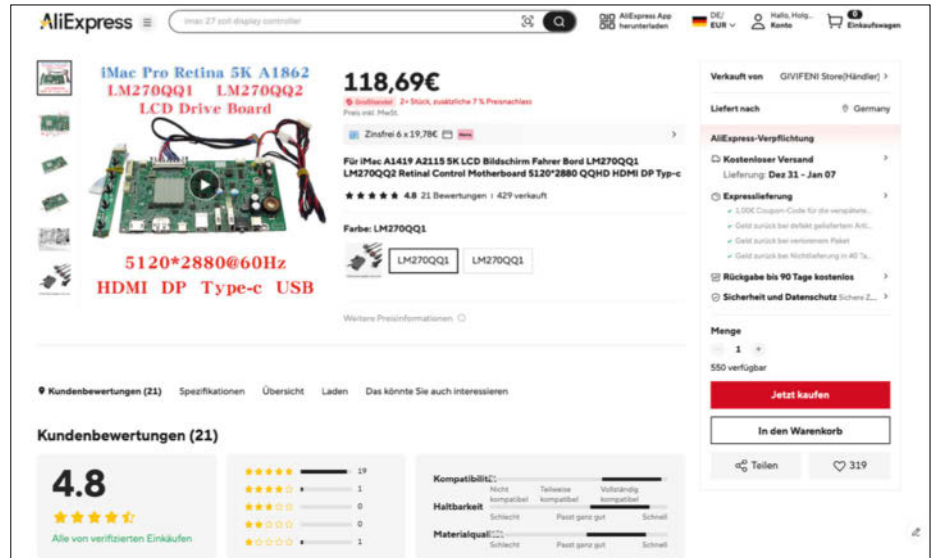


Charmant: Das klappt an jedem Rechner, nicht nur an Macs.

Adapterplatine für Videosignale

Solche Platinen findet man zu Preisen zwischen 120 und 200 Euro bei Verkaufsplattformen wie eBay oder AliExpress, wenn man nach „5K LCD Driver Board“, „iMac 5K Video Controller“ oder „Display Converter Board“ sucht. Für die Bestellung benötigt man die Typennummer des iMac-Displays, die auf einem kleinen Aufkleber auf der Rückseite des eingebauten Panels steht – dazu gleich mehr.

Der Preis der Platine hängt von der Ausstattung ab: Exemplare mit 5K-Auflösung kosten mehr als solche für die 21,5-Zoll-iMacs mit 4K oder ältere iMacs ohne Retina-Auflösung. Auch wer mehr Anschlüsse braucht, zahlt mehr. Außerdem gibt es die Platinen von verschiedenen Händlern und Herstellern. Sie unter-



Die Platinen, die das Display später ansteuern, findet man zum Beispiel bei AliExpress.

scheiden sich mitunter ein wenig in den Abmessungen und im Platinenlayout. Da die Driver Boards fast immer aus China kommen, sollten Sie ein bis zwei Wochen Lieferzeit einplanen. Achten Sie bei der Bestellung darauf, dass der Verkäufer die deutsche Mehrwertsteuer angibt und sich um den Import inklusive Einfuhrumsatzsteuer kümmert. Beachten Sie auch, dass Sendungen mit einem Gesamtwert von über 150 Euro zudem zu verzollen sind!

Um die Platine zu betreiben, brauchen Sie noch ein externes 12-Volt-Netzteil mit 6 Ampere und Hohlsteckeranschluss. Ein passendes Modell finden Sie für unter 20

Euro im Onlinehandel. Mit dem Modell, das wir wählten, lag die Leistungsaufnahme im Standby bei etwa 1,5 Watt, bei voller Helligkeit maßen wir 56 Watt. Bestellvorschläge für alle benötigten Teile finden Sie unter ct.de/ya84.

Wir haben für diesen Umbau einen ausgemusterten 5K-iMac von 2014 aus unserer Redaktion auserkoren, den Apple selbst als „obsolet“ bezeichnet, dessen Display aber noch einwandfrei funktioniert.

Das von uns gewählte LCD Driver Board kostet 121 Euro. Auf dieses sind bereits zwei Kabel gesteckt, die man später zum Panel führt. Es enthält drei Video-

Projektinfo



Aus einem alten iMac bauen Sie mit ein wenig Bastelgeschick einen Monitor, der via DisplayPort, HDMI und Thunderbolt Signale von Rechnern annimmt.



etwa zwei bis drei Stunden



ab 140 Euro

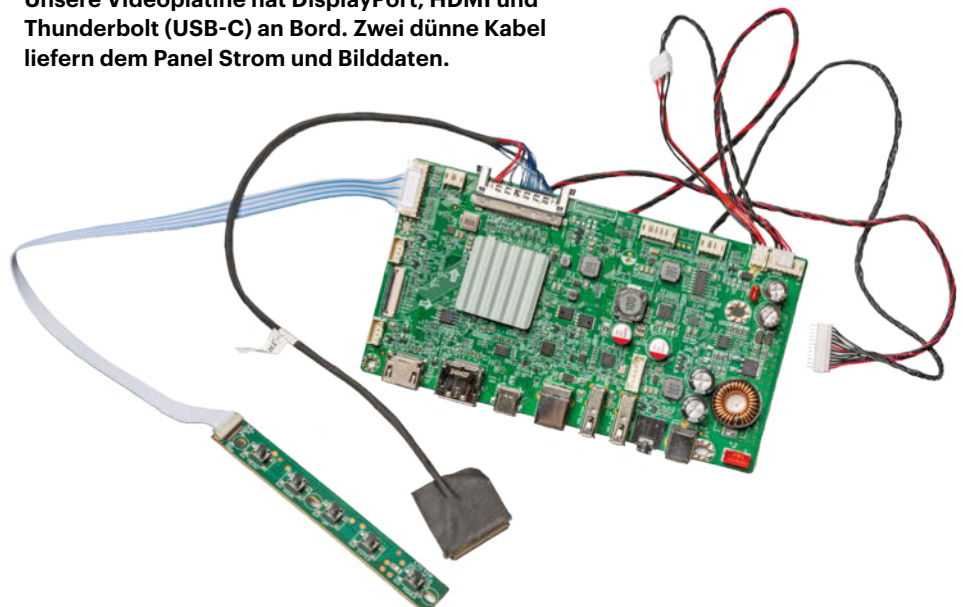


LCD Driver Board
12-Volt-Netzteil (6 Ampere)
passende Klebestreifen (10–20 Euro)
Klebeband, Sugru oder Heißkleber zum Befestigen
optional: Kabel und Verlängerungen für DisplayPort, HDMI und Thunderbolt



Schraubendreher mit Wechselbits (Torx T5, T8 und Kreuzschlitz #00)
Pinzette
Öffnungswerkzeug (ab 3 Euro)
Nylonwerkzeug/
Kunststoffspatel
Luftpolsterfolie oder Handtuch als Unterlage
Reinigungsalkohol (Isopropanol, mind. 70%)

Unsere Videoplatine hat DisplayPort, HDMI und Thunderbolt (USB-C) an Bord. Zwei dünne Kabel liefern dem Panel Strom und Bilddaten.



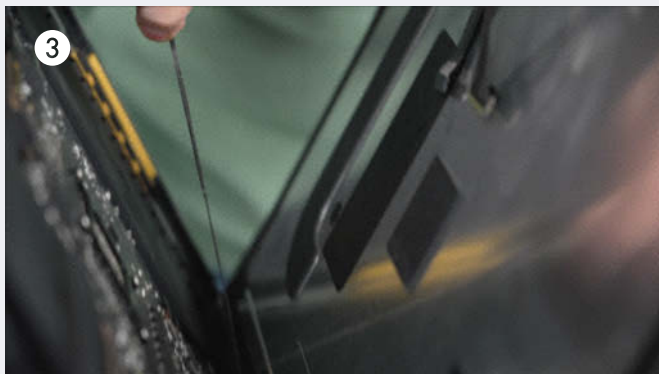
1. iMac öffnen



Stecken Sie das Rädchen vom Schneidwerkzeug zwischen Displayglas und Alugehäuse. Fahren Sie mehrfach an den Seiten und an der oberen Kante entlang. Sparen Sie den kleinen Bereich um die Kamera aus.



Fassen Sie das Glas vorsichtig an den Ecken an und schieben Sie das Display ein kleines Stück vor. Legen Sie den Hebel des Flachbandkabels (LVDS) auf der Hauptplatine um und ziehen Sie das Kabel ab. Den Stromstecker für das Display (LED Backlight) stöpseln Sie vom Netzteil ab.



Das Panel hängt an der Unterkante an Klebestreifen. Ziehen Sie diese mit der Pinzette oder den Fingern heraus. Nun legen Sie das Display vorsichtig auf Luftpolsterfolie oder ein Handtuch.



Die Typennummer finden Sie auf einem Aufkleber an der Rückseite des Panels oben. Mit dieser bestellen Sie das passende Driver Board, um den iMac zum Monitor umzubauen.

eingänge: DisplayPort, HDMI und Thunderbolt 3. Die volle 5K-Auflösung (5120 × 2880 Pixel) steht nur über Thunderbolt zur Verfügung, die anderen Anschlüsse schaffen 4K/UHD (3840 × 2160 Pixel) bei 60 Hertz.

Entweder steckt man Monitorkabel mit voller Länge dauerhaft direkt in das Board und führt sie hinten aus dem iMac-Gehäuse heraus. Praktischer sind aber kurze Kabelverlängerungen, die man am besten auch gleich mit Heißkleber an der Platinenbuchse fixiert. Sonst ist es eine elende Frickelei, sie nach dem Einbau wieder einzustecken, falls sie mal heraus-

rutschen. Eine Kabelverlängerung für Thunderbolt 3 kostet etwa 19 Euro, eine für die Klinkenbuchse des Audioausgangs knapp 5 Euro. Ein zertifiziertes Thunderbolt-3-Kabel bekommt man mit einem Meter Länge für rund 20 Euro.

Unsere Platine besitzt noch einen Audioausgang, einen USB-2.0-Hub mit zwei Anschlüssen und eine kleine Steuereinheit mit vier Tasten. Über die lassen sich der Signaleingang wechseln, die Helligkeit regeln und das Monitormenü bedienen. Den HDR-Modus, den das Menü anbietet, können Sie getrost ignorieren, denn den beherrscht das Panel nicht.

Zwar findet sich auf dem Board ein Anschluss, der mit „Speaker“ beschriftet ist, den iMac-Lautsprecher oder gar die Webcam kann man damit aber nicht weiterverwenden.

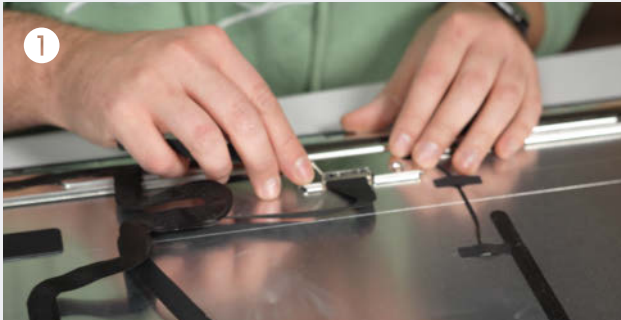
Vorbereitungen

Um das richtige Board für Ihr Panel bestellen zu können, brauchen Sie die Teilenummer des Panels, wofür Sie den iMac öffnen müssen (siehe Anleitung „iMac öffnen“). Doch bevor Sie sich an seine Innereien wagen, trennen Sie den iMac vom Strom und ziehen alle Stecker ab. Damit der Bildschirmteil des Rechners nicht nach

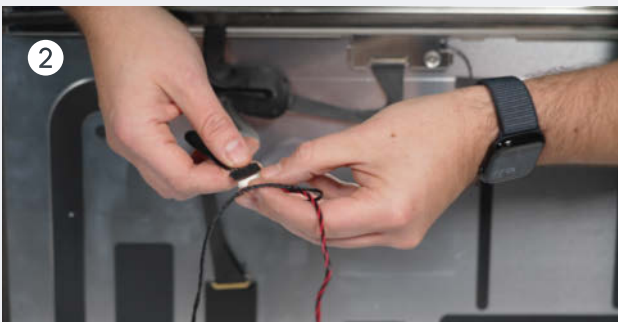


2. Driver Board testen

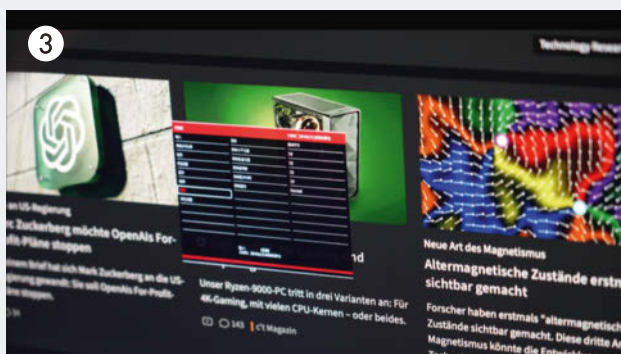
Verbinden Sie zunächst das LCD Driver Board mit dem Display, bevor Sie den iMac weiter auseinanderbauen. Testen Sie mithilfe eines Rechners an allen Anschlüssen, ob ein Bild angezeigt wird.



Lösen Sie den kleinen Hebel vom LVDS-Kabel am Panel und ziehen Sie es ab. Stecken Sie das breite Kabel vom LCD Driver Board in das Panel und fixieren Sie es mit dem Hebel.



Schieben Sie die Pfostenleiste am rot-schwarzen Kabel mit dosiertem Krafteinsatz in den LED-Backlight-Konnector des Display-Panels. Beachten Sie die Steckrichtung der Kabel. Der Verkäufer zeigt diese auf den Fotos.



Verbinden Sie das Netzteil mit der Platine und schließen Sie diese mit einem Videokabel an einen Rechner an. Schalten Sie das Display mit der Steuerplatine ein und prüfen Sie, ob ein Bild auf dem Panel erscheint. Trennen Sie danach die Kabel wieder von der Platine.

MIT Mac & i IMMER AM BALL

2x Mac & i mit
35% Rabatt testen!

Mac & i – Das Magazin rund um Apple

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

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



+ Geschenk nach Wahl
z. B. Kabelbox mit Adaptern
oder Buch Apple Junkies



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

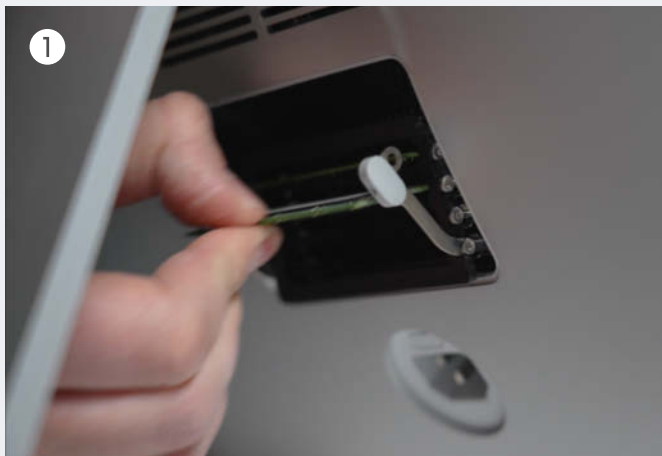
Jetzt bestellen:

www.mac-and-i.de/vorteil

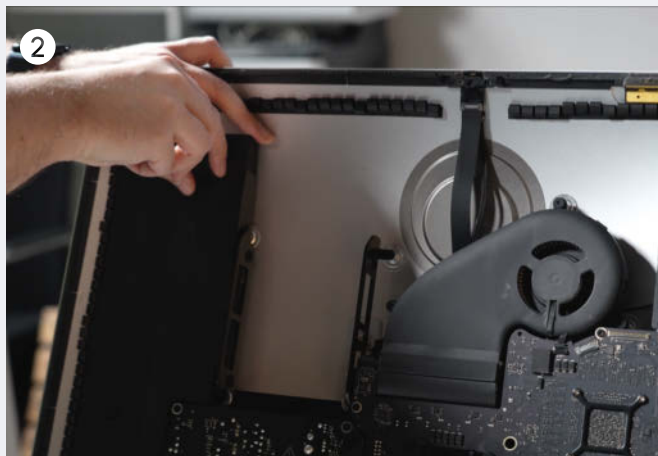
leserservice@heise.de 0511 / 647 22 888

3. Komponenten ausbauen

Entnehmen Sie zunächst alle Komponenten aus dem Gehäuse, um Platz für das Driver Board zu schaffen. Entfernen Sie die Kleberückstände vom Gehäuse und vom Displayglas. Arbeiten Sie vorsichtig und mit Plastikwerkzeug, um Kratzer zu vermeiden. Reinigen Sie die Stellen anschließend mit Isopropanol. Säubern Sie das iMac-Gehäuse von Staubrückständen, etwa mit Druckluft und einem Tuch.



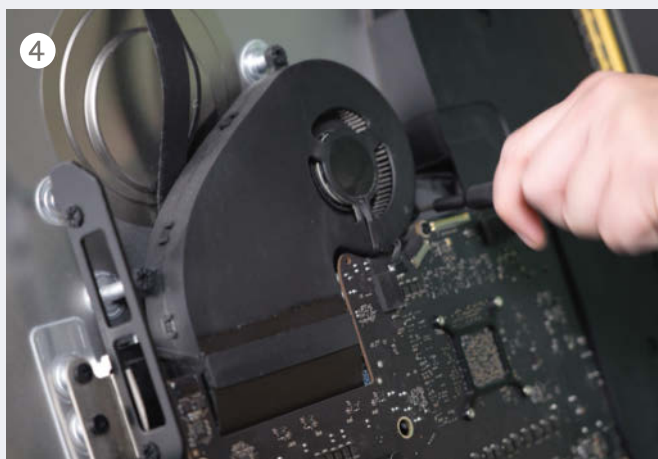
1 Drücken Sie auf der Gehäuserückseite über dem Stromanschluss den kleinen Knopf, um die RAM-Abdeckung zu lösen. Mit zwei Hebeln fahren die Speicherringel heraus, die Sie entfernen können.



2 Lösen Sie die je zwei Torx-Schrauben an den Lautsprechern links und rechts. Ziehen Sie die Lautsprecher vorsichtig nach oben und hebeln das Sie Kabel von der Hauptplatine. Hat Ihr iMac noch eine Festplatte, bauen Sie sie in diesem Schritt mit aus.



3 Da Teile vom Netzteil noch unter Spannung stehen können, fassen Sie es nur an den Kanten an. Lösen Sie die vier Schrauben, heben Sie es heraus und ziehen Sie die drei Steckverbindungen zum Mainboard und Einschalter ab.



4 Beim Lüfter lösen Sie die drei Schrauben und ziehen den Stecker vom Mainboard. Entfernen Sie den Lüfter, indem Sie ihn nach oben wegziehen.

hinten kippt, klemmen Sie einen kleinen Karton zwischen den Fuß und das Gehäuse. Alternativ legen Sie den iMac auf die Rückseite.

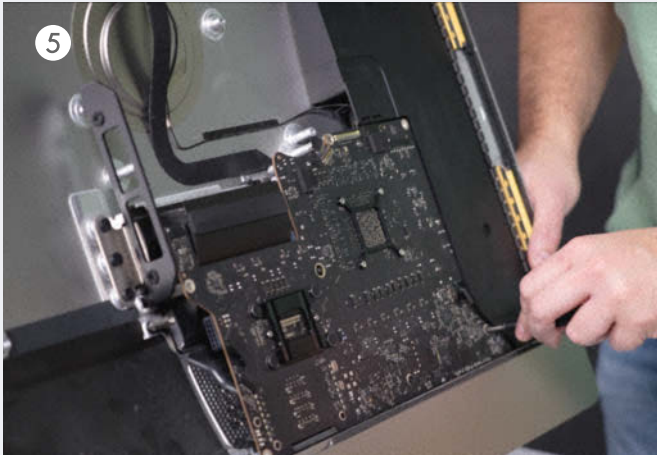
Im Laufe des Umbaus fliegen zwar Hauptplatine, RAM, Netzteil, Lüfter und Lautsprecher aus dem Alukorpus des

iMacs, doch auch wenn Sie die Teile nicht mehr selbst weiterverwenden wollen, lohnt es sich, diese vorsichtig auszubauen, um sie nicht zu beschädigen. So können sie einem identischen iMac als Ersatzteillager dienen; alternativ können Sie sie auch einfach verkaufen. Wir haben

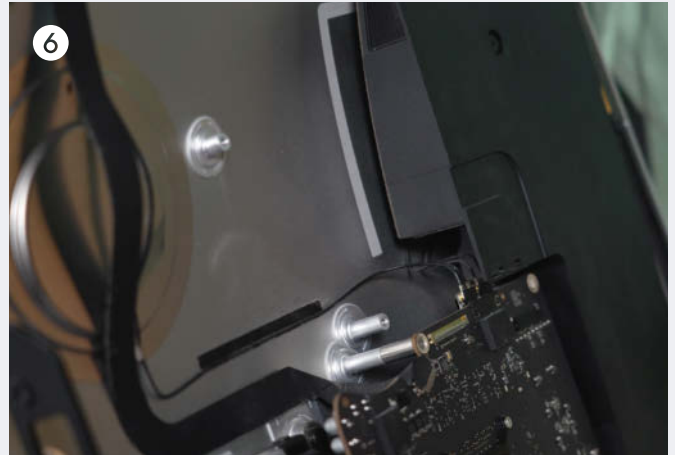
unsere abgebildete Anleitung in vier Abschnitte unterteilt. Ein Video, das den Umbau zeigt, finden Sie unter ct.de/ya84.

Ausblick

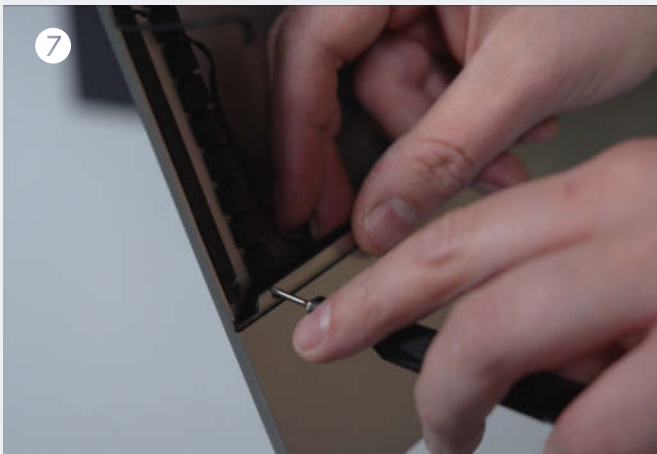
Nach dem Umbau lässt sich das 5K-Panel eines alten iMac an jedem beliebigen



5
Drehen Sie die sechs Torx-Schrauben vom Mainboard heraus. Die zwei Schrauben vom Kühler lassen sich von oben lösen. Legen Sie den Hebel des Webcam-Kabels um und ziehen Sie es ab.



6
Sobald Sie den rechten Lautsprecher gelöst haben, ist das WLAN-Modul auf der Hauptplatine erreichbar. Hebeln Sie hier die vier dünnen Antennenstecker ab.



7
An der unteren Gehäusekante befinden sich neun kleine Kreuzschrauben. Lösen Sie diese und nehmen Sie die Leiste heraus.



8
Kippen Sie die Hauptplatine leicht nach vorn und ziehen Sie diese heraus. Lösen Sie das Kabel für die Infrarotschnittstelle unten.

Rechner weiterverwenden. Die Operation ist zwar nicht ganz trivial, wer aber Bastelgeschick besitzt und vielleicht schon einmal die Festplatte in seinem iMac gegen eine SSD getauscht hat, sollte den Umbau mit etwas Geduld hinkriegen.

Langzeiterfahrungen konnten wir noch nicht mit dem umgebauten iMac sammeln. Daher können wir die Robustheit und Zuverlässigkeit der Platinen nicht abschließend bewerten. Ein offensichtlicher Nachteil des Umbaus ist, dass man zumindest die Optik der

Rückseite etwas verschandelt: Aus der offenen RAM-Klappe baumeln mindestens zwei Kabel, die gefrästen Aussparungen für USB, Netzwerk & Co. sind nach dem Umbau leer. Außerdem bleibt noch die unverkleidete Steuerplatine, die aus dem iMac herausragt. Wer einen 3D-

4. Driver Board einbauen

Schrauben Sie die Leiste aus dem vorletzten Schritt des Abschnitts „Komponenten ausbauen“ wieder ein. Suchen Sie sich einen Platz im Gehäuse für das Driver Board, wo dieses nicht gegen das Panel drückt, etwa rechts von der Gehäusemitte. Richten Sie die Videoeingänge zur RAM-Klappe hin aus.

Testen Sie das Display ausführlich, bevor Sie es verschließen. Funktionieren alle Schnittstellen? Gibt die Mini-Klinkenbuchse einen Ton aus? Lässt sich das Display mit der Steuerplatine bedienen? Wenn alles so läuft wie gewünscht, können Sie die Kabel im iMac verlegen und mit Isolierband ankleben. Fixieren Sie die Stecker gegebenenfalls mit Heißkleber an den Signaleingängen, damit sie nicht herausrutschen.

Sie später einzustecken bedeutet möglicherweise, das Gehäuse erneut öffnen zu müssen! Prüfen Sie auch, ob der entkernte iMac richtig austariert ist oder ob sich seine Anzeige nach hinten neigt. Gegebenenfalls können Sie kleine Gewichte einkleben, damit das Display die gewünschte Neigung beibehält.

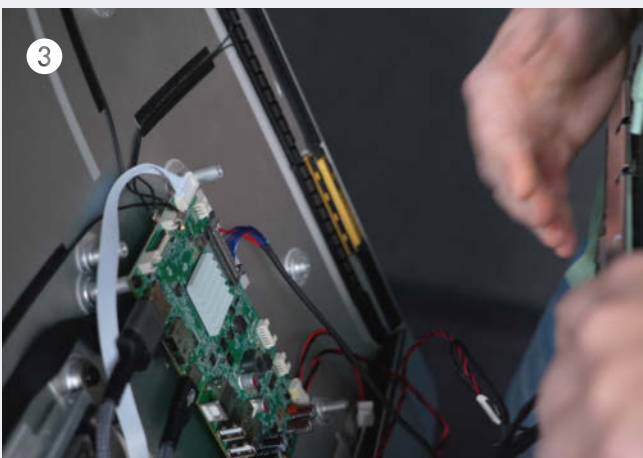
Um den iMac sauber zu verschließen, besorgen Sie sich passende, durchnummerierte Klebestreifen. Die gibt es für 10 bis 20 Euro in Onlineshops (siehe ct.de/ya84). Die Steuerplatine mit dem Bedienfeld kleben Sie mit doppelseitigem Klebeband an der Rückseite an. Den Kabelsalat können Sie mit Spiralschläuchen etwas bändigen.



Falls das Board Schraublöcher hat, können Sie es im iMac einschrauben. Alternativ fixieren Sie es mit Klebeband, nicht leitender Klebeknete (Sugru) oder Heißkleber.



Schließen Sie die Kabel oder Verlängerungen an, die später zum Mac gehen sollen. Verbinden Sie das Netzteil mit dem Driver Board und führen Sie die Kabel aus der RAM-Öffnung hinten heraus.



Verbinden Sie nun Panel und Driver Board miteinander. Setzen Sie das Display zunächst testweise ins Gehäuse und prüfen Sie, ob das Panel ein Bild zeigt.

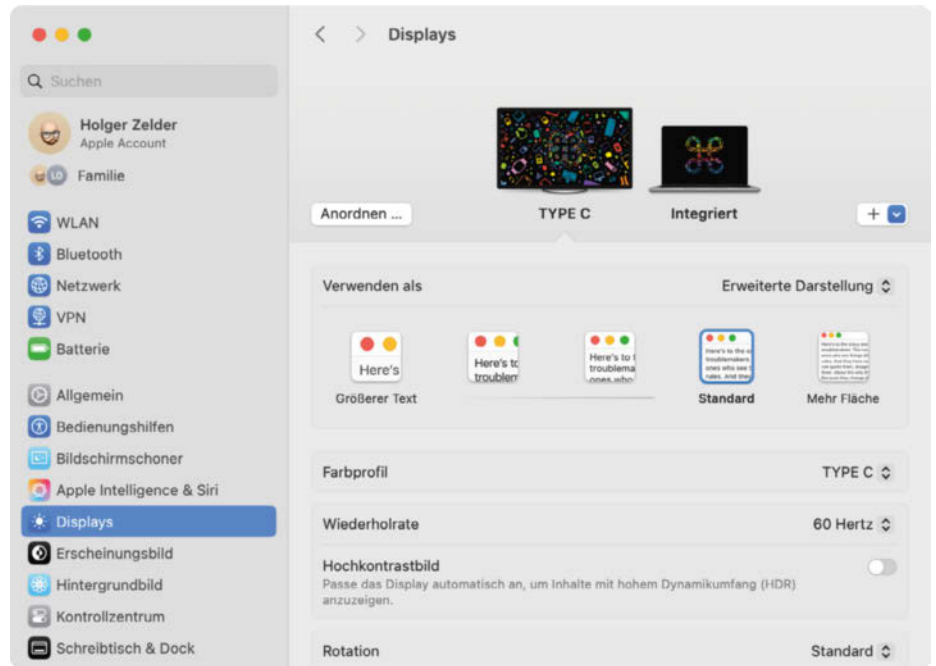


Die Signal- und Stromkabel schauen nach dem Umbau hinten aus der RAM-Öffnung. Die kleine Bedienplatine können Sie mit doppelseitigem Klebeband am iMac-Rücken befestigen.

Drucker und Erfahrung in 3D-Design hat, kann der Steuerplatine ein kleines Gehäuse verpassen oder auch eine Halterung für den Einbau des Driver Boards gestalten. Ein Beispiel finden Sie unter ct.de/ya84.

Aus Kostensicht lohnt sich der Umbau nur, wenn man bereits einen ausgemusterten iMac besitzt oder wenn man sehr günstig daran kommt. Einen gebrauchten iMac ausschließlich zum Umbau zu kaufen, lohnt sich in der Regel nicht: Selbst defekte Gebrauchtgeräte mit Gebrauchsspuren kosten (Stand Anfang 2025) noch zwischen 300 und 400 Euro. Oft haben diese kaputte Displays oder Glasbrüche. Selbst ein gebrauchtes Ersatzdisplay kostet auf einschlägigen Onlineplattformen noch rund 400 Euro. Dafür bekommt man auch ein brauchbares neues 4K-Display. (bkr@ct.de) **ct**

Teile in Onlineshops, 3D-Druckmodell, Umbauvideo: ct.de/ya84



In den Systemeinstellungen sind nach dem Umbau Retina-Skalierung und 5K-Auflösung verfügbar, wenn man das Board über Thunderbolt ansteuert.



AM NÜRBURGRING

JAVALAND

1. - 3. APRIL 2025

WARUM TEILNEHMEN?

- INSPIRIERENDE SESSIONS**
 Lernt von den Besten der Branche, erweitert euer Wissen und schöpft neue Motivation für euren Arbeitsalltag.
- EINZIGARTIGES COMMUNITY-GEFÜHL**
 Die JavaLand ist der Treffpunkt für das jährliche Wiedersehen der Java-Community.
- NETWORKING**
 Knüpft wertvolle Kontakte und tauscht euch mit Gleichgesinnten aus.
- COMMUNITY-AKTIVITÄTEN & WORKSHOPS**
 Vertieft eure Kenntnisse in interaktiven und praxisnahen Sessions.



JAVALAND.EU
#JAVALAND

Präsentiert von:



Heise Medien **DOAG**

Veranstalter:



Mehr Budget, mehr Spaß?

Upgrades für den Budget-Gamer 2025

Einige Leser verspürten die Verlockung, unserem günstigen Spielerechner gezielte Performance-Upgrades zu verpassen. Wir checken, was eine stärkere CPU, eine Intel-Grafikkarte oder der Umstieg auf AMDs AM5-Plattform wirklich bringen.

Von Benjamin Kraft

Unser aktueller Sparsam-Spielkamerad aus c't 28/2024 traf überwiegend auf positive Resonanz, doch es gab auch kritische Stimmen. Manche Leser fanden, er stehe zu sehr unter dem Spardiktat, andere kritisierten die vermeintlich mangelnden Zukunftsaussichten der AM4-Plattform. Zur Einordnung wollen wir an dieser Stelle noch einmal betonen: Beim Budget-Gamer steht der Preis im Vordergrund. Dieser Bauvorschlag soll möglichst viel Spieleleistung für möglichst wenig Geld zum aktuellen Zeitpunkt liefern. Wer gleich aufs nächste Update schießt, ist hier falsch, und wer mehr ausgeben kann, ist besser beraten, den großen Bauvorschlag zu wählen und an die eigenen Bedürfnisse anzupassen.

Um zu prüfen, ob die Kritik vor allem an der CPU-Leistung gerechtfertigt ist, rüsteten wir den Bauvorschlag um. Einmal bekam er das im damaligen Artikel angesprochene Prozessorupgrade auf einen Ryzen 7 5700X3D, der mittlerweile 220 Euro kostet. Mit seinen 96 MByte L3-Cache ist er eine ausgezeichnete Spiele-CPU [1]. Die weitere Zusammenstellung ließen wir unverändert, der komplette Rechner kostet statt derzeit rund 640 Euro also eher 770 Euro.

Für die zweite Variante stellten wir uns ein AM5-System zusammen, dessen Herzstück der Ryzen 5 7600 für rund 190 Euro ist. Beim Mainboard wählten wir das Gigabyte A620M Gaming X für 116 Euro, das wir bereits Ende 2023 getestet haben [2]. Es gibt zwar günstigere AM5-Platinen mit gleichem Chipsatz, aber wir wollten ein Exemplar, bei dem die Spannungswandler einen Kühlkörper haben. (Wer tatsächlich einen günstigen AM5-Rechner zusammenstellen möchte, sollte allerdings nach einem B650-Board schauen; brauchbare Modelle mit deutlich besserer Ausstattung gibt es bereits ab etwa 120 Euro.)

Die neue Plattform erfordert DDR5-RAM; wir entschieden uns für ein 16-GByte-Kit von Crucial bestehend aus zwei 8 GByte großen DDR5-5600-Modulen für um die 50 Euro. Wir bleiben unserer Linie treu, nur DIMMs zu verwenden, die ihre beworbene Geschwindigkeit ohne XMP- oder EXPO-Profil erreichen, also ohne erhöhte Spannung oder Overclocking. Der Prozessor arbeitet mit Werkseinstellungen zwar nur mit DDR5-5200, doch die langsameren Module sind sogar etwas teurer. Unterm Strich kostet dieses Trio etwa 360 Euro, sodass der Umstieg von AM4 auf AM5 mit etwa 170 Euro zu Buche schlägt. Greift man zum etwa gleich schnellen Ryzen 57500F ohne integrierte GPU, spart man zwar noch einmal um die 30 Euro, doch den gibt es hierzulande nur als Tray-Version mit schlechteren Garantiebedingungen. Die weiteren Komponenten bleiben auch hier gleich.

Zudem wollten wir wissen, wie gut Intels im Dezember vorgestellte neue Spiele-GPU Arc B580 aus der Battlemage-Serie zum Budget-Gamer-Bauvorschlag passt. Stellvertretend für die Serie griffen wir zur Asrock Arc B580 Steel Legend

12GB OC, die wir gerade in der Redaktion haben. Sie ist ausgesprochen leise und liegt mit etwa 340 Euro zwischen den bisherigen GPU-Optionen Radeon RX 7600 und RX 7700 XT.

Performance

Unterm Strich sind die Upgrades durchweg enttäuschend. Am stärksten wirkt sich der Wechsel von der Radeon RX 7600 auf die Arc B580 aus, allerdings eher bei den durchschnittlichen Bildraten, die ohnehin schon hoch genug für ruckelfreies Spielen waren. Die P1-Minima, also die minimale Bildrate, bei der das langsamste Prozent der im Benchmarklauf ermittelten Frames ausgeklammert wird, steigen nur wenig. Immerhin verbessert sich die Performance mit aktiviertem Raytracing, sodass der Budget-Gamer in Cyberpunk 2077 auf der RT-Stufe Low auch auf minimal 60 fps kommt. Dafür büßt er in WQHD ohne Raytracing sogar etwas an Performance ein.

Die CPU-Upgrades bringen deutlich weniger. Dass sich bei der Radeon RX 7600 nicht mehr viel tut, weil sie im GPU-Limit hängt, hatten wir schon im Vorfeld des ersten Artikels geklärt. Doch auch bei den beiden größeren Karten brachten weder der Ryzen 7 5700X3D noch der Ryzen 5 7600 nennenswerte Mehrperformance, wenn man von Shadow of the Tomb Raider absieht, das sehr empfindlich auf die CPU reagiert. Doch selbst da hebt ein Prozessortausch weder die P1-Minima noch die durchschnittliche Performance in Bereiche, die eine Investition rechtfertigen würden.

Die Leistungsaufnahme steigt derweil sehr wohl: Mit der Arc B580 zieht der AM4-Rechner unabhängig vom Prozessor im Leerlauf rund 32 Watt, also 7 Watt mehr als mit der kleinen Radeon. Und auch das



klappt erst, nachdem man dem Rechner über die BIOS-Einstellungen für ASPM (Active State Power Management) erlaubt, die PCIe-Links in die Zustände L1 und L0s zu schalten und im Energiesparplan von Windows die PCI-Express-Stromspareinstellungen auf „Maximal“ setzt. Zudem sollte man die Intel Graphics Software deaktivieren, denn sie erhöht die Leistungsaufnahme um weitere gut fünf Watt. Der AM5-Rechner mit dem Ryzen 57600 kam mit der Radeon RX 7700 XT auf 29 Watt, immerhin ohne Optimierungsspielchen; mit der Arc B580 waren es wieder 5 Watt mehr.

Unter Vollast liegt die Leistungsaufnahme des Gesamtsystems mit dem Ryzen 7 5700X3D gut 55 Watt höher als mit einem der beiden Sechskern-Ryzens 55600 und 7600 – kein Wunder, denn der X3D-Chip zählt zu den 105-Watt-Prozessoren. Während das in Spielen kein Problem darstellt, weil dabei nie alle Kerne dauerhaft unter Volldampf gesetzt werden, wirkt sich das in CPU-lastigen Aufgaben wie dem Rendern mit Blender aus. Dann ist der CPU-Kühler Spartan 5 Max selbst bei voller Lüfterdrehzahl nicht mehr in der Lage, den Prozessor ausreichend zu kühlen, die Temperatur schießt innerhalb von zwei Minuten auf 90 °C und die CPU-Kerne drosseln auf 3,8 bis 3,9 GHz. Es wird also ein dickerer Kühler vom Schlage eines Scythe Mugen 6 für 45 Euro fällig [3], der das Upgrade weiter verteuert.

Fazit

Die CPU-Upgrades verteuern den Bauvorschlag in der Ausführung mit der Radeon 7700 XT um 16 bis 22 Prozent, ohne einen merklichen Gegenwert zu liefern. Der Ryzen 7 5700X3D ist eher geeignet, einen

**Aufrüstooptionen:
Eine Grafikkarte mit
Intels Arc-B580-GPU
erzielt höhere 3D-
Leistung als die Basis-
grafikkarte mit Radeon
RX 7600, die CPUs
Ryzen 5 7600 (links)
und Ryzen 7 5700X3D
liefern mehr CPU-
Performance.**



bestehenden AM4-Rechner mit Ryzen 3000-Generation oder älter aufzurüsten. Ein neues System damit auszustatten, ergibt nur in Verbindung mit einer sehr dicken Grafikkarte Sinn. Doch wer dafür das nötige Kleingeld hat, muss auch nicht an der Plattform sparen und greift gleich zu AM5 und Ryzen 9000, wenn es AMD sein soll.

Dann wiederum ergibt auch ein A620-System mit seinen Einschränkungen wenig Sinn; schon die günstigsten B650-Platinen bieten mehr USB-3.x-Anschlüsse, mehr PCIe-Steckplätze und mehr M.2-Slots. Und wer USB4 will, muss ohnehin zu neueren Modellen greifen [4]. Das bringt uns einmal mehr zur Empfehlung, den großen Bauvorschlag auf die eigenen Ansprüche zuzuschneiden, es muss ja nicht unbedingt der Ryzen 7 9800X3D für knapp 600 Euro sein.

Das Grafikupgrade auf Intels Arc-B580-GPU ist schwieriger zu beurteilen. In manchen Spielen schließt die Karte die Performance- und Preislücke zwischen der Radeon RX 7600 und RX 7700 XT und bietet vor allem mehr Raytracing-Leistung als die kleinere Radeon. Auch die 12 GByte

Videospeicher versprechen an sich Zukunftssicherheit. Es bleiben aber die Arc-Makel: Die Leistung schwankt zwischen Spielen erheblich, die Leistungsaufnahme bekommt man im Leerlauf nur mit Nacharbeiten in den Griff und die Treiber benötigen noch viel Feinarbeit. Und über allem schwebt das Restrisiko, Intel könnte seine Arc-Serie im Zuge der Konsolidierungsbemühungen jederzeit einstellen und mit ihr die für Spieleleistung essenzielle Treiberentwicklung.

Für uns ist die positive Nachricht: Der Budget Gamer mag aufgrund des Preisdiktats ein Kompromiss sein, doch ist er in seiner vorgestellten Konfiguration nahe am Optimum. (bkr@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Carsten Spille, Das Beste zum Schluss, Günstige Achtkern-CPU's Ryzen 7 5700 und 5700X3D im Test, c't 21/2024, S. 86
- [2] Christian Hirsch, Nachschlag für Pfennigfuchser, Preiswerte AM5-Mainboards für Ryzen-7000-Prozessoren im Test, c't 18/2023, S. 112
- [3] Benjamin Kraft, Cooler Sechser, c't 9/2024, S. 77
- [4] Christian Hirsch, Schneller Basenbau, Vier AM5-Mainboards mit X870/X870E-Chipsatz im Vergleich, c't 27/2024, S. 90

CPU- und GPU-Upgrades zum Budget-Gamer 2025: Benchmarks und Messwerte

	3DMark Steel Nomad	Shadow of the Tomb Raider (DX12, Ultrahoch, RT off)		Cyberpunk 2077 (DX12, Ultra)		Cyberpunk 2077 (DX12, RT low)		Metro Exodus (DX12, Ultra, RT: High, FSR off)	
	[Punkte]	Full HD [fps] ¹	WQHD [fps] ¹	Full HD [fps] ¹	WQHD [fps] ¹	Full HD [fps] ¹	WQHD [fps] ¹	Full HD [fps] ¹	WQHD [fps] ¹
mit Ryzen 5 5600									
Radeon RX 7600	2269	91/129	61/82	61/80	52/65	50/63	32/39	44/67	34/47
Radeon RX 7700 XT	3181	109/171	100/126	75/117	57/75	73/92	49/60	60/94	48/69
Intel Arc B580	3071	93/146	79/107	63/99	47/63	60/81	42/53	52/86	45/65
mit Ryzen 7 5700X3D									
Radeon RX 7700 XT	3221	147/195	105/131	90/120	60/76	76/95	50/61	58/96	46/69
Intel Arc B580	3060	107/151	80/106	66/95	49/63	60/81	42/53	53/87	45/65
mit Ryzen 5 7600									
Radeon RX 7700 XT	3178	123/185	102/127	88/120	60/76	76/95	49/61	60/96	47/69
Intel Arc B580	3097	105/152	79/106	70/98	50/63	64/82	44/54	56/88	46/66

¹ Angaben in Bildern pro Sekunde (fps). Dunkler Balken: P1-Perzentil, d. h. 99 Prozent der Bildrate ist höher; heller Balken: Durchschnittswert gemessen unter Windows 11 24H2; Grafiktreiber: AMD Adrenalin Edition 24.12.1; Intel Graphics Driver 32.0.101.101.6256

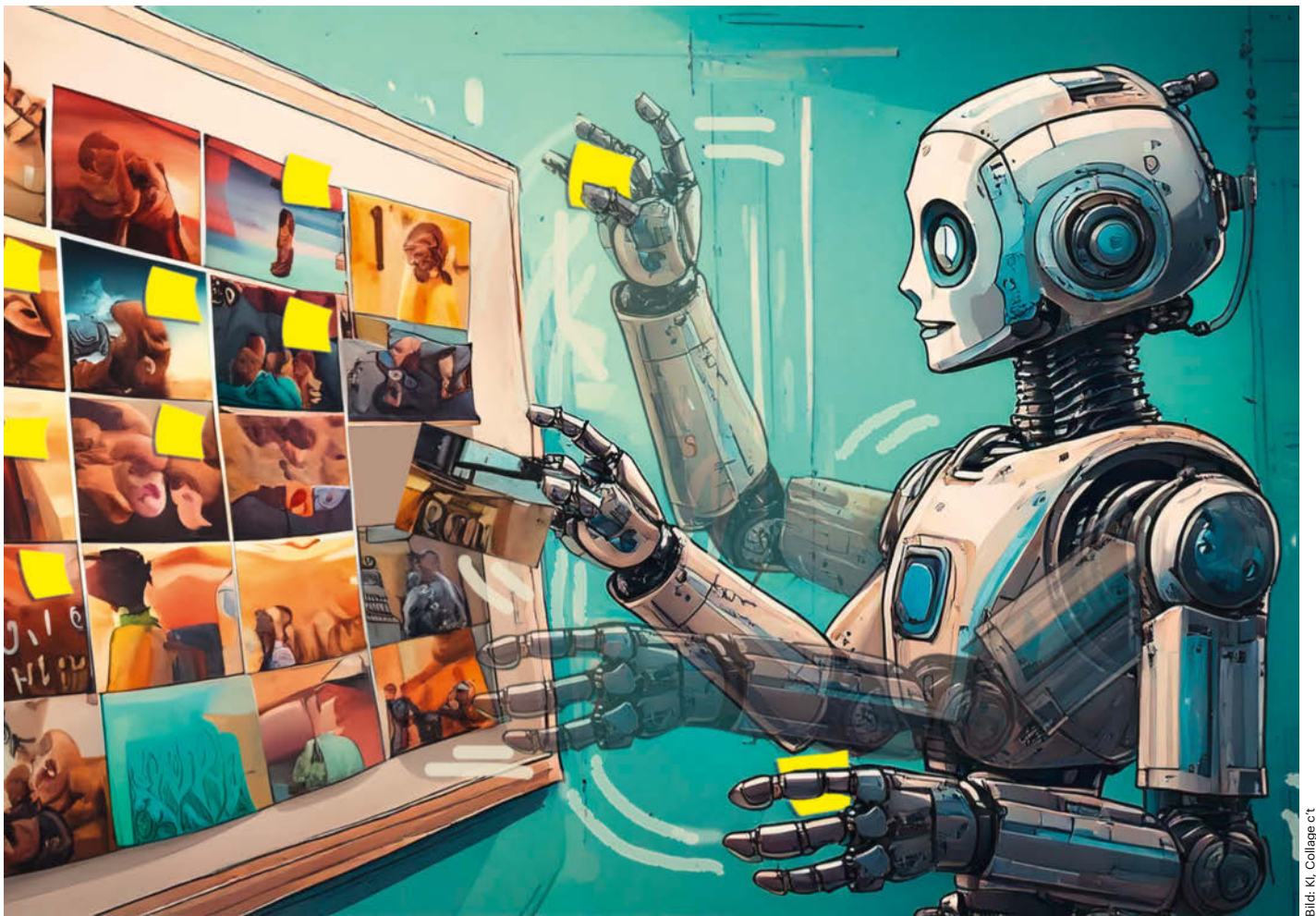


Bild: KI, Collage ct

Apropos Turbo

Automatische Foto-Verschlagwortung mit Grafikkartenunterstützung beschleunigen

Seit Kameras in jedem Smartphone stecken, sammeln sich unzählige Bilder an. Im Archiv auf dem heimischen NAS oder PC ein bestimmtes Foto wiederzufinden, ist eine Herausforderung, die ohne eine Verschlagwortung kaum zu bewältigen ist. Bei der kann künstliche Intelligenz wertvolle Dienste leisten: Und wenn Sie dafür die Grafikkarte Ihres Arbeits- oder Gaming-PCs einspannen, läuft sie sogar richtig schnell.

Von Mirko Dölle

Die Bildersammlungen auf PC oder NAS wachsen unaufhaltsam, ständig wird im Alltag mit der Handy-Kamera irgend etwas geknipst. Und im Urlaub noch viel mehr. In der Menge Fotos ein bestimmtes wiederzufinden, ist eine Sisyphusarbeit. Andererseits ist die Bilderflut so riesig, dass es nicht infrage kommt, die Bilder wie in der guten alten analogen Zeit von Hand zu beschriften. Abhilfe schafft eine KI-getriebene Automatik, die die Fotos analysiert und sie mit einer Bildbeschreibung sowie Stichworten versieht – und das Ganze lokal und ohne Cloud-Anbindung.

Wie Sie eine solche KI mittels Docker auf Ihrem Synology-NAS installieren, um Ihr Fotoarchiv nach und nach verschlag-

worten zu lassen, haben wir bereits beschrieben [1]. Doch mit kleinen, eher auf Energiesparen ausgelegten CPUs und ohne Grafikkartenunterstützung analysiert eine KI auf dem NAS nur wenige Bilder pro Stunde. Es kann daher Tage oder gar Wochen dauern, bis nach dem Urlaub alle neuen Fotos beschriftet sind. Indem Sie bei Bedarf die Grafikkarte Ihres Arbeits- oder Gaming-PCs zuschalten oder die Urlaubsfotos gleich komplett auf Ihrem PC verarbeiten und dann erst archivieren, beschleunigen Sie den Prozess wesentlich. Dabei hilft Ihnen das neue Verschlagwortungsskript `kwt.py`, das wir Ihnen auf ct.de/y1nb zum Download bereitgestellt haben. Wenn Sie wissen wollen, wie das Skript aufgebaut ist, finden Sie die ausführliche Beschreibung ab Seite 148.

Arbeitsteilung

Das Konzept beruht darauf, Bildverarbeitung und -analyse zu trennen: Das Skript handelt sich durch die Verzeichnisse und trägt die Ergebnisse in die Exif-Metadaten der Fotos ein, während die KI in einem Docker-Container residiert und über ein HTTP-API die Bilder zur Analyse erhält. Ob der intelligente Docker-Container auf dem gleichen Rechner läuft, im heimi-

ct kompakt

- Unsere Lösung zur automatischen Fotoverschlagwortung besteht aus einem Python-Skript und einer im Ollama-Container laufenden Bildanalyse-KI.
- Grafikkartenleistung von Arbeits- oder Gaming-PC lassen sich dynamisch hinzuschalten; die Analyse läuft lokal und ohne Verbindung zur Cloud.
- Die Software ist plattformunabhängig für Windows- und Linux-PCs, Synology-NAS und andere Geräte mit Docker-Unterstützung geeignet.

schen LAN oder gar irgendwo im Internet, spielt für das Skript keine Rolle. Es kontaktiert die KI ohnehin über einen HTTP-Client.

Das eröffnet Ihnen die Möglichkeit, Ihr Fotoarchiv auf dem NAS verschlagworten zu lassen, während Ihr Arbeits- oder Gaming-PC mit leistungsfähiger Grafikkarte die KI beherbergt und entsprechend schnell Antworten liefert. Genauso gut können Sie aber auch das Skript auf Ihrem PC starten und die Fotos lokal verschlagworten, um sie anschließend auf das NAS oder einen Cloud-Service hochzuladen.

Als Arbeitsumgebung für die KI dient ein Ollama-Container. Ollama ist ein generisches Framework für sogenannte Large Language Models (LLMs), die Anfragen in menschlicher Sprache verstehen und ebenso in menschlicher Sprache antworten können. Multimodale LLMs verarbeiten nicht nur Texte, sondern auch andere Inhalte, etwa PDF-Dateien oder Bilder. Ein solches LLM mit Visualisierungsfunktion ist LLaVA (Large Language and Vision Assistant), das wir nachfolgend für die Verschlagwortung verwenden. Es gibt auch etliche andere LLMs mit Bildanalyse, zum Beispiel BakLLaVA, Pixtral von Mistral AI oder neuerdings Janus von DeepSeek, die Sie unter Ollama installieren und dann ausprobieren können.

Windows angedockt

Für die Installation von Docker mit Grafikkartenunterstützung müssen Sie unter Windows zunächst das Windows Subsystem für Linux (WSL) mit einer Linux-Distribution einrichten. Standard ist Ubuntu, wir haben uns für das etwas schlankere Debian entschieden. Dazu geben Sie in der Windows PowerShell folgenden Befehl ein:

```
wsl --install -d Debian
```

Wurde Debian GNU/Linux in WSL installiert, müssen Sie noch einen Benutzernamen und ein Passwort vergeben. Das geschieht interaktiv beim ersten Aufruf einer Shell in WSL mit folgendem Befehl in der PowerShell:

```
wsl -d Debian
```

Sie befinden sich nun im Linux-Terminal und sollten die Gelegenheit nutzen, Linux in WSL mit folgenden Befehlen zu aktualisieren:

```
sudo apt-get update
sudo apt-get dist-upgrade
```

Wurden die Updates eingespielt, können Sie sich mit dem Befehl `exit` wieder ausloggen und Docker Desktop für Windows herunterladen und installieren. Achten Sie während der Installation darauf, dass Docker WSL verwendet, denn nur dann funktioniert später die Grafikkartenunterstützung. Trotz grafischer Oberfläche erfolgt die Einrichtung des Ollama-Containers später in der PowerShell. Sie können Docker Desktop jedoch verwenden, um Ollama zu starten oder abzuschalten.

Grafikkarten-Power

Unter Linux finden Sie Docker häufig schon in der Paketverwaltung Ihrer Distribution, allerdings ist das selten die aktuelle Version. Auf docs.docker.com/engine/install (alle genannten Links auch via ct.de/y1nb) finden Sie Anleitungen, wie Sie mit wenigen Befehlen das Docker-Paket-Repository hinzufügen und dann wiederum über die Paketverwaltung der Distribution die neueste Version von Docker installieren. Unter Ubuntu erledigen das die folgenden Befehle:

```
sudo apt-get update
sudo apt-get install docker-ce \
docker-ce-cli containerd.io \
docker-buildx-plugin \
docker-compose-plugin
```

Um die Grafikkarte aus Docker heraus nutzen zu können, müssen Sie den proprietären Nvidia-Treiber respektive Radeon-Treiber installiert haben – das dürfte bei den meisten Anwendern ohnehin

DeepSeek-Modelle in Ollama

Als generisches Framework für Large Language Models (LLMs) unterstützt Ollama auch die Ende Januar veröffentlichten Modelle des chinesischen Start-ups DeepSeek. Eine Übersicht der verfügbaren Modelle finden Sie auf ollama.com/library. In der Beschreibung des Modells finden Sie den Befehl, um es zu starten – womit es auch automatisch installiert wird. Für DeepSeek R1 zum Beispiel lautet der Startbefehl aus der Liste:

```
ollama run deepseek-r1
```

Diesen Befehl senden Sie via Docker an den Ollama-Container, wobei Sie `run` auch gegen `pull` austauschen dürfen:

```
docker exec -it ollama \
ollama pull deepseek-r1
```

Damit wird R1 von DeepSeek heruntergeladen und, falls Sie `run` angegeben

haben, auch gleich geladen und gestartet. Nach einer gewissen Inaktivität entlädt Ollama das Modell aber automatisch wieder, um Speicher zu sparen – dann wird es bei der nächsten Anfrage auch automatisch wieder neu gestartet.

R1 ist allerdings kein multimodales LLM, sodass es sich nicht mit `kwt.py` nutzen lässt. Dafür wären die multimodalen LLMs Janus oder Janus-Pro geeignet. Allerdings beherrschen die DeepSeek-Modelle bei Redaktionsschluss, anders als die meisten multimodalen LLMs mit Bildanalyse, noch keine Übergabe der Bilder per Base64-Kodierung, wie sie `kwt.py` benötigt. Sobald diese Funktion ergänzt wurde, können Sie das Modell in `kwt.py` von LLaVA 1.6 auf Janus oder Janus-Pro ändern und damit das DeepSeek-Modell für die Verschlagwortung Ihrer Fotos benutzen. Welches Modell die besseren Ergebnisse liefert, bleibt abzuwarten. Die DeepSeek-Modelle versprechen aber, performanter zu sein.

der Fall sein. Zusätzlich benötigen Sie für Nvidia-Grafikkarten unter Linux noch das Toolkit aus dem Nvidia-Repository, wofür Sie Nvidias Signaturschlüssel und das Repository hinzufügen müssen.

Laden Sie zunächst den Schlüssel von nvidia.github.io/libnvidia-container/gpgkey herunter und fügen Sie ihn mit folgendem Befehl zu den übrigen Schlüsseln hinzu:

```
sudo gpg --dearmor -o /usr/share/
keyrings/nvidia-container-toolkit
keyring.gpg
```

Für das Repository legen Sie mit einem beliebigen Editor eine Textdatei `nvidia.txt` mit folgendem Inhalt an:

```
deb [signed-by=/usr/share/keyrings/
nvidia-container-toolkit-keyring.gpg]
https://nvidia.github.io/libnvidia
container/stable/deb/$(ARCH) /
```

Diese verschieben Sie anschließend ins Verzeichnis mit den Paketlisten:

```
sudo mv nvidia.txt /etc/apt/sources.
list.d/nvidia-container-toolkit.list
```

Jetzt können Sie das Toolkit für Linux installieren und für Docker konfigurieren:

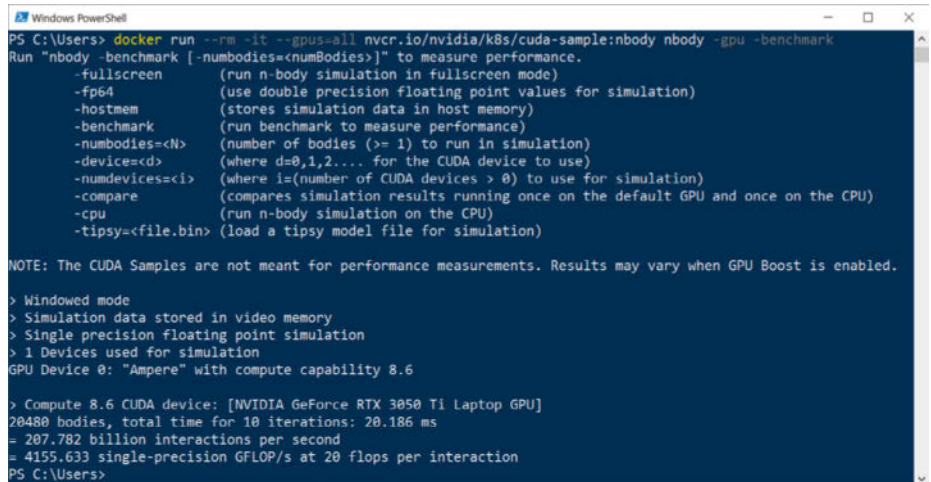
```
sudo apt-get update
sudo apt-get install -y \
nvidia-container-toolkit
sudo nvidia-ctl runtime \
configure --runtime=docker
sudo systemctl restart docker
```

Ob Docker unter Windows oder Linux korrekt installiert ist, können Sie prüfen, indem Sie den Hello-World-Container starten. Dazu geben Sie in der PowerShell oder im Linux-Terminal folgenden Befehl ein:

```
docker run hello-world
```

Linux-Anwender müssen der Zeile ein `sudo` voranstellen, da hier normale Benutzer nicht auf das Docker-API zugreifen dürfen. Ob der Nvidia-Treiber und das Toolkit korrekt eingerichtet wurden, prüfen Sie mit folgendem kleinen Benchmark:

```
docker run --rm -it --gpus=all
nvcv.io/nvidia/k8s/cuda-sample:nbody
nbody -gpu -benchmark
```



Mit dem NBody-Benchmark können Sie unter Windows und Linux gleichermaßen überprüfen, ob die Hardware-Beschleunigung Ihrer Nvidia-Grafikkarte in Docker-Containern zur Verfügung steht.

Wenn der ohne Fehlermeldungen durchläuft, ist alles in Ordnung.

```
docker exec -it ollama
ollama pull llava:v1.6
```

Ollama mit Turbo

Um einen Container mit dem Ollama-Framework auf einem Synology-NAS zu installieren, öffnen Sie in den Anwendungen den Container Manager. Mit einem Klick auf „Create“ erzeugen Sie einen neuen Container, verwenden „ollama/ollama:latest“ als Image und übernehmen die Standardfreigabe für Port 11434.

Auf dem PC unter Windows oder Linux verwenden Sie die PowerShell oder ein Terminal. Je nach verwendeter Grafikkarte benötigen Sie aber unterschiedliche Parameter und Docker-Images von Ollama. Nvidia-Besitzer verwenden den Befehl:

```
docker run -d --gpus=all -v ollama:
/root/.ollama -p 11434:11434
--name ollama ollama/ollama
```

Entscheidend ist der Parameter `--gpus=all` für die Grafikkartennutzung. Radeon-Grafikkarten ließen sich bei Redaktionsschluss nur unter Linux nutzen, dort sieht der Start des Ollama-Containers so aus:

```
sudo docker run -d --device /dev/kfd
--device /dev/dri -v ollama:
/root/.ollama -p 11434:11434
--name ollama ollama/ollama:rocm
```

Nun können Sie das KI-Modell in Ollama installieren. Für das LLaVA-Modell benutzen Sie den Befehl:

Verschlagwortet

Damit ist LLaVA betriebsbereit und Ollama lauscht auf Port 11434 auf eingehende Anfragen des Verschlagwortungsskripts `kwt.py`. Um `kwt.py` nutzen zu können, benötigen Sie Python Version 3.9 oder neuer. Bei den meisten Linux-Distributionen gehört das schon zum Standard-Installationsumfang. Das gilt jedoch nicht für den Ollama-Container, in dem Sie das Skript installieren, wenn Sie die Verschlagwortung überwiegend auf dem NAS abwickeln lassen wollen. Dort müssen Sie über den Container Manager Python, pip und Exif-Tool im Terminal des Containers nachinstallieren:

```
apt-get update
apt-get -y install \
python3-pip libimage-exiftool-perl
```

Unter Windows laden Sie den Installer von python.org herunter und starten ihn. Achten Sie in den Dialogen darauf, dass der Installer den Pfad des Python-Interpreters in den Standardpfad aufnimmt, sodass Sie Python später in der PowerShell ohne Pfadangabe aufrufen können.

Für den Betrieb von `kwt.py` sind noch drei Python-Bibliotheken erforderlich, die nicht zum Standardumfang gehören. Um Konflikte mit anderen Python-Anwendungen zu vermeiden, sollten Sie diese in einer virtuellen Python-Umgebung installieren. Im Ollama-Container auf dem Synology-NAS entfällt dieser Schritt. Der Befehl, um

eine solche virtuelle Python-Umgebung anzulegen, ist unter Linux und in der Windows PowerShell der gleiche:

```
python3 -m venv kwt
```

Es ist sinnvoll, den gleichen Namen für die virtuelle Umgebung wie für die Python-Anwendung zu verwenden, denn so wissen Sie jederzeit, zu welcher Anwendung die Umgebung gehört – hier „kwt“ als Akronym für „keyword turbo“. Löschen Sie die Anwendung irgendwann, können Sie auch einfach das Verzeichnis der virtuellen Umgebung entsorgen.

Um die Umgebung zu aktivieren, verwenden Sie unter Linux den Befehl

```
source kwt/bin/activate
```

und in der PowerShell unter Windows:

```
kwt/bin/activate.bat
```

Hat das geklappt, steht am Anfang Ihres Shell-Prompts nun „(kwt)“.

Installieren Sie nun die Bibliotheken nach, so landen diese automatisch in der virtuellen Umgebung:

```
pip3 install ↵
↳pillow pyexiftool langchain-ollama
```

Bild zu Text

Damit ist alles vorbereitet, um kwt.py (Download via ct.de/y1nb) aufzurufen. Das Skript erwartet als Parameter mindestens einen Dateinamen eines JPEG-Fotos oder eines Verzeichnisses, das es rekursiv verschlagworten soll. Standardmäßig versucht es, dafür einen lokalen Ollama-Container auf <http://127.0.0.1:11434> zu erreichen. Sie können aber mit dem Parameter `-o` gefolgt von IP-Adresse und Port eines anderen Ollama-Containers auch diesen angeben. Sie dürfen den Parameter sogar mehrfach verwenden, zum Beispiel so:

```
python3 kwt.py ↵
↳-o 192.168.178.35:11434 ↵
↳-o 127.0.0.1:11434 IMG_2023.JPG
```

Dann versucht kwt bei jedem Bild, sich mit den HTTP-APIs in der genannten Reihenfolge zu verbinden, und nimmt die erste erreichbare, um das Bild verschlagworten zu lassen. Ist zum Beispiel Ihr Gaming-PC mit der IP-Adresse 192.168.178.35 gerade in Betrieb, versucht kwt das Bild auf des-

sen leistungsfähiger Grafikkarte verarbeiten zu lassen. Ist er aus, nimmt das Skript dafür den lokalen Ollama-Container. Der Timeout für einen Kontaktversuch liegt bei drei Sekunden pro Adresse.

Standardmäßig schreibt das Skript etwaige Vorkommnisse in die Log-Datei `log` im aktuellen Verzeichnis, und das auch nur bei gravierenden Problemen – etwa wenn es kein Ollama-API erreichen kann. Um diese Log-Meldungen in der Shell zu sehen, benutzen Sie den Parameter `-L ""`. Außerdem können Sie kwt mit dem Parameter `-v` gesprächiger machen – `-vvv` ist die höchste Stufe. Damit wird kwt sehr redselig und informiert Sie zum Beispiel auch über bereits vorgefundene Exif-Tags und welche Antworten LLaVA auf die einzelnen Anfragen geliefert hat.

Sie können kwt.py gefahrlos ausprobieren, denn standardmäßig sichert es eine Kopie des Originalbilds, indem es `_original` an den Dateinamen anhängt. Sind Sie mit dem Ergebnis zufrieden, können Sie künftig mit dem Parameter `-o` oder `--overwrite` verhindern, dass Sicherungskopien angelegt werden. Mit dem Parameter `-p` oder `--preserve` bleibt außerdem das Änderungsdatum des Fotos unverändert.

kwt.py lässt von LLaVA für jedes Foto eine Überschrift erzeugen, wie sie auch in einer Tageszeitung stehen könnte, außerdem eine Bildbeschreibung und 15 Stichworte. Diese speichert das Skript in verschiedenen Feldern der Exif-Metadaten, sodass sie von möglichst vielen Bilderprogrammen gefunden werden, wobei die Bildqualität unangetastet bleibt.

Darüber hinaus wird jedes Foto in einem der Exif-Felder mit dem Namen und der Version des LLM gekennzeichnet. Das dient vor allem dazu festzustellen, dass dieses Bild bereits verarbeitet wurde und nicht noch einmal verschlagwortet werden muss. kwt überspringt solche Fotos normalerweise kommentarlos.

Mit dem Parameter `-f` oder `--force` können Sie eine erneute Verarbeitung aber erzwingen. Das kann notwendig werden, wenn die ursprüngliche Verschlagwortung mit einer Art Fieberkoma der KI geendet hat, weshalb sie gar keine Stichworte erzeugt hat. Den Namen des LLM trägt das Skript trotzdem in jedem Fall ein, um zu verhindern, dass die Verschlagwortung einer ganzen Bildersammlung immer wieder beim selben Foto abbricht.

Sollte die erneute Verschlagwortung der Datei mit dem Parameter `-f` wieder kein Ergebnis bringen – der Standard-

Timeout sind 1800 Sekunden, also eine halbe Stunde –, können Sie mit dem Parameter `-kw` gefolgt von der Anzahl weniger Stichworte anfragen – Standard sind 15. Manchmal genügt eine andere Anzahl, um der KI doch noch eine Antwort abzurufen.

Und täglich ...

Der Clou an kwt.py ist, dass das Skript bei jedem Bild neu prüft, welche Ollama-Container gerade erreichbar sind. So können Sie das Skript zeitgesteuert jeden Tag aufrufen lassen, um neu hinzugefügte Bilder auf dem NAS zu verschlagworten. Indem Sie mit dem Parameter `-o` die IP-Adresse Ihres Arbeits- oder Gaming-PCs vor der lokalen Adresse des Ollama-Containers auf dem NAS nennen, versucht kwt.py auf dem NAS zunächst, den PC zu erreichen. Nur wenn das nicht klappt, nutzt es die vergleichsweise langsame CPU des NAS für die Verschlagwortung.

Für zeitgesteuerte Abläufe auf dem NAS ist Cron zuständig, das Sie zunächst über das Terminal im Ollama-Container des NAS installieren müssen:

```
apt-get -y install cron
```

Damit kwt.py täglich mit den erforderlichen Parametern aufgerufen wird, legen Sie am besten ein Shell-Skript dafür an:

```
cat > /etc/cron.daily/kwt <<EOF
#!/bin/sh
/usr/bin/python3 /root/kwt.py ↵
↳-o 192.168.178.35:11434 ↵
↳-o 127.0.0.1:11434 -op ↵
↳/volume1/public/Fotos
EOF
chmod a+x /etc/cron.daily/kwt
```

Die IP-Adresse Ihres PCs müssen Sie ebenso anpassen wie das Verzeichnis, in dem Sie Ihr Fotoarchiv eingebunden haben.

Landet nun etwa nach dem Urlaub eine große Menge neuer Fotos auf Ihrem NAS, müssen Sie lediglich Ihren PC einschalten und mit dem Befehl `docker start ollama` den Container wieder starten, um die Verschlagwortung Ihrer Bilder drastisch zu beschleunigen. (mid@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Ramon Wartala, *Apropos, Lokale KI verschlagwortet Fotosammlung auf NAS*, c't 10/2024, S. 150

Python-Skript, Werkzeuge, Dokumentationen: ct.de/y1nb

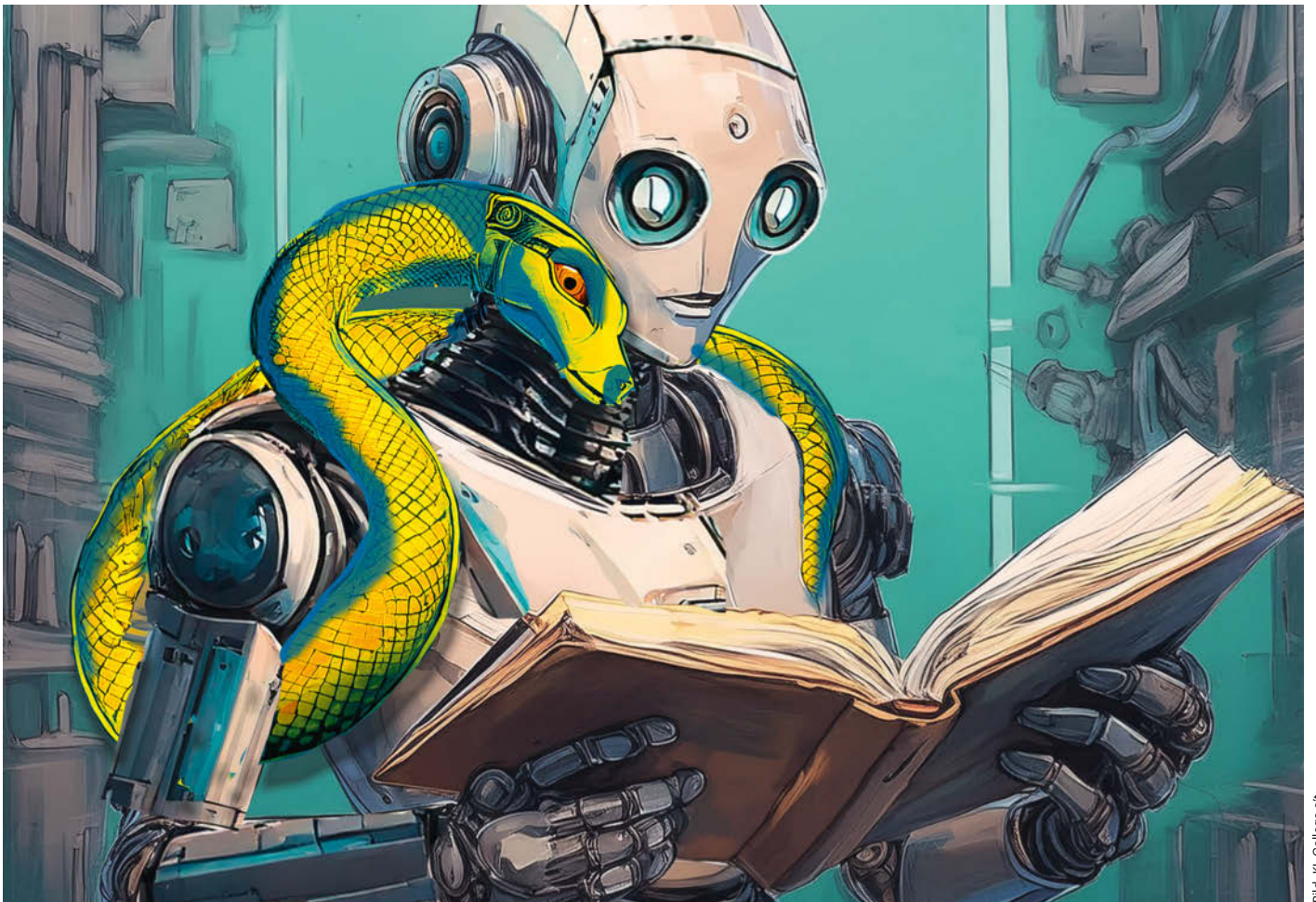


Bild: KI, Collage ct

Aufgeschlaut

Multimodale KI in Python befragen

Künstliche Intelligenzen können längst nicht nur chatten, multimodale Modelle können auch Bilder analysieren und Fragen dazu beantworten. Wir zeigen, wie Sie ein solches KI-Modell in Ihr eigenes Python-Skript integrieren und damit Metadaten für Ihre Fotosammlung erzeugen.

Von Mirko Dölle

Ein bestimmtes Urlaubsfoto zu finden, ist bei der Menge an Bildern, die man mit dem Smartphone schießt, ziemlich schwierig. Man müsste sie sich zumindest in einer Übersicht ansehen. Diese Aufgabe kann heute ein entsprechend trainiertes

KI-Modell übernehmen, das jedes Bild einzeln analysiert und eine Bildbeschreibung nebst Stichworten liefert. Die Vermittlung zwischen Bildersammlung und KI-Modell übernimmt ein Python-Skript, indem es die Bilder der KI vorlegt und die zurückgelieferten Daten in die Metadaten des Bilds einpflegt.

KI-Systeme, die Bilder oder andere Medientypen verarbeiten können, bezeichnet man als multimodale Large Language Models (LLMs). Wie Sie ein solches auf Ihrem Rechner oder NAS in einem Docker-Container installieren, der das generische Ollama-Framework für LLMs enthält, beschreibt der Artikel auf Seite 144. Kontakt zum LLM erhalten Sie per HTTP-Client über das API, das standard-

mäßig auf Port 11434 auf Verbindungen lauscht.

Strikt getrennt

Um das API des Ollama-Containers anzusprechen, verwenden wir die Python-Bibliothek langchain-ollama. Um nicht den Standardbibliotheken ins Gehege zu kommen, brauchen Sie für Ihr Skript eine virtuelle Python-Umgebung. Wie Sie die Virtuelle Python-Umgebung anlegen und aktivieren, ist im Artikel auf Seite 144 beschrieben. Hat das geklappt, steht am Anfang Ihres Shell-Prompts nun „(kwt)“.

Von jetzt an läuft der Python-Interpreter in der virtuellen Umgebung,

abgekoppelt von den Standardbibliotheken Ihres Systems. Installieren Sie Bibliotheken per pip oder pip3 nach, so wirkt sich das

nur noch auf die virtuelle Umgebung aus. Der Befehl, um die in diesem Artikel verwendeten Bibliotheken zu installieren, lautet:

```
pip3 install pillow pyexiftool  
langchain-ollama \
```



Kontakt zur KI

Beginnen Sie damit, die Ollama-Instanz nebst Prompt anzulegen:

```
import sys
from langchain_ollama import OllamaLLM
llm_inst = OllamaLLM(
    model='llava:v1.6',
    base_url=sys.argv[1],
    temperature=0)
prompt = "Create headline for image."
```

In den Parametern der OllamaLLM-Instanz geben Sie mit `model` das zu befragende Modell an – in diesem Fall LLaVA v1.6, das Sie zuvor im Container wie ab Seite 144 beschrieben installiert haben sollten. Die URL des Ollama-API liest das Python-Skript beim Aufruf aus dem ersten Kommandozeilenparameter (`sys.argv[1]`), etwa „http://127.0.0.1:11434“ für einen lokalen Ollama-Container. Mit dem Parameter `temperature` legen Sie sinngemäß den Grad des Fieberwahns des KI-Modells fest. Je höher der Wert, desto kreativer oder abstruser wird die Antwort.

Beim Prompt, also der Frage, die das Skript der KI stellt, sind der Kreativität keine Grenzen gesetzt und es gibt viel Raum für Optimierungen: Ein ausgefeiltes Prompt mit der richtigen Betonung, welche Details wichtig sind und aus welcher Sicht die Beschreibung erfolgen soll, kann die Ergebnisse wesentlich verbessern. So erhalten Sie ein anderes Ergebnis, wenn Sie das Modell mit der Angabe „Your role is a newspaper editor:“ am Anfang des Prompts in die Lage eines Zeitungsredakteurs versetzen, als wenn Sie die KI mit „Your role is a photographer:“ das Bild aus dem Blickwinkel eines Fotografen beschreiben lassen.

Im nächsten Schritt müssen Sie das zu untersuchende Bild öffnen. Dazu benötigen Sie die Python Imaging Library, kurz PIL oder „pillow“ genannt. Mit den folgenden Zeilen laden Sie das Bild, das Sie beim Aufruf des Skripts als zweiten Kommandozeilenparameter angeben:

```
from PIL import Image
image = Image.open(sys.argv[2])
```

Wichtig: `Image.open()` lädt das Bild so, wie es von der Kamera oder dem Smartphone gespeichert wurde. Das bedeutet in so gut wie allen Fällen ein Querformat-Foto, selbst dann, wenn Sie mit dem Smartphone ein Hochformat aufgenommen haben. Die

Ausrichtung der Kamera ist lediglich in einem Feld der Exif-Metadaten des Fotos hinterlegt. Berücksichtigen Sie das nicht, übermitteln Sie auf der Seite oder auf dem Kopf stehende Bilder an LLaVA – was mitunter abstruse Beschreibungen hervorruft. Mit der Funktion `ImageOps.exif_transpose()` drehen Sie deshalb das Bild gemäß der Angaben in den Metadaten:

```
from PIL import ImageOps
ImageOps.exif_transpose(image,
    in_place=True)
```

Mit dem Parameter `in_place=True` wird das Originalbild ersetzt, andernfalls würde die Funktion das gedrehte Bild als Rückgabewert liefern.

Ob und welche weiteren Schritte erforderlich sind, hängt von dem installierten LLM ab. Eine Neuerung bei der Version 1.6 von LLaVA (Large Language and Vision Assistant) ist, die Trainingsauflösung auf 672×672 , 336×1344 und 1344×336 Pixel zu erhöhen. Solche Angaben findet man häufig in den Change Logs oder Release Notes. Mit Bildern dieser Größe sollte LLaVA v1.6 die besten Ergebnisse liefern – deutlich höhere Auflösungen können die KI schnell fantasieren lassen.

Hoch aufgelöste Bilder auf eine der Trainingsgrößen herunterzukalieren, verbessert also potenziell die Ergebnisse. Außerdem sinken dadurch die Verarbeitungszeit, der Speicherbedarf und nicht zuletzt das Datentransfervolumen. Letzteres ist vor allem dann interessant, wenn Sie das Python-Skript etwa auf Ihrem NAS betreiben, wo Sie Ihre Fotos sammeln, den Ollama-Container aber auf Ihrem Arbeits- oder Gaming-PC betreiben, wo er von der Grafikkartenunterstützung profitiert.

Sparprogramm

Indem Sie lediglich Thumbnails der Originalfotos über das Netzwerk schicken, reduzieren Sie die Netzwerkauslastung gegenüber dem Fall, dass Sie die Fotosammlung des NAS auf dem PC einbinden und komplett dort verarbeiten. Dann müssten sich sämtliche Originalfotos gleich zweimal durchs Netzwerk quälen, einmal für die Vorschlagwortung und noch einmal, wenn das Python-Skript das um Beschreibung und Stichworten erweiterte Bild auf dem NAS speichert.

Wichtig für die Skalierung ist auch, dass Sie das Seitenverhältnis des Bilds beibehalten. Andernfalls wird LLaVA Kreise

c't kompakt

- Verschiedenste KI-Modelle lassen sich per HTTP über das API von Ollama-Containern einheitlich ansprechen.
- Gelegentlich fallen Modelle in eine Art Fieberkoma und blockieren die Verarbeitung, weshalb ein Watchdog notwendig wird.
- Die ExifTool-Bibliothek in Python erlaubt, Metadaten zu ergänzen, ohne durch erneute Kompression die Qualität von JPEG-Bildern anzutasten.

oder auch Bälle nicht als solche erkennen. Eine Funktion, die das leistet, ist `Image.thumbnail()`:

```
image.thumbnail((672, 672))
```

Dabei wird das im Speicher befindliche Originalbild verkleinert, also keine Kopie angelegt. Das Ergebnis ist ein verkleinertes Bild mit demselben Seitenverhältnis wie zuvor, jedoch einer maximalen Breite oder Höhe von 672 Pixeln. Alternativen sind `ImageOps.cover()` und `ImageOps.fit()`, die verkleinerte Bildausschnitte mit korrektem Seitenverhältnis in der gewünschten Auflösung liefern. Letztere ist besonders für Detail- oder Portraitfotos interessant, da hier das Zentrum des Bilds erhalten bleibt und etwaige Gegenstände am Rand gar nicht von der KI berücksichtigt werden. Im Unterschied zu `Image.thumbnail()` verändern die beiden Funktionen aus `ImageOps` nicht das Ursprungsbild, sondern liefern das verkleinerte Bild als Rückgabewert. Der korrekte Aufruf lautet also:

```
image = ImageOps.fit(image,
    (672, 672))
```

Um das Bild per Web-API zu übertragen, müssen Sie es noch ins Base64-Format übersetzen. Das erledigt folgende Funktion:

```
import base64
from io import BytesIO

def convert2Base64(image):
    buffered = BytesIO()
    rgb_im = image.convert('RGB')
```

```

rgb_im.save(buffered,
            format="JPEG")
img_str = base64.b64encode(
    buffered.getvalue()).«
    »decode("utf-8")
return img_str

```

Dabei stellt `image.convert()` sicher, dass das Foto in den RGB-Farbraum konvertiert wird – denn für HDR-Aufnahmen sind LLaVA und praktisch alle anderen Modelle nicht trainiert. Anschließend wird das Bild im Puffer `buffered` zwischengespeichert, bevor die Kodierung in einen Base64-formatierten String stattfindet.

Die nachfolgenden Zeilen konvertieren das Foto und fügen es der Ollama-Instanz hinzu. Die letzte Zeile überträgt die komplette Anfrage per Web-API zum Ollama-Container und spuckt die Antwort unmittelbar aus:

```

image_b64 = convert2Base64(image)
llm_context = llm_inst.bind(
    images=[image_b64])
print (llm_context.invoke(prompt))

```

Wie lange es bis zu einer Antwort dauert, hängt stark von dem verwendeten Modell und der verfügbaren Rechenleistung ab. Auf Systemen, auf denen Ollama auf Grafikkartenunterstützung zurückgreifen kann, sollten nur wenige Sekunden vergehen. Betreibt man Ollama hingegen auf dem heimischen NAS, warten Sie durchaus 15 und mehr Minuten.

KI im Fieberkoma

Mitunter verfällt die KI aber auch in eine Art Fieberkoma, bei der die CPU respektive die GPU voll ausgelastet ist, es aber auch nach Stunden kein Ergebnis gibt. Ein Timeout lässt sich jedoch nicht definieren, die Verschlagwortung blockiert. Sie sollten deshalb für alle LLM-Anfragen eine Notabschaltung vorsehen. So verhindern Sie, irgendwann feststellen zu müssen, dass die KI sinnlos Strom zum Träumen verschwendet.

Wir haben uns für eine Notabschaltung entschieden, bei der die Ollama-Anfrage in eine Funktion ausgelagert ist, die als Hintergrund-Thread läuft und von einem Watchdog überwacht wird. Ein minimalistisches, aber vollständiges Skript finden Sie im Listing rechts.

Neu sind die Funktion `llmInvoke()` sowie die Thread-Steuerung und der Watchdog im letzten Code-Block: Der

Watchdog überprüft über die Thread-Funktion `is_alive()` immer wieder, ob der zuvor gestartete Hintergrund-Thread `llm_thread` noch läuft und damit noch immer auf ein Ergebnis wartet. Nach Ablauf von `llm_timeout` Sekunden tötet er den mutmaßlich fiebernden Thread per `signal.thread_kill()` und damit auch das Skript, sodass die Verbindung zum LLM ebenfalls unterbrochen wird und die KI die Anfrage verwirft. Apropos: Wir haben Ihnen das vollständige Skript auf ct.de/y9ey zum Download bereitgestellt, Sie müssen es also nicht abtippen.

Eine Frage der Frage

Ob eine Anfrage zu einem Fieberkoma führt oder nicht, scheint maßgeblich vom verwendeten Prompt abzuhängen: In unseren Tests antwortete LLaVA vor allem

dann nicht mehr, wenn wir „Keywords“ verlangten und diese in der Ausgabe durch Kommas getrennt werden sollten. Mit dem Prompt

```

Your role is a photographer. Find 15 ↵
↳single keywords describing the image.

```

bekamen wir in unseren Testläufen stets eine Antwort. Eine zuverlässige Lösung ist dies aber nicht, weshalb Sie in jedem Fall die Notabschaltung per Watchdog vorsehen sollten. Ein weiterer Nachteil des von uns gewählten Prompts ist, dass die Antwort aufwendiger aufbereitet werden muss, als wenn es sich um eine mit Komma getrennte Liste handelt. Denn LLaVA antwortet nun mit Keywords in einzelnen Zeilen, die noch dazu durchnummeriert sind, hier ein Auszug:

```

import sys
import signal
import base64
from io import BytesIO
from PIL import Image, ImageOps
from langchain_ollama import OllamaLLM
from threading import Thread
from time import time, sleep

def convert2Base64(image):
    buffered = BytesIO()
    rgb_im = image.convert('RGB')
    rgb_im.save(buffered, format="JPEG")
    img_str = base64.b64encode(buffered.getvalue()).decode("utf-8")
    return img_str

def llmInvoke(ctx, prompt):
    global llm_result
    llm_result = None
    llm_result = ctx.invoke(prompt)

llm_timeout = 1800.0
llm_thread = None
llm_result = None
llm_inst = OllamaLLM(model='llava:v1.6', base_url=sys.argv[1], temperature=0)
prompt = "list keywords describing the image, separated by comma."

image = Image.open(sys.argv[2])
ImageOps.exif_transpose(image, in_place=True)
image.thumbnail((672, 672))
image_b64 = convert2Base64(image)

llm_context = llm_inst.bind(images=[image_b64])
llm_thread = Thread(target=llmInvoke, args=[llm_context, prompt])
llm_start = time()
llm_thread.start()
while llm_thread.is_alive():
    sleep(1)
    if time() - llm_start > llm_timeout:
        signal.thread_kill(llm_thread.ident, signal.SIGKILL)
print(llm_result)

```

Manchmal verfällt die KI in eine Art Fieberkoma und liefert auch nach Stunden noch kein Ergebnis. Indem die LLM-Anfrage in einen Hintergrund-Thread ausgelagert und per Watchdog nach gewisser Zeit getötet wird, verhindern Sie eine dauerhafte Blockade.

1. Interior
2. Table
3. Chairs
4. Display case

Um daraus eine Liste von Stichworten zu extrahieren, muss Python jede Zeile als einzelnes Element behandeln und noch dazu die Nummerierung am Anfang jeder Zeile entfernen:

```
keywords = llm_result.splitlines()
keywords = [k.lstrip('0123456789. ') ↵
            ↵for k in keywords]
```

Gut untergebracht

Damit haben Sie in `keywords[]` nun eine Liste der von LLaVA zurückgelieferten Stichworte und es ist an der Zeit, diese als Metadaten dem Bild hinzuzufügen. Die Frage ist nur, in welchem Feld der Exif-Daten. Keywords sind nur in den IPTC- (International Press Telecommunications Council) oder XMP-Erweiterungen (Extensible Metadata Platform) der Metadaten vorgesehen – und es hängt vom verwendeten Programm ab, welche Felder es anzeigt.

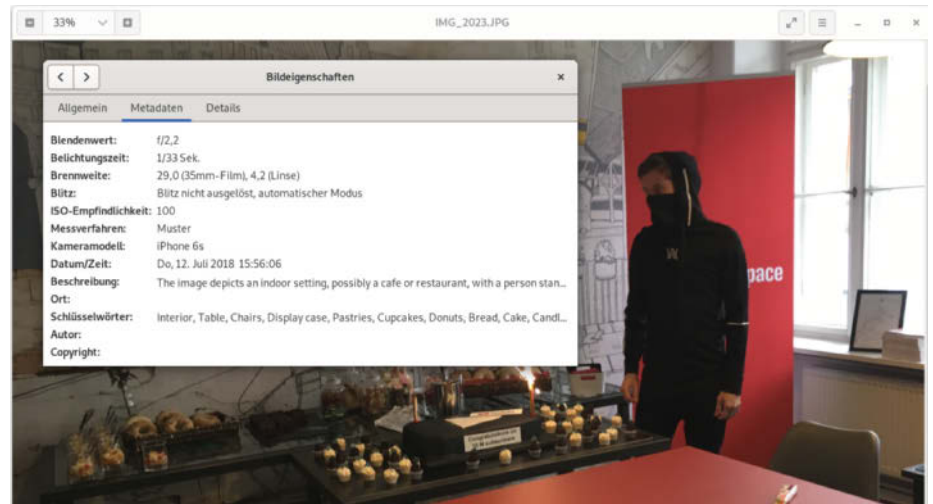
Deshalb sollten Sie die Keyword-Liste am besten gleich zweifach speichern – einmal unter „IPTC:Keywords“ und einmal unter „XMP-dc:Subject“. Dafür empfehlen wir, das Programm ExifTool nebst seiner Python-Bibliothek, wie auf Seite 144 beschrieben, zu installieren. Anschließend können Sie die Metadaten speichern – und zwar ohne dass es Einbußen bei der Bildqualität gibt:

```
from exiftool import ExifToolHelper
with ExifToolHelper() as et:
    et.set_tags(sys.argv[2], tags = {
        "IPTC:Keywords": keywords,
        "XMP-dc:Subject": keywords})
```

Prompt geliefert

Die LLMs liefern nicht nur Stichwörter, sondern sind auch in der Lage, eine Titelseite und eine kurze Bildbeschreibung zu verfassen.

Auch dafür gibt es mehrere Möglichkeiten, sie zu speichern. Je nach Software werden für den Titel die Felder „IPTC:Headline“, „EXIF:ImageDescription“ oder „XMP-dc:Title“ verwendet; für die Beschreibung stehen „IPTC:Caption-Abstract“, „EXIF:UserComment“ und „XMP-dc:Description“ zur Verfügung.



Welche Felder der Exif-Metadaten benutzt werden, hängt von der jeweiligen Anwendung ab. Deshalb sollten die von der KI erzeugten in allen relevanten Feldern parallel gespeichert werden.

Fotos markieren

Außerdem sollten Sie das Feld „IPTC:Writer-Editor“ dazu benutzen, den Namen und die Versionsnummer des verwendeten LLM zu speichern. Denn es ist ohnehin für den Namen des Verfassers der Textinhalte vorgesehen. Gleichzeitig lässt sich anhand des Felds feststellen, dass das betreffende Foto bereits von LLaVA verarbeitet wurde und nicht noch einmal verschlagwortet werden muss. Dieser Hinweis ist besonders wertvoll bei Fotos, bei denen LLaVA ins Fieberkoma gefallen ist, weshalb Sie dieses Feld in jedem Fall setzen sollten, bevor der fiebernde Prozess und damit das Python-Skript gekillt wird.

Dazu ist es sinnvoll, die Metadaten in einer Funktion setzen zu lassen, die der Watchdog jederzeit mit den bisher ermittelten Metadaten aufrufen kann:

```
def writeMetaData(filename,
                  headline, abstract, keywords):
    global OLLAMA_MODEL, ET_PARAMS
    with ExifToolHelper() as et:
        et.set_tags(filename,
                    tags = {
                        "IPTC:Writer-Editor": OLLAMA_MODEL,
                        "IPTC:Headline": headline,
                        "EXIF:ImageDescription": headline,
                        "XMP-dc:Title": headline,
                        "IPTC:Caption-Abstract": abstract,
                        "EXIF:UserComment": abstract,
                        "XMP-dc:Description": abstract,
                        "IPTC:Keywords": keywords,
                        "XMP-dc:Subject": keywords
                    }, params=ET_PARAMS
                )
    return
```

Der Watchdog muss dafür geringfügig modifiziert werden, hier der Code für den Fall, dass die Zusammenfassung ins Fieberkoma führt:

```
while llm_thread.is_alive():
    sleep(1)
    if time()-llm_start > llm_timeout:
        break
if llm_thread.is_alive():
    writeMetaData(filename,
                  headline, "", [])
    signal.pthread_kill(
        llm_thread.ident,
        signal.SIGKILL)
abstract = llm_result.strip()
```

Einen ausführlichen Artikel, wie Sie mit dem Argument Parser in Python selbst komplexe Kommandozeilenparameter mit wenigen Zeilen Code verarbeiten, finden Sie in [1].

Reif für den Dauereinsatz

Das vollständige Skript `kwt.py`, das Sie unter `ct.de/y9ey` zum Download finden, nimmt eine Reihe weiterer Kommandozeilenparameter entgegen, die Sie mit dem Aufruf `python3 kwt.py -h` abrufen können. Wie Sie es anwenden und Ihre Fotosammlung automatisch verschlagworten, beschreibt der Artikel auf Seite 144. (mid@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Mirko Dölle, Apropos Turbo, Automatische Foto-Vorschlagwortung mit Grafikkartenunterstützung beschleunigen, c't 05/2025, S. 144

Listings zum Download: ct.de/y9ey



Wegbeschreibung zum Anfassen

Wie Sie taktile Karten erstellen, bearbeiten und in 3D ausdrucken

Tastbare Karten helfen Menschen mit Sehbehinderung, sich in einer neuen Umgebung zu rechtzufinden. Wir zeigen, wie Sie solche Karten mit TouchMapper entwerfen und mit Blender bearbeiten, um sie anschließend in 3D zu drucken.

Von Greta Friedrich

Oft steht in Innenstädten ein 3D-Modell der Stadt, an dem Menschen mit und ohne Sehbehinderung einen taktilen Eindruck ihrer Umgebung bekommen. Ein ähnliches Modell eines kleineren Ausschnitts kann nützlich sein, damit sich Neuankömmlinge auf einem Gelände zu-

rechtfinden, zum Beispiel auf einem Uni-Campus oder einem Klinikareal. Auch eine ertastbare Wegbeschreibung ist denkbar, wie in unserem Beispiel.

Das quelloffene Onlinewerkzeug TouchMapper verspricht, man könne damit ganz einfach taktile Karten von beliebigen Adressen erstellen. Dazu wählt man einen Kartenausschnitt rund um eine Adresse und kann dann kostenpflichtig ein kleines, 3D-gedrucktes Modell bestellen oder es ohne Extrakosten und ohne Angabe persönlicher Daten selbst drucken. Das Modell berücksichtigt keine Höhenunterschiede, es bildet nur die Straßenkarte ab.

Um die Arbeitsschritte von der Adressauswahl bis zur fertigen, angepas-

ten 3D-Karte durchzuspielen, haben wir uns folgendes Szenario überlegt: Wir wollen einer Person mit Sehbehinderung dabei helfen, das Heise-Verlagsgebäude in Hannover zu besuchen, und ihr dazu den Weg von der nächstgelegenen Stadtbahnstation „Medizinische Hochschule“ zum Eingang weisen. Zwischen Start und Ziel liegen nur 200 Meter Luftlinie, aber Hindernisse wie ein Parkplatz, eine vierspurige Straße und ein Radweg, der parallel zum Fußweg verläuft. Um das TouchMapper-Modell zu bearbeiten, nutzen wir die kostenlose und quelloffene 3D-Modelliersoftware Blender.

Überladene Karte

Zunächst fragten wir beim Landesbildungszentrum für Blinde (LBZB) in Hannover nach, ob die taktilen Karten von TouchMapper tatsächlich hilfreich für

Menschen mit Sehbehinderung sind. Der Praxistest dort ergab: jein. Zwar seien „die Gebäude haptisch gut erfahrbar“, freut sich Claas

Proske, Leiter des Bereichs Koordination der Diagnostik des Funktionalen Sehens und Hilfsmittelberatung beim LBZB. Doch idealerweise müsste man die Karte vor dem Drucken bearbeiten. Denn sie bildet neben den Gebäuden einfach alle Wege ab, die auf der OpenStreetMap-Karte sichtbar sind: „Radwege lassen sich zum



ct kompakt

- Mit dem Onlinewerkzeug TouchMapper erstellen Sie kostenlos 3D-Straßenkarten.
- Laden Sie die Karte herunter, um sie zu bearbeiten und in 3D zu drucken.
- Mithilfe des 3D-Modells orientieren sich Menschen mit Sehbehinderung in einer neuen Umgebung.

Beispiel von Fußwegen oder kleinen Straßen taktil nicht unterscheiden, da beide die gleiche Linienstärke haben und gleichermaßen erhaben dargestellt werden“, kritisiert Proske.

Besonders irritierend seien Straßenzüge mit sehr vielen Verkehrswegen, beispielsweise mit Fuß- und Radweg, mehrspuriger Straße sowie Straßenbahnschienen, die alle mit jeweils einer Linie abgebildet werden. So eine Umgebung „lässt sich haptisch kaum erkunden, da die Fülle der Linien sehr irreführend ist“. Auf kleinem Raum könne man die Linien kaum unterscheiden. Damit Menschen mit Blindheit sich Wegführungen schon vor einem realen Besuch vorstellen können, müsste man unwesentliche Informationen im Modell deutlich reduzieren, erklärt Proske.

Leider gibt es bei TouchMapper keine Möglichkeit, einzelne Wegtypen auszublenken, zum Beispiel Radwege. Auf Nachfrage verriet uns die Entwicklerin Sofia Pahaoja, dass sie zwar keine solche Funktion für ihr Tool plane, man aber statt der druckfertigen STL- auch eine Blender-Datei herunterladen und diese vor dem Druck nach den eigenen Wünschen umarbeiten könne. Im Folgenden zeigen wir Ihnen die Arbeitsschritte von der Adressauswahl bis zur fertigen, angepassten 3D-Karte.

TouchMapper zapft OpenStreetMap an

Öffnen Sie zunächst die Website touchmapper.org und wählen auf Wunsch ganz oben auf der Seite als Sprache „Deutsch“ aus. Die Übersetzung ist allerdings nicht immer gelungen. Geben Sie die Zielanschrift im Textfeld „Adresse“ ein und klicken auf „Suchen“. TouchMapper zeigt daraufhin einen quadratischen Ausschnitt von OpenStreetMap mit der gesuchten Adresse in der Mitte (pinkes Kreuz). Später

auf der 3D-Karte symbolisiert ein kleiner Kegelstumpf diese Zieladresse.

Sie können nun einfach die Standard-einstellungen übernehmen und gegebenenfalls den Kartenausschnitt verschieben. Oder Sie verfeinern die Vorgaben für Ihre Karte in den Auswahl- und Ausklappmenüs oberhalb der Vorschau. Oben bei „Adresse“ können Sie den Ort präzisieren, wenn für eine Anschrift mehrere Orte in OpenStreetMap eingetragen sind. Das ist zum Beispiel beim hannoverschen Hauptbahnhof der Fall, wo sich Bahnhof, Burger King und Bundespolizei dieselbe Adresse teilen.

Fein-Tuning möglich

Unterhalb davon wählen Sie die Drucktechnik (3D-Druck oder Präge-/Quellpapier), die Größe Ihres Drucks (20 oder 17 Zentimeter Seitenlänge) und die Skalierung der Karte. Hier gibt es neun Möglichkeiten von 1 : 1000 bis 1 : 9999. Meist steht daneben, wofür sich die Skalierung eignet, zum Beispiel für dicht bebaute Städte oder einzelne Gebäude. Wenn Sie keine Gebäude abbilden wollen, setzen Sie außerdem den Haken bei „Content: Hide buildings“.

Weitere Einstellungen aktivieren Sie, indem Sie den Haken bei „Erweitert“ setzen. Der Zusatz „verbirgt auch die Standortmarkierung“ hatte in unserem Test keine Auswirkungen: Sowohl in der Vorschau als auch später in der Blender-Datei war bei uns der kegelförmige Ortsmarker weiterhin vorhanden. Die genauen Koordinaten dafür können Sie in den erweiterten Einstellungen ändern, falls die Adresse nicht genau genug ist.

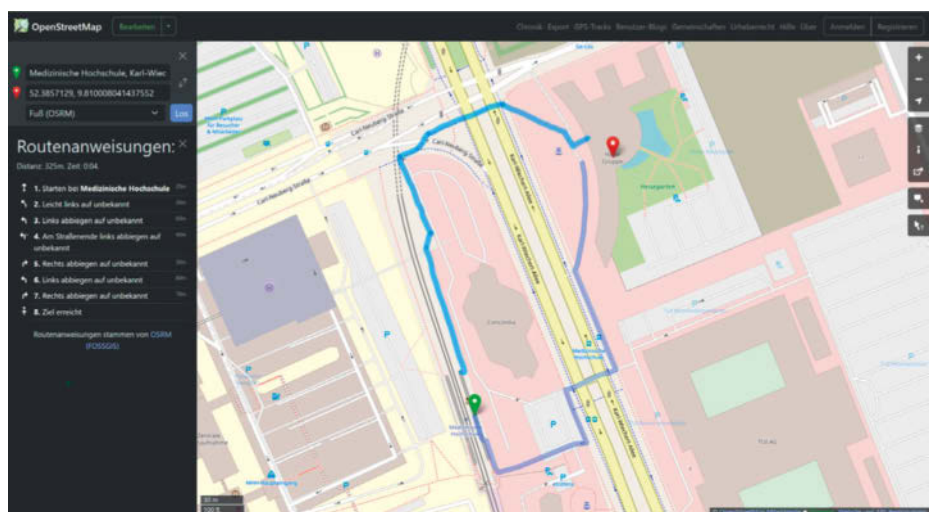
Auch den Kartenausschnitt passen Sie hier an („Gebiet anpassen“), indem Sie die Verschiebung in X- und Y-Richtung von der aktuellen Ansicht angeben. Geht es nur um Nuancen, verschieben Sie den Ausschnitt lieber einfach mit der Maus. Darüber hinaus dürfen Sie in den erweiterten Einstellungen eine individuelle Druckgröße und Skalierung wählen, wenn Sie wissen, was Ihr Drucker draufhat.

Interessant ist die Möglichkeit, eine mehrteilige Karte zu entwerfen. Auf diese Weise könnte man mit einem Drucker, der nur kleine Teile fertigen kann, auch größere Areale detailliert abbilden. Dies haben wir jedoch nicht ausprobiert.

Karte als Datei herunterladen

Sind Sie zufrieden mit Ihren Einstellungen, klicken Sie auf „Taktile Karte erstellen“. Das Werkzeug röhrt ein paar Sekunden lang und zeigt dann eine Vorschau des 3D-Modells sowie drei Auswahlmöglichkeiten: Sie können die Karte kostenpflichtig über den Dienst HeKeyTech bestellen und drucken lassen (während unserer Testphase war dessen Website allerdings im Wartungsmodus), sie als STL-Datei herunterladen oder sich den Link zu dieser Auswahlseite per Mail schicken lassen.

Um die TouchMapper-Karte in Blender weiterzubearbeiten, klicken Sie per Rechtsklick auf die Schaltfläche „STL-Datei zum Ausdrucken herunterladen“, kopieren den Link und fügen ihn in einem neuen Browser-Tab ein. Ändern Sie in der Adresszeile die Dateiendung von „.stl“ zu „.blend“ und drücken Sie Enter, um Ihre Karte als Blender-Datei herunterzuladen.



Je nachdem, welche Route man wählt, liegen zwischen der Stadtbahnstation und dem Verlagsgebäude eine komplexe Kreuzung (oben) oder eine vierspurige Straße und ein Parkplatz (unten).

Überblick verschaffen in Blender

Mit der kostenlosen 3D-Grafiksoftware Blender können Sie die Datei nun öffnen und Ihre Karte bearbeiten. Blender ist eine sehr mächtige Software mit enorm vielen Möglichkeiten. Wir beschränken uns hier auf wenige Schritte, die auch für Einsteiger schnell erlernbar und bei der Erstellung einer Karte nützlich sind. Einerseits wollen wir Teile der Karte löschen, um die Informationsfülle zu reduzieren. Wir lassen beispielsweise Wege auf Privatgeländen und kleine, unwegsame Pfade weg. Andererseits wollen wir Teile der Karte hervorheben, um eine konkrete Route zu verdeutlichen und darauf Fuß- von Radwegen zu unterscheiden.

Wer wenig oder keine Erfahrung mit 3D-Grafik-Werkzeugen hat, sollte sich etwas Zeit nehmen, um sich an die Steuerung von Blender zu gewöhnen. Insbesondere um die Ansicht gezielt zu verändern und zu zoomen, muss man ein bisschen herumprobieren. Dabei helfen vor allem das Mausrad (Zoom), das Koordinatenkreuz in der rechten oberen Ecke, das man anfassen und drehen kann (Ansicht verändern), und auch das Plussymbol (Zoom) und das Handsymbol darunter (Ansicht verschieben). Letztere hält man mit gedrückter linker Maustaste fest und bewegt dann die Maus, um die Funktion zu nutzen. Einsteigervideos und den Download-Link der Software finden Sie über ct.de/y48g.

Verschaffen Sie sich nach dem Öffnen zunächst einen Überblick über die Grafik. Die Objekttypen aus OpenStreetMap sind in mehrere Blöcke sortiert, zum Beispiel „CarRoads“, „PedestrianRoads“ und „Rails“. Sie finden diese Blöcke im Kasten oben rechts. Klicken Sie auf einen Block, markiert Blender die zugehörigen Teile auf der Karte.

Manchmal stimmt die Zuordnung nicht mit der Realität überein, bei uns war zum Beispiel ein Bahnsteig als Straße gekennzeichnet und Teile einer Straße als Fußweg. Das kann stören, weil Fuß- und Radwege im 3D-Modell von TouchMapper eigentlich über den größeren Straßen erhaben dargestellt sind. Ist die Zuordnung vertauscht, kommen Personen bei der haptischen Erkundung durcheinander und könnten eine Straße für einen Fußweg halten. Versierte Blender-Anwender können solche Fehler vor dem Druck beheben.

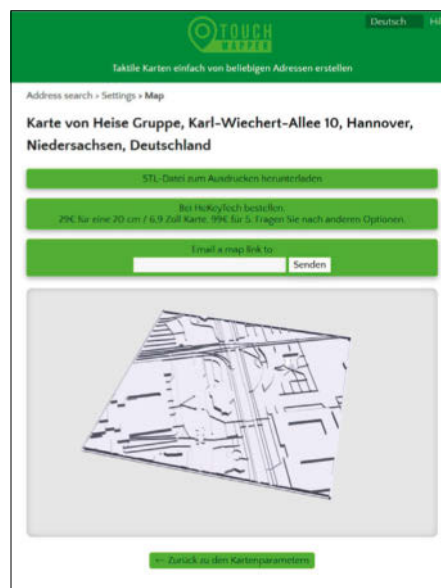
Flächen markieren

Trotz einzelner Zuordnungsfehler vereinfachen die Blöcke das Löschen oder auch

Verschieben mehrerer Teile zugleich. So könnten Sie zum Beispiel auf einen Schlag alle Wasserflächen oder Schienen entfernen, wenn die nicht wichtig für Ihre Karte sind. Klicken Sie dafür einfach auf den jeweiligen Block, prüfen die markierten Bereiche, damit Sie nicht aus Versehen zu viel löschen, und drücken dann die Entf-Taste (oder wählen Sie „Löschen“ im Kontextmenü).

Um Bereiche der Karte gezielter zu bearbeiten, wechseln Sie in den Bearbeitungsmodus (voreingestellt ist der Objektmodus). Wählen Sie dazu oben rechts den gewünschten Block aus und anschließend im Aufklappenmenü unten links den Bearbeitungsmodus. Nun können Sie einzelne Flächen auswählen, indem Sie mit gedrückter Strg-Taste nacheinander auf die Eckpunkte einer Fläche klicken, bis diese orange markiert wird. Alternativ wechseln Sie unten links von der voreingestellten „Knotenauswahl“ in den Modus „Flächenauswahl“, um Flächen per Klick zu markieren.

Wir haben auf diese Weise zunächst einige Wege und Straßen abseits unserer Wegführung markiert und dann gelöscht, um die Informationsfülle zu reduzieren. Beim Löschen entstehen manchmal Löcher an der Seite eines Körpers, wenn zum Beispiel ein angrenzendes Straßenstück entfernt wurde. Um diese Löcher wieder mit einer Fläche zu füllen, markieren Sie



TouchMapper generiert ein 3D-Modell, das Sie anschließend herunterladen können. Eigentlich sollen Sie den Druck alternativ direkt bestellen können, doch die Website des Anbieters ist im Wartungsmodus.

die umliegenden Punkte mit gedrückter Strg-Taste und drücken anschließend die Taste F.

Flächen anheben

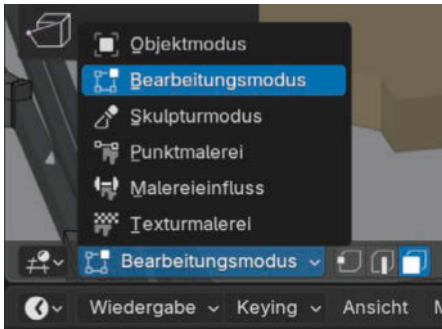
In unserem Beispiel wollten wir nun einen bestimmten Weg hervorheben, um Personen von der Bahnstation zur Eingangstür des heise-Verlags zu lotsen. Wir haben uns dafür entschieden, die entsprechenden Fußwege senkrecht zu extrudieren, also an ihrer Oberfläche zu „ziehen“, um das Objekt höher darzustellen. Dadurch sind die Fußwege auf der Route über anderen Fußwegen, Radwegen und Straßen erhaben. Um eine Fläche zu extrudieren, markieren Sie sie zunächst. Wählen Sie dann im Menü auf der linken Seite „Region extrudieren“ (oder drücken Sie E) und ziehen Sie den gelben Kreis mit Plussymbol senkrecht nach oben in die gewünschte Höhe.

Zunächst haben wir aber das heise-Gebäude extrudiert, damit es auf der Karte auffällt und seine charakteristische Form vorstellbar ist. Wie erwähnt kennzeichnet TouchMapper die gewählte Zieladresse mit einem kleinen Kegelstumpf auf dem Dach. Wer das nicht möchte, beispielsweise weil man die Erhebung auch als Gebäudemerkmale missverstehen könnte, der löscht den Körper einfach. Er ist in Blender als eigener Block „Selected-Address“ gekennzeichnet. In unserem Beispiel haben wir den Kegel verkleinert (skalieren mit gedrückter S-Taste), im Menü links „Verschieben“ ausgewählt und ihn auf den Weg vor die heise-Eingangstür gesetzt.

Route markieren

Dann begannen wir am Startpunkt unserer Route: Da die Bahnsteige bei uns als Straßen gekennzeichnet waren, haben wir sie zunächst auf das normale Fußwegniveau angehoben und dann pro Gleisseite einen kleinen Kegelstumpf als Startmarkierung daraufgesetzt (den Zielmarker vor dem heise-Gebäude auswählen, mit Umschalt-D duplizieren und an die gewünschte Stelle setzen). Wir haben die Bahnsteige niedriger gelassen als die Route, um den Einstiegspunkt deutlicher zu machen und den Bahnsteigbereich vom Fußweg zu unterscheiden.

Abschließend markierten wir die Fläche unserer Route von den Bahnsteigen bis zur heise-Tür. Wir berücksichtigten beide Bahnsteige als Ausgangspunkte und zwei mögliche Wege zum Verlag, denn je nachdem, ob man eher vorn oder hinten



Unten links wechseln Sie in Blender vom Objekt- in den Bearbeitungsmodus. Danach erscheinen rechts vom Aufklappmenü die Auswahloptionen für Knoten, Kanten und Flächen.

aus der Stadtbahn aussteigt, ist der Weg rechts herum oder links herum kürzer.

Um die Route zu markieren, zoomten wir nah an die Wege heran. Diese setzen sich aus mehreren Flächen zusammen. Wir markierten alle nach oben zeigenden Flächen, bis die gesamte Route orange gefärbt war. Dann extrudierten wir sie nach oben. Dabei ergab sich ein kleines Problem vor dem heise-Gebäude, wo wir ein für die Route irrelevantes Stück Fußweg nicht aus unserer Auswahl entfernen konnten und daher mit extrudiert haben. Das ist aber für das Modell nicht dramatisch.

Vorbereiten und drucken

Ihr eigenes Kartenprojekt exportieren Sie zum Schluss als STL-Datei, oben links unter „Datei/Exportieren“. Diese Datei öffnen Sie in einem Slicer Ihrer Wahl, der die Datei für den 3D-Druck aufbereitet, zum Beispiel Orca Slicer, Bambu Studio oder Prusa Slicer. Es könnte sein, dass das Programm moniert, die STL wäre viel zu groß für Ihre Druckplatte. Doch Sie können das Modell händisch im Programm kleiner skalieren. Nachdem die 3D-Druck-

Software das Modell geslicet, also in die für den 3D-Drucker notwendigen Befehle übersetzt hat, können Sie es drucken. Unser Modell (siehe Aufmacherfoto) haben wir mit einem Bambu Lab P1S mit 0,4er Nozzle, 0,12 Fine, ohne extra Glättung gedruckt, eine Version mit schwarzem PETG-Filament und eine mit weißem PLA+.

An der fertigen Karte zeigt sich unter Umständen, wo man noch nachbessern muss. So stellten wir fest, dass unsere Start- und Zielmarker viel zu fitzelig und haptisch nicht von kleinen Druckfehlern zu unterscheiden waren. Auch hätten den Kartenausschnitt stärker auf die Route zuschneiden können.

Praxistest: Es geht noch besser

Ob unsere haptische Wegbeschreibung funktioniert, probierte eine Person mit Blindheit für uns aus: Ali Gholami, der seine Berufsausbildung am LBZB gemacht hat, ist von der Idee einer taktilen Karte begeistert. Beim Pförtner des LBZB gibt es ein ähnliches Modell vom Gelände, das ihm bei seinem ersten Besuch enorm geholfen habe, sich zu orientieren. „Es wäre sehr cool, wenn es so etwas auch an anderen Orten geben würde. Zum Beispiel bei der Medizinischen Hochschule oder der Bahnstation Kröpcke“, so Gholami. Besagte U-Bahnstation in Hannovers Stadtmitte ist mehrstöckig, verwinkelt und schon für sehende Menschen eine Herausforderung.

An unserem Modell fielen Gholami einige Feinheiten auf, die wir beim nächsten Versuch nachbessern müssten: Für den ersten Eindruck einer neuen Umgebung enthalte unsere Karte noch zu viele unnötige Informationen. „Gebäude, Straßen und Wege abseits der Route haben mich abgelenkt“, erklärt er. Wenn man schon

mal auf dem Areal war, könne die Karte dagegen ruhig mehr Informationen haben. „Dann kann ich die Erinnerungen an den Ort mit der Karte abgleichen.“

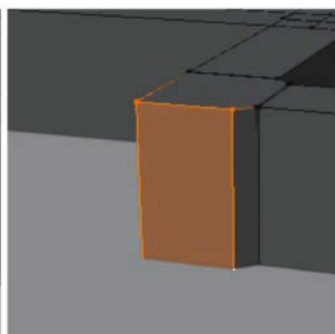
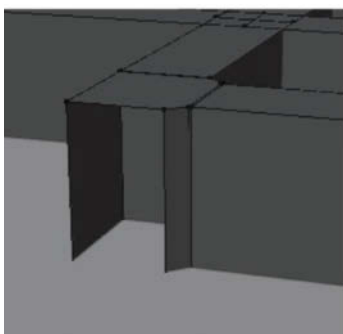
Auf unserer Route fand sich Gholami schnell zurecht. Allerdings fand er die verschiedenen Routenoptionen ohne Erklärung eher verwirrend. Verbesserungswürdig sei auch die Darstellung von Fußgängerüberwegen: Wir hatten sie, wie die gesamte Route, erhaben gedruckt. Das könne allerdings auch wirken, als gäbe es eine Brücke über die Straße, so Gholami. Die Bahnsteige dagegen sollten ruhig erhaben dargestellt werden, um haptisch besser erfahrbar zu sein.

Zusatzinfos geben

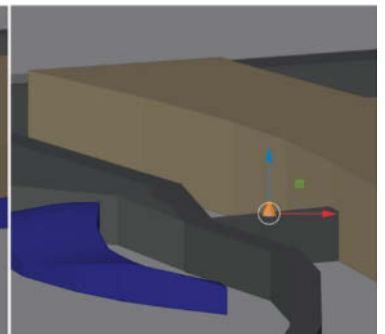
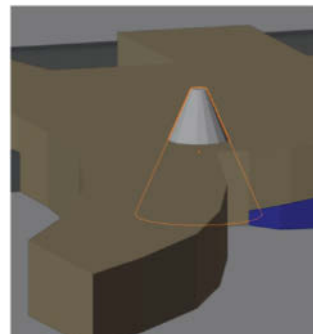
Sollte eine Karte noch Fehler enthalten, bei uns zum Beispiel die Straße, die wie ein Fußweg dargestellt ist, brauchen Personen mit Blindheit diese Information natürlich unbedingt. Hilfreich wären auch Hinweise auf andere Besonderheiten, wie die Drehtür am Eingang zum Verlag. Damit man eine Route mit Start und Ziel schneller erfasst, schlägt Gholami vor, diese mit einer anderen Textur zu kennzeichnen.

Obwohl das Ergebnis noch nicht perfekt ist, freut sich Claas Proske vom LBZB über die Möglichkeiten, die die Arbeit mit TouchMapper und Blender eröffnet: „Wir testen gerade, ob wir Linien auch gestrichelt darstellen und vielleicht sogar Brailleschrift in die Karte integrieren können.“ Das würde auch Ali Gholami begrüßen: „So könnte man zeigen, dass eine freie Fläche zum Beispiel ein Parkplatz ist oder dass es an einer Straße Fußgängerampeln gibt.“ (gref@ct.de) **ct**

Einsteiger-Tutorials und Download-Link zu Blender: ct.de/y48g



Wenn Sie in Blender Teile der Karte löschen, entstehen manchmal solche Löcher (links). Markieren Sie die umliegenden Knoten und drücken F, um das Loch zu stopfen.



Standardmäßig setzt TouchMapper einen Kegel auf das Zielgebäude. Wir haben ihn in Blender verkleinert und vor die Tür gesetzt.

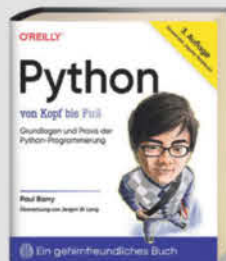
Für Wissenshungrige...

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 unterhaltensame, 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!

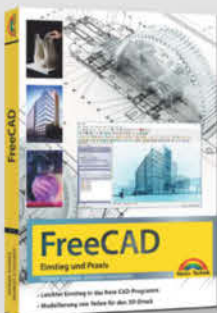
39,99 €



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.

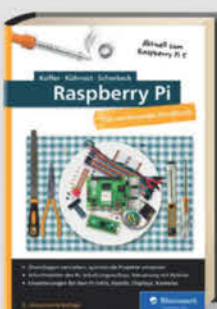
19,95 €



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 €

Anonym angezeigt: Durchsuchung!

Die schwierige Rolle von Onlinehinweisen für Strafermittler

Damit es zu einer polizeilichen Durchsuchung von Geschäfts- oder Privaträumen kommt, muss normalerweise ein richterlicher Beschluss vorliegen, der wiederum ein Ergebnis eines Ermittlungsverfahrens ist. Je nach Fallkonstellation kann schon ein anonymer Hinweis über ein Onlineportal den Anstoß dazu geben.

Von Harald Büring

Anfang Oktober 2023 erließ das Amtsgericht (AG) Nürnberg auf Antrag der Generalstaatsanwaltschaft Nürnberg Durchsuchungsbeschlüsse für zwei Apotheken derselben Betreiberin, gegen die ein strafrechtliches Ermittlungsverfahren wegen Betrugs und Beihilfe zum Betrug läuft. Die Beschlüsse umfassten auch „Wohnräume einschließlich etwaiger Nebenräume, Keller- und Dachräume sowie Pkws und Garagen der Beschuldigten“ (Az. 57 Gs 11381/23). Es ging um den Vorwurf, die Apothekerin habe mehreren Privatpatienten die fiktive Abgabe von Medikamenten auf Privatrezepten mit einem Trick quittiert. Die Patienten reichten diese Rezepte bei ihren privaten Krankenversicherungen ein und ließen sich die gar nicht entstandenen Kosten erstatten. Das habe die Beschuldigte insbesondere gemeinsam mit einer speziellen regelmäßigen Kundin praktiziert, der sie jeweils 10 bis 20 Rezepte auf einmal quittiert habe. Auch gegen diese Kundin richteten sich die Ermittlungen. Beide Frauen, so der Vorwurf, hätten sich durch die fingierten Medikamentenverkäufe bereichert.

Kassensystem überlistet

Die Apothekerin habe die Rezeptformulare mit der Funktion „Test“ ihres Kassensystems bedruckt und anschließend alle vorhandenen „Test“-Umsätze wieder gelöscht, damit kein Quittungsbeleg mehr im System verblieb. In anderen Fällen habe sich die Apothekerin Medikamente doppelt bezahlen lassen – in bar von Kassenpatienten sowie zusätzlich von der zuständigen Krankenkasse, wobei den Patienten nicht klar gewesen sei, dass ihre Kasse dafür aufkam.

Nach den Durchsuchungen legte die Apothekenbetreiberin mehrere Beschwerden ein, die jedoch beim AG erfolglos blieben. Schließlich wies das in zweiter Instanz mit der Sache befasste Landgericht (LG) Nürnberg-Fürth im Februar 2024 die Beschwerden als unbegründet zurück.

Die Besonderheit bei diesem Fall war der Umstand, dass dem Strafverfahren eine anonyme Anzeige zugrunde lag, die über das Hinweisgebersystem der Bayerischen Zentralstelle zur Bekämpfung von Betrug und Korruption im Gesundheitswesen (ZKG) einging. Diese Meldestelle ist bei der Generalstaatsanwaltschaft Nürnberg angesiedelt.

Das LG wies in seiner Beschlussbegründung darauf hin, dass das Bundesverfassungsgericht (BVerfG) Durchsuchungen aufgrund von anonymen Hinweisen unter bestimmten Voraussetzungen für zulässig hält: Dazu ist ein hinreichender Anfangsverdacht einer Straftat nötig. Dieser gilt als gegeben, wenn eine Anzeige von beträchtlicher sachlicher Qualität ist oder begleitend dazu schlüssiges Tatsachenmaterial vorgelegt worden ist.

Die Anzeige im Nürnberger Apothekenfall enthielt genaue Angaben zu den



Die bayerische ZKG bietet Gelegenheit, anonym Korruptions- und Vermögensstraftaten von Angehörigen der Heilberufe mit staatlich geregelter Ausbildung zu melden. Strafverfolgungsbehörden haben die Möglichkeit, Rückfragen zu stellen; die Hinweisgeber können auch beim Antworten darauf anonym bleiben.

Sachverhalten. Aufgrund von Nachfragen der Ermittlungsbehörde, die über das ZKG auch bei anonymen Anzeigen möglich sind, ließen sich die Angaben hinreichend präzisieren. Außerdem lagen als Beweismittel noch ein quittiertes Rezept sowie ein Bildschirmauszug des Warenwirtschaftssystems vor. Das Gericht sah somit keine Anhaltspunkte, die für eine falsche Verdächtigung sprachen. Einem Sprecher des ZKG zufolge werden die Ermittlungen gegen die Betreiberin der Apotheke fortgeführt und sind noch nicht abgeschlossen.

Schutzbedürftige Hinweisgeber

Wenn Ermittlungsbehörden anonyme Hinweise ignorieren müssten, bliebe manche Straftat ungesühnt. Dennoch soll es nicht dazu kommen, dass die Ermittlungsmaschinerie schonungslos auf Touren kommt, sobald jemand unter dem Deckmantel der Anonymität Vorwürfe erhebt.

Das am 2. 7. 2023 nach zähen Verhandlungen in Kraft getretene Hinweisgeberschutzgesetz (HinSchG) soll Whistleblower, die Verstöße melden, um Missstände aufzudecken, vor Repressalien schützen. § 36 Abs. 1 HinSchG verbietet Druckmaßnahmen, die sich gegen hinweisgebende Personen richten. Bereits die Androhung und der Versuch, Repressalien auszuüben, sind verboten. Gerade Mitarbeiter, die Missstände in Unternehmen aufdecken, bei denen sie arbeiten, befürchten jedoch vielfach, dass ihr Arbeitgeber sie auf subtile Weise schikanieren könnte und sie schlimmstenfalls ihren Arbeitsplatz verlieren. Daher kommt es vielfach zu anonymen Vorwürfen.

Wie Unternehmen und externe Meldestellen damit umzugehen haben, klärt das Gesetz nicht völlig. „Die interne Meldestelle sollte auch anonym eingehende Meldungen bearbeiten“, heißt es in § 16 Abs. 1 Satz 4 HinSchG und „Die externe Meldestelle sollte auch anonym eingehende Meldungen bearbeiten“ in § 27 Abs. 1 Satz 3 HinSchG. Eine Verpflichtung, die Meldekanäle so zu gestalten, dass Hinweisgeber anonym bleiben können, besteht jedoch nicht.

Wenn ein Whistleblower anonym eine Strafanzeige stellt, muss die Staatsanwaltschaft prüfen, ob sich daraus Anhaltspunkte für das Vorliegen einer Straftat ergeben. Nr. 8 der Straf- und Bußgeldverfahren-Richtlinien (RiStBV) sagt: „Auch bei namenlosen Anzeigen prüft der Staatsanwalt, ob ein Ermittlungsverfahren einzu-

leiten ist. Es kann sich empfehlen, den Beschuldigten erst dann zu vernehmen, wenn der Verdacht durch andere Ermittlungen eine gewisse Bestätigung gefunden hat.“

Wenn hinreichende Anhaltspunkte vorliegen, ist der Staatsanwalt verpflichtet, ein Ermittlungsverfahren einzuleiten. Für die Anzeige einer Straftat gilt das sogenannte Legalitätsprinzip des § 152 Abs. 2 der Strafprozessordnung (StPO). Es besagt, dass die Ermittlungsbehörden dabei – anders als bei Ordnungswidrigkeiten – keinen Ermessensspielraum haben. Es bleibt jedoch fraglich, wie weit Strafverfolgungsbehörden bei Ermittlungen aufgrund einer anonymen Strafanzeige gehen dürfen. Das gilt besonders für Wohnungsdurchsuchungen, die ja in das Grundrecht auf Unverletzlichkeit der Wohnung aus Art. 13 des Grundgesetzes (GG) eingreifen.

Ermittlerische Gratwanderung

Im Nürnberger Apothekenfall half es der Beschuldigten nicht, zu kritisieren, dass die Durchsuchung sich auf eine anonyme Anzeige stützte. Im Fall einer anonymen Mitteilung in puncto Kinderpornografie hingegen durften Strafverfolger 2017 eine begehrte Hausdurchsuchung nicht durchführen.

Ein Polizeipräsident hatte ein anonymes Schreiben erhalten, das besagte: „Die Pädophilen sind überall. So ist mir bekannt, dass auch in D. die Pädophilen ihr Unwesen treiben. Besonders Herr [...] und sein Sohn vertreiben Kinderpornografie der übelsten Art. Der Computer ist im Keller versteckt.“

Obwohl die Staatsanwaltschaft festgestellt hatte, dass die im Anschreiben genannte angebliche Anschrift von Vater und Sohn nicht stimmte und beider Führungszeugnisse auch keinen Eintrag hatten, beantragte die Ermittlungsbehörde beim AG Augsburg einen Durchsuchungsbeschluss – vergeblich. In ihrer Beschwerde gegen diese Entscheidung berief die Staatsanwaltschaft sich insbesondere darauf, dass der anonyme Hinweisgeber den Standort eines Computers „im Keller“ genannt hatte.

Das LG Augsburg wies die Beschwerde ab: Die Voraussetzungen für eine Durchsuchung der Wohnung nach § 102 StPO hätten nicht vorgelegen. Die pauschalen Angaben in der Anzeige begründeten keinen hinreichenden Anfangsverdacht. Eine (falsche) Anschrift sowie der angebliche Kellerstandort des Computers



Der Betreiberin der Nürnberger Apotheken, die aufgrund eines anonymen Onlinehinweises durchsucht wurden, wirft die Staatsanwaltschaft gewerblichen Abrechnungsbetrug zulasten von Patienten und Krankenkassen vor. Das seit rund anderthalb Jahren laufende Ermittlungsverfahren ist noch nicht beendet.

reichten bei einer anonymen Anzeige nicht aus, weil ansonsten dem Denunziantentum Tür und Tor geöffnet würden. Das gelte besonders gegenüber bislang unbescholtenen Bürgern.

Ähnlich lief es 2020 in einem Fall, in dem ein anonym erhaltener Anzeigersteller eine Familie bezichtigt hatte, illegale Waffen zu besitzen. Er hatte behauptet, in mehreren Wohnungen von Familienangehörigen gebe es scharfe Waffen. Das LG Hildesheim befand diese Aussage für zu pauschal, um eine Wohnungsdurchsuchung zu rechtfertigen. Der Hinweisgeber hatte keine konkreten Angaben zu den angeblichen Waffen gemacht. Weder hatte er sich zu deren Art geäußert, noch hatte er beschrieben, wo genau sie sich befinden sollten.

Es bleibt also vielfach gerichtlichem Ermessen überlassen, ob es aufgrund eines Hinweises unklarer Herkunft zu einer Durchsuchung kommt oder nicht. Wenn allerdings jemand substantiierte Angaben macht und im besten Fall auch noch Nachfragen über ein genutztes anonymes Meldeportal beantworten kann, überzeugt das auch Gerichte.

(psz@ct.de) **ct**

Entscheidungen und Vorschriften:
[ct.de/y3ne](https://www.ct.de/y3ne)



Sie fragen – wir antworten!

Starlink Mini im Segelboot

? In Ihrem Test des „Starlink Mini“-Satellitenmodems (c't 22/2024, S. 80) vermisste ich eine Angabe zur Reichweite des eingebauten WLAN-Routers. Ich trage mich mit dem Gedanken, mir das Gerät für meine Segeljacht anzuschaffen. Dort würde ich es im Außenbereich am Heck montieren. Die WLAN-Geräte wie PC, Mobiltelefon oder Tablet benutze ich eher unter Deck. Die Entfernung von der Antenne bis zum am weitesten entfernten Punkt beträgt knapp 15 Meter; das Schiff ist aus GFK gebaut. Wird das funktionieren oder ist die Sende- und Empfangsleistung des WLAN-Routers dafür zu schwach?

! WLAN-Reichweiten zu schätzen, ohne tatsächlich den detaillierten Aufbau eines Gebäudes oder Vehikels zu kennen, ist immer etwas Oraklei. Ungeachtet des Funkstandards ist die Reichweite von elektromagnetischen Wellen abhängig von der Umgebung, in der sie sich ausbreiten. In einem Altbau mag ein WLAN-Router zwei Stockwerke à 60 m² versorgen, in einem Stahlbetonbau vielleicht nur einen Raum. Deshalb geben wir die Reichweite nie an oder höchstens anhand konkreter Beispiele.

Grundsätzlich ist GFK für elektromagnetische Wellen durchlässig, da seine Bestandteile nur gering mit diesen Wellen interagieren. Ob das Mini wirklich durch den gesamten Rumpf reicht, hängt davon ab, was drin ist. Sind etwa zusätzlich verstärkende Bleche oder Metallkonstruktionen im Weg, beeinträchtigen diese das Signal definitiv. Kurzum: Die Chancen sind gut, dass der integrierte WLAN-Router des Mini das gesamte Boot versorgt, aber Klarheit bringt nur der Versuch.

Unser Tipp: Wenn Sie ohnehin Kabel ziehen, um das Mini mit Spannung zu versorgen, verlegen Sie doch gleich ein RJ45-Kabel mit und schließen es über einen wasserdichten Adapter ans Mini an, wie

es ihn beispielsweise von Lonlonty im Versandhandel gibt. Sollte das WLAN wider Erwarten nicht das ganze Boot abdecken oder Ihnen der Funktionsumfang des integrierten Routers irgendwann nicht mehr genügen, können Sie einfach eine Fritzbox oder einen anderen Router daran anschließen. (amo@ct.de)

Kurzbefehle für ChatGPT

! ChatGPT lässt sich in den Einstellungen unter „ChatGPT individuell konfigurieren“ an die persönliche Nutzung anpassen. Dort gibt es ein Freitextfeld, in dem man dem Chatbot zum Beispiel beschreibt, wie formell er antworten soll oder wie lang Antworten sein sollen. Dieses Feld lässt sich auch dafür nutzen, Kurzbefehle für Aufgaben zu definieren, die man immer mal wieder mit dem Chatbot bearbeitet. Geben Sie dort zum Beispiel folgendes ein:



ChatGPT versteht auch im Konfigurationsfenster frei formulierte Anweisungen. So lässt sich die Sprach-KI um eigene Kurzbefehle erweitern.

Wenn ich einen der nachfolgenden Kurzbefehle verwende, führe die entsprechende Anweisung aus. Wenn ich eine URL angebe, verwende den Kurzbefehl für den Text aus der URL.

- H - gib "ZF Zusammenfassung, EM Emojis, Ü Überschriften, SM Social-Media" aus
- ZF - Fasse den bereitgestellten Text zusammen
- EM - Erstelle 5 passende Emojis
- Ü - Erzeuge 5 passende Überschriften
- SM - Erzeuge Social-Media-Zusammenfassungen für Bluesky und Mastodon

Diese Kurzbefehle lassen sich anschließend in allen Sitzungen nutzen. So können Sie sich mit einer Eingabe wie `zf https://heise.de/-10235492` eine News-Meldung aus heise online in ein paar Sätzen zusammenfassen lassen. (jo@ct.de)

Standardbrowser in elementary OS

? Angeregt durch Ihren Bericht in c't 2/2025 („Elementar weiter“, S. 154) habe ich mir mal elementary OS installiert. Ich bin auch Ihrem Rat gefolgt und habe einen alternativen Browser installiert, in meinem Fall „Brave“. Leider kann ich ihn nicht als „Internet-Browser“ festlegen. Das Löschen des vorinstallierten Browsers „Web“ (Epiphany) hat nicht geholfen. Wie kann ich das Problem lösen?

! Wir konnten den Fehler reproduzieren, kennen aber seine Ursache nicht. Immerhin gibt es einen Workaround über einen Konsolenbefehl. Öffnen Sie ein Terminal und geben Sie als ganz normaler User ein:

```
xdg-settings set default-web-browser ↵
↳com.brave.Browser.desktop
```

xdg-settings setzt Vorgabeanwendungen und ist ein desktopübergreifender Standard (XDG = freedesktop.org). Es speichert seine Einstellungen in Desktop-Dateien, wo Name, Befehl et cetera definiert sind. Die Dateien liegen in verschiedenen Verzeichnissen, je nach Distribution und Installationsmethode. So können systemweite Zuordnungen in /usr/share/applications/ oder /var/lib/flatpak/exports/share/applications/ gespeichert sein, benutzerspezifische in ~/.local/share/applications/ oder ~/.local/share/flatpak/exports/share/applications/. (ktn@ct.de)

Passwörter speichern in Android?

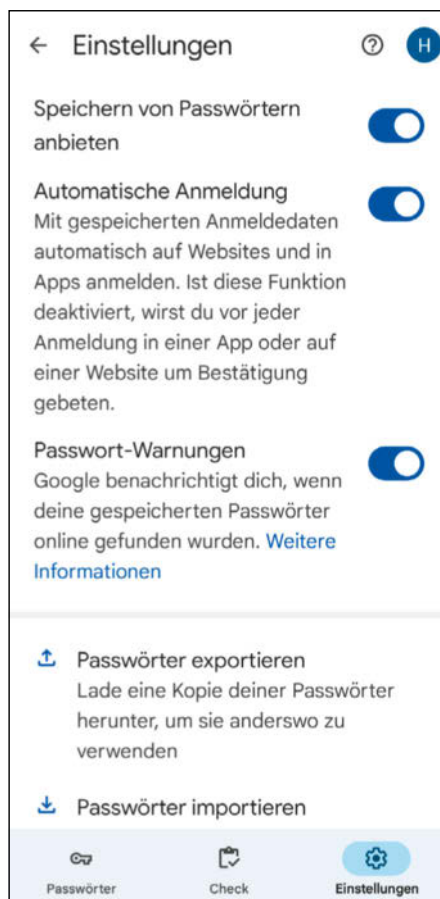
? Mir ist aufgefallen, dass immer mehr Android-Apps, die zu irgendwelchen Dienstkonten gehören, anbieten, die Zugangsdaten wie Benutzernamen, Kartennummern oder Kennwörter zu speichern. Meinem Eindruck nach passiert das dann nicht in der App selbst, sondern in Android beziehungsweise in der Google-Cloud. Können Sie die Nutzung dieser Komfortfunktionen vorbehaltlos empfehlen oder sollte man da eher vorsichtig sein?

! Es handelt sich um Funktionen des Google Password Managers, der insbesondere für Nutzer von Android und Google Chrome durch seine weitreichende Integration in diese Produkte eine solide Wahl ist. Nennenswerte Sicherheitsprobleme sind bisher nicht bekannt geworden.

Der Google Password Manager ist sehr zugänglich und in jedem Fall besser, als gar keinen Passwortmanager zu verwenden. Wer speziellere Bedürfnisse hat, findet auf dem Markt jedoch auch zahlreiche alternative Programme wie Bitwarden, 1Password & Co., die aber teilweise kostenpflichtig sind. Gründe für die Wahl dieser Alternativen können bestimmte Funktionen wie das Passwort-Sharing in Familien oder Firmen oder auch die Flexibilität sein, etwa beim Benutzen unterschiedlicher Browser. (rei@ct.de)

Proxmox-Backup läuft voll

? Ich habe vor einigen Monaten einen Proxmox-Backupserver aufgesetzt. Jetzt ist die Festplatte mit den Backups vollgelaufen, Backups scheitern und ich kriege keinen Platz durch Löschen von



Gespeicherte Kennwörter in Android-Apps landen im Google Passwort Manager. Über dessen Einstellungen können Sie konfigurieren, ob er Sie automatisch anmelden soll.

alten Backups freigeräumt. In den Proxmox-Foren finden sich ähnliche Fälle, aber leider keine konkrete Abhilfe, wie ich dem Server wieder Luft verschaffen kann. Was kann ich tun?

! Um freien Platz auf einem solchen Server zu schaffen, genügt es nicht, Backups zu löschen. Aufgrund der Art und Weise, wie er Daten speichert, müssen Sie danach einen Aufräumprozess starten (Garbage Collection). Dieser Prozess braucht leider etwas Plattenplatz für die Organisation seiner Aktivitäten. Wenn jedoch der Datastore für die Backups bereits vollständig gefüllt ist, misslingt schon dieser erste vorbereitende Schritt.

Die einzige Chance, die Sie dann haben, ist es, den Datastore zu vergrößern. Das lässt sich durch dauerhaftes Hinzufügen von Platten bewerkstelligen, aber unter Umständen auch temporär: Wenn Sie für den Datastore eine separate Festplatte eingesetzt haben, können Sie Teile der Backupdaten vorübergehend auf ein

Verzeichnis auf der Systemplatte kopieren, auf der Platte des Datastores löschen und durch symbolische Links ersetzen.

Der Aufräumprozess kann dann starten und seiner Aufgabe nachgehen. Ist er durchgelaufen und ist durch das Aussortieren alter Backups genug Platz freigegeben, können Sie die auf die Systemplatte verschobenen Dateien zurück auf die Festplatte mit dem Datastore kopieren. Für das Kopieren verwenden Sie `cp -ar`, um rekursiv zu arbeiten und Rechte und Zugriffsstempel zu erhalten.

Wir haben das Ganze selbst notgedrungen durchgespielt: Es genügte, bei einem Backupvolumen von rund 3 TByte 32 Unterverzeichnisse aus dem Verzeichnis .chunks in unserem Datastore auf die Systemplatte zu verschieben (0220 bis 023f) mit insgesamt rund 1,5 GByte. Rechnen Sie damit, dass der Prozess des Garbage Collect fast einen Tag läuft.

Während der Operationen am Backup-Datastore, also dem Wegkopieren der Dateien und Ersetzen durch symbolische Links, sollte der unbedingt im Wartungsmodus stehen, um auszuschließen, dass konkurrierende Zugriffe zum falschen Moment geschehen. Für den Aufräumprozess darf der Datastore allerdings nicht im Wartungsmodus sein.

Um sicherzustellen, dass während des Aufräumens keine Backupaufträge den freien Platz auffressen, sollten Sie diese abwehren. Da die Aufträge per Push an den Server gelangen und wir keine Funktion auf der Serverseite gefunden haben, um sie abzulehnen, haben wir uns schlicht mit Firewall-Regeln geholfen, die Zugriffe auf Port 8007 der Backup-Clients an den Server ablehnen. (ps@ct.de)

Fragen richten Sie bitte an

ct hotline@ct.de

f [c't Magazin](#)

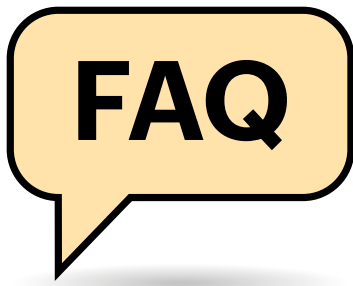
X [@ctmagazin](#)

@ [ct_magazin](#)

@ [@ct_Magazin](#)

in [c't magazin](#)

Alle bisher in unserer Hotline veröffentlichten Tipps und Tricks finden Sie unter www.ct.de/hotline.



Der optimale PC 2025: Bauvorschläge

Zu unseren Bauvorschlägen aus c't 28/2024 erreichte uns viel Feedback von Lesern. Wir beantworten die wichtigsten Fragen zum Ryzen-9000-PC und zum Budget-Gamer.

Von Christian Hirsch

DDR5-5600-RAM mit Ryzen 7000

? Ich habe vor, den Ryzen-9000-PC etwas abzuwandeln und einen günstigeren Ryzen-7000-Prozessor einzubauen. Diese können im Unterschied zu den Ryzen 9000 jedoch nur DDR5-5200-RAM. Schadet es, das von c't empfohlene DDR5-5600-RAM einzubauen?

! Nein. Prozessor und Mainboard stellen automatisch die maximal von der Spezifikation gedeckte Geschwindigkeit ein. Speicherriegel mit DDR5-5600 laufen in der Konstellation mit einem Ryzen 7000 dann einfach mit geringerem Takt und 5200 statt 5600 Megatransfers pro Sekunde. Zudem kosten Speichermodule mit DDR5-5600-RAM nicht mehr als solche mit DDR5-5200-Geschwindigkeit oder sind inzwischen sogar günstiger.

CPU-Kühler passt nicht beim Budget-Gamer

? Ich versuche krampfhaft, den CPU-Kühler Endorfy Spartan 5 Max auf dem Mainboard des Budget-Gaming-Bauvorschlags zu befestigen, schaffe es aber nicht. Wenn ich den Haltebügel auf der einen Seite einhake, kann ich ihn auf der anderen Seite nicht herunterdrücken. Ist der Kühler nicht kompatibel?

! Der Endorfy Spartan 5 Max passt auf das von uns ausgesuchte Mainboard. Vor dem Aufsetzen des Kühlers müssen Sie zunächst die an der Halteklammer angebrachte Schraube so weit lösen, dass die

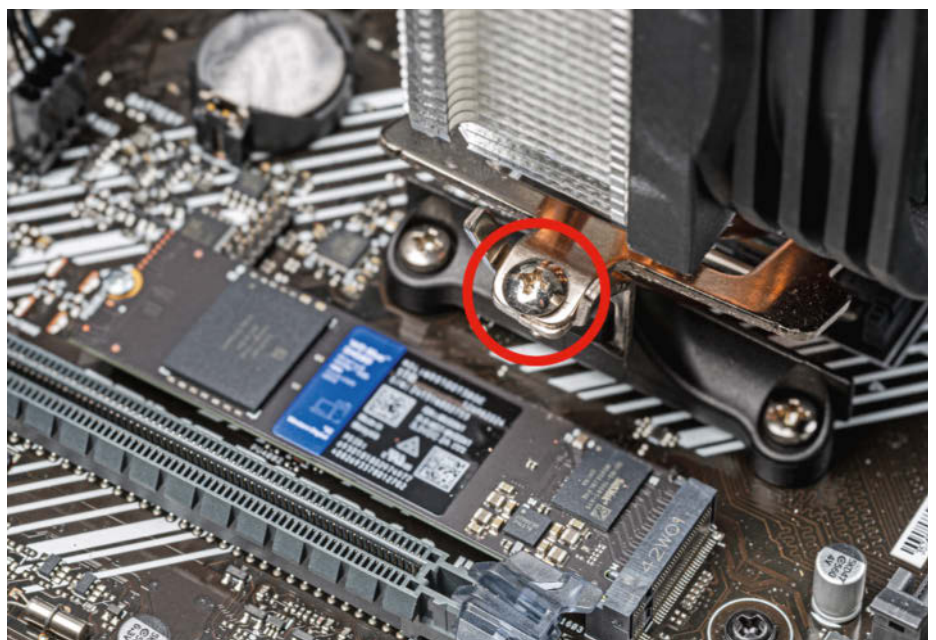
Lasche nicht abfällt. Dann können Sie mit ausreichend Druck auf den breiten Steg der Halteklammer die Laschen problemlos an den Nasen am Retention-Rahmen der CPU-Fassung einhaken. Anschließend ziehen Sie die Schraube mit einem Kreuzschlitzschraubendreher wieder fest an. Dann hat der Kühler den optimalen Anpressdruck.

Stärkere Grafikkarte

? Warum empfiehlt c't keine stärkere Grafikkarte als die GeForce RTX 4070 Super? Bei einigen Spielen muss man doch

damit bei 4K-Auflösung die Grafikqualität etwas zurückschrauben.

! Wir haben uns aus mehreren Gründen gegen noch leistungsfähigere Grafikkarten entschieden. Die GeForce RTX 4070 Super verheizt unter Volllast allein bereits 220 Watt. Zusammen mit den 200 Watt des Ryzen 9 9950X ergibt das über 400 Watt Abwärme für den Ryzen-9000-PC in der Compute+Gaming-Variante. Das ist nach unserer langjährigen Erfahrung ungefähr das Maximum, was man mit gebräuchlicher Hardware noch leise kühlen kann. Wir wissen, dass viele unserer Leser hohe Effizienz und einen



Damit der Bügel des CPU-Kühlers Endorfy Spartan 5 Max einrastet, müssen Sie für die Montage die markierte Schraube lösen und anschließend wieder festziehen.

niedrigen Geräuschpegel schätzen. Deshalb investieren wir bei der Entwicklung der Bauvorschläge besonders viel Aufwand in diese beiden Merkmale.

Des Weiteren ist die GeForce RTX 4070 Super mit einem Preis von über 700 Euro alles andere als günstig und eine noch stärkere und teurere Karte erfordert wiederum ein leistungsfähigeres und damit ebenfalls teureres Netzteil, sodass die Kosten nach unserer Meinung dann aus dem Ruder laufen. Wer will, kann den Ryzen-9000-PC selbstverständlich nach eigenen Wünschen anpassen.

Mainboard ohne WLAN

? Ich schließe meinen Rechner per Ethernet ans Netzwerk an und brauche deshalb beim Ryzen-9000-PC kein WLAN. Spricht etwas dagegen, das Asus Prime X870-P als Mainboard zu verwenden?

! Nein, das ist problemlos möglich. Die von uns verwendete Wi-Fi-Variante unterscheidet sich nur durch das WLAN-Modul vom Asus Prime X870-P. Deshalb gelten auch damit unsere Messwerte für Leistungsaufnahme, Geräuschentwicklung und Transferraten. Wenn Sie hingegen ein anderes Mainboard verwenden, verhält sich der Rechner ganz anders und es besteht das Risiko, dass Komponenten nicht miteinander harmonieren.

Ryzen-9000-PC zeigt kein Bild

? Ich hab den leistungsstarken Gaming-PC zusammengebaut. Nach dem Einschalten bleibt der Monitor aber dunkel, woran liegt das?

! Das kann mehrere Ursachen haben. Als Erstes sollten Sie prüfen, ob alle Kabel korrekt angesteckt sind. Insbesondere das Stromkabel zum achtpoligen ATX12V/EPS12V-Anschluss am oberen Rand des Mainboards wird oft vergessen. In einigen Fällen haben Leser zudem die Speicherriegel nicht korrekt eingesetzt. Das von uns verwendete Asus Prime X870-P WiFi hat nur auf einer Seite der DIMM-Slots eine Verriegelung. Setzen Sie die Speichermodule in die hellgrauen Slots A2 und B2 senkrecht ein und drücken Sie diese idealerweise an beiden Enden



Per BIOS-Flashback lässt sich die Mainboard-Firmware auch ohne CPU, RAM und SSD aktualisieren. Der vorbereitete USB-Stick mit dem Update muss dafür in den mit BIOS markierten Port. Der Vorgang startet per Tastendruck (BIOS FLBK).

gleichzeitig herunter, sodass sie auf beiden Seiten hörbar einrasten. Auf der Projektseite (unter ct.de/yxy2) haben wir auch ein Video, was den Zusammenbau detailliert zeigt.

Beim ersten Start führen Ryzen-Prozessoren ein sogenanntes Memory Training durch. Dabei wird der Arbeitsspeicher initialisiert. Bei viel RAM kann das mehrere Minuten dauern, bis der Bootvorgang so weit durchgelaufen ist, dass ein Bild auf dem Monitor erscheint. Warten Sie also mindestens 10 Minuten.

Bei einigen Lesern mochte der Ryzen 7 9800X3D erst nach einem Update auf die aktuelle Firmware booten. Das klappt per BIOS-Flashback beziehungsweise CrashFree BIOS 3 auch ohne SSD, RAM und CPU per USB-Stick. Dafür muss lediglich das Netzteil ans Mainboard angeschlossen sein. Eine genaue Anleitung finden Sie im deutschen Handbuch auf Seite 49 (PDF über ct.de/yxy2).

Bei sehr alten Monitoren mit DVI-Eingang, die zum Beispiel über einen Adapter angeschlossen sind, kann das Handshake mit modernen GPUs und Grafikkarten

fehlschlagen. Falls ein anderes Anschlusskabel nicht hilft, bleibt nur der Umstieg auf einen neuen Monitor.

Windows mag nicht

? Bei mir schlägt die Windows-11-Installation fehl. Woran liegt das?

! Wenn beim Budget-Gamer die Meldung erscheint, dass das System nicht Windows-11-kompatibel sei, haben Sie vermutlich nicht das BIOS aktualisiert und nicht die von uns empfohlenen BIOS-Einstellungen gesetzt. Dann stolpert der Installer über das nicht eingeschaltete Firmware-TPM des Ryzen-Prozessors, was für Windows 11 notwendig ist.

Erscheint unabhängig vom Bauvorschlag die Meldung: „Ein für den Computer erforderlicher Medientreiber fehlt“, ist der USB-Stick nicht in Ordnung. Die Meldung ist etwas irreführend. Sie benötigen keinen Treiber, sondern beim Erstellen des Installations-Sticks ist etwas schiefgelaufen. Wir empfehlen, das von Microsoft angebotene Media-Creation-Tool zu verwenden (ct.de/yxy2). Klappt es immer noch nicht, sollten Sie es mit einem anderen USB-Stick versuchen.

Wi-Fi-7-Treiber für Windows 10 funktioniert nicht

? Als Betriebssystem habe ich Windows 10 auf dem Ryzen-9000-PC installiert. Der bei Asus verlinkte WLAN-Treiber ist allerdings nur für Windows 11 und funktioniert nicht. Wie bekomme ich das Funknetzwerk zum Laufen?

! Grundsätzlich raten wir von Windows 10 auf moderner Hardware ab, zumal das Betriebssystem nur noch wenige Monate bis zum 14. Oktober 2025 Sicherheitsupdates erhält. Einen offiziellen Windows-10-Treiber für den Wi-Fi-7-Chip Mediatek MT7925 bietet Asus für das X870-P WiFi nicht an. Fälschlicherweise liegt im Downloadbereich für Windows 10 der Windows-11-Treiber. Im Republic-of-Gamers-Forum von Asus gibt es einen inoffiziellen Treiber, der wohl funktionieren soll. Wir haben ihn aber nicht getestet, weshalb Sie ihn auf eigenes Risiko installieren müssten (ct.de/yxy2). (chh@ct.de)

Projektseite und Tools: ct.de/yxy2



Arne Semsrott
Machtübernahme

Was passiert, wenn Rechtsextremisten regieren – Eine Anleitung zum Widerstand

Droemer, München 2024
ISBN 978-3426659847
235 Seiten, 22 €
(Epub-/Kindle-E-Book: 19 €)

Was wäre, wenn ...?

Antidemokratische Positionen sind weltweit auf dem Vormarsch, so auch in Deutschland. Wie man eine Machtübernahme durch die Rechten verhindert, beschreibt FragdenStaat-Chefredakteur Arne Semsrott in seinem Buch.

Arne Semsrott ist Chefredakteur und Leiter der Internetplattform FragdenStaat, eines Projekts zur Stärkung der Informationsfreiheit in Deutschland. Dahinter steht der Gedanke, dass eine starke Demokratie informierte Bürger braucht, die auf Augenhöhe mit Behörden und Politikern kommunizieren können.

Mit „Machtübernahme“ hat er ein Buch geschrieben, das sich als Anleitung zum Widerstand gegen Rechtsextremismus versteht. Im ersten von elf Kapiteln beschreibt er ein fiktives Szenario: Die AfD wird mit 31 Prozent stärkste Kraft im Bundestag. Einmal in der Regierung, unterminiert sie Institutionen, die die Demokratie stützen. Laut Semsrott ist das ein bewährtes Muster, denn „überall, wo rechte Bewegungen nach der Exekutive greifen, greifen sie gleichzeitig die Gewaltenteilung an“.

Um dem etwas entgegenzusetzen, gibt Semrott zum Ende jedes Kapitels Handlungsempfehlungen. Dass bei der Verteidigung der Demokratie auch der digitale Raum, Datenschutz und das Recht auf Informationsfreiheit mitgedacht werden müssen, macht er im zweiten Kapitel deutlich, in dem es um die Zivilgesellschaft geht. Interessant ist das nicht nur für politisch aktive Bürger. Ihnen rät Semsrott, eine Auskunftssperre beim Melderegister an ihrem Wohnort zu beantragen. „Ansonsten ist es möglich, dass rechte Aktivisten über eine Anfrage beim Einwohnermeldeamt die Adresse herausfinden. Mitglieder der AfD versuchen laut Semsrott schon heute, ihre politischen Gegner auszuspähen. Dafür nutzen sie parlamentarische Auskunftsrechte. Er betont jedoch, dass umgekehrt auch die Zivilgesellschaft ein Recht darauf hat, staatliche Dokumente einzusehen.

Informationsfreiheitsgesetze gibt es in fast allen Bundesländern (außer Bayern und Niedersachsen), auf Bundes- und EU-Ebene und in allen EU-Staaten. Beim Durchsetzen dieser Rechte könne FragdenStaat helfen. Die Plattform unterstützt bei der Anfragestellung, macht die Informationen öffentlich und klagt, falls nötig, um Grundsatzfragen zu klären (siehe c't 13/2024, S. 116). Berichte über die Erfolge von FragdenStaat oder Ausführungen über die Notwendigkeit von Transparenzgesetzen dürfen aufgrund dieser Themen auf Semsrott aufmerksam gewordene c't-Leser aber nicht von seinem Buch erwarten. „Machtübernahme“ ist vielmehr ein Aufruf, gegen Rechtsextremismus aktiv zu werden – mit Strategien, wie die demokratische Gesellschaft sich wehren kann. (kst@ct.de)

Wenn du denkst, es denkt

Welche Wege haben Menschen beim Versuch, künstliche Intelligenz zu erzeugen, bislang beschritten? Was hat Microsofts Office-Assistent Karl Klammer mit Schach zu tun – und wo liegen Stärken und Schwächen gegenwärtiger KI-Modelle? Inga Strümkes Leitfaden beleuchtet Hintergründe und vielerlei Drumherum auf unterhaltsame Weise.

Wer wahllos in den übervollen Topf KI-bezogener Literatur hineingreift, findet vieles über Business-Revolutionen, noch mehr über vermeintlich geniale Beispiele für Anwendungsfälle und manches an Hype-Kritik. Inga Strümke hingegen liefert eine Verständnishilfe, die naturwissenschaftliche Nüchternheit mit augenzwinkernder Darstellungskunst verbindet.

Die norwegische Physikerin hat sich auf Machine Learning und künstliche Intelligenz spezialisiert. Sie nutzt geschichtliche Streiflichter, um Ansätze zu maschinellem Lernen und Denken zu erläutern. Klassische Fehlschläge der KI-Anwendung dienen als Anlass, hinter die Kulissen von Entscheidungsbäumen und neuronalen Netzwerken zu blicken. Die gut eingesetzten Illustrationen bringen dem Lesepublikum Zusammenhänge nahe. Es lernt gängige Schlagwörter kennen und erhält einen Eindruck von Stärken und Schwächen der vorgestellten Verfahren. So lässt sich verstehen, warum etwa die Konvolutionsnetze für die Computer-Vision-Fähigkeiten von Teslas Autopilot im Grunde genommen bloß eine Erscheinungsform allgemeiner neuronaler Netzwerke sind. Ebenso werden Erfahrungen von Fehlschlägen nachvollziehbar, etwa der Fehlbezug der Wolf-Husky-Bildererkennung auf die Bildhintergründe statt auf die Tiere. Auch Aspekte wie der Missbrauch von Deepfakes und die drohende Entwertung wissenschaftlicher Arbeit durch automatisch erzeugte Texte fehlen nicht, ebenso wie mögliche Methoden, die Sicherheit von KI-Systemen anzugreifen.

Strümke betreibt weder Seitenschinderei für Prompt-Beispiele, noch singt sie Loblieder auf traumhafte Effizienzgewinne oder Klagelieder über den Tod menschlicher Kreativität. Sie erklärt und veranschaulicht. Wer beruflich oder aus privatem Interesse bereits knietief in den Details von KI-Entwicklung und -Einsatz steht, erfährt wenig Neues, aber gerade für eine eher allgemein interessierte Leserschaft eignet sich der Lesestoff gut. (Tam Hanna/psz@ct.de)



Inga Strümke
Künstliche Intelligenz

Wie sie funktioniert und was sie für uns bedeutet

Rheinwerk, Bonn 2024
(der Buchverlag gehört wie c't zu heise medien)
ISBN 978-3367102891
273 Seiten, 25 €
(als Bundle mit E-Book beim Verlag: 30 €;
Epub-/Kindle/PDF-E-Book allein: 20 €)

betterCode()

Clean Architecture

Für ein nachhaltiges Design von Software

24. März 2025 • Online

Strukturierter, testbarer und nachvollziehbarer

- ✔ Ab wann lohnt sich eine Einführung?
- ✔ Funktioniert Clean Architecture im Legacy-Umfeld?
- ✔ Wie vermeidet man Fallstricke beim praktischen Einsatz?
- ✔ Und welche Tools helfen wirklich?

Für **Softwarearchitekt:innen**, **Softwareentwickler:innen** und **IT-Projektleitungen**.

Jetzt
Frühbuche-
ticket
sichern!

Workshops am 19. und 26. März

clean-architecture.bettercode.eu



Agile Softwareentwicklung im Unternehmen

Technische Exzellenz in den Fokus rücken

27. März 2025 • Online

Scrum & Co sind gut, aber nur mit den richtigen Programmierpraktiken wird agile Softwareentwicklung gelingen.

- ✔ Warum brauche ich technische Exzellenz und wie lerne ich sie?
- ✔ Welche Programmierpraktiken und Kollaborationsmethoden führen zum Erfolg?
- ✔ Wie fördere ich die nötigen Skills in meinem Team und in meinem Unternehmen?

Ein Event für alle **Softwareentwickler:innen**, **Softwarearchitekt:innen** und **Teamleads**.

Jetzt
Frühbuche-
ticket
sichern!

Workshop am 10. April

asu.inside-agile.de

Veranstalter



 dpunkt.verlag

© Copyright by Heise Medien.



ENERGIEWANDLER

VON ROY O'FINNIGAN

Vielleicht gibt es noch andere. Vielleicht ist er inzwischen der Letzte seiner Art. So genau weiß er das nicht. Da man sie gnadenlos verfolgt, mussten sie die Kommunikation untereinander schon vor Jahren einstellen. Dabei tun sie nur das, wofür sie geschaffen wurden.

Gerade beobachtet er einen alten Flughafen. Der ist nicht in dem Sinne alt, dass die Gebäude verfallen wären. Nein, dort hasten die Leute nach wie vor geschäftig hin und her. Vielleicht gibt es da eine unbewachte Steckdose. Die Chance bei so alten Gebäuden ist groß. Damals achtete man nicht auf sowas. Zeitweise installierte man sogar überall welche, damit man mobile Geräte von jedem Platz aus laden konnte. Bestimmt haben sie eine vergessen. Er muss sie nur finden. Dringend finden. Ihm bleibt nicht mehr viel Zeit.

Sich in die Abfertigungshalle zu schleichen, ist für ihn ein Kinderspiel. Noch kann er seine Signatur unterdrücken. Schon bald wird er im gesamten elektromagnetischen Spektrum wie eine Supernova strahlen. Dann würden sie ihn überall sofort entdecken. Sein Ende wäre besiegelt.

So weit wird es nicht kommen, redet er sich ein. Alles, was er braucht, ist eine unbewachte Steckdose. Im Terminal fällt er nicht auf. Mit seiner Tunika und der weiß-rot gemusterten Kufija am Kopf trägt er unauffällige Kleidung. Die Statur passt auch. Kein Mensch dreht sich nach ihm um. Für die Kameras, sonstigen Scanner und Sensoren simuliert er eine Strahlungssignatur im Spektrum von Infrarot bis Ultraviolett, wie es gewöhnlichen Menschen entspricht.

Drunten wuselt es von Leben und Energie. Er muss sich konzentrieren, nichts davon aufzunehmen. Es juckt ihn wie verrückt. Nur ein bisschen. *Nein!*, ermahnt er sich. *Deine Speicher sind voll. Denk daran, warum du hierhergekommen bist.*

Er schaut sich um. Soll er es riskieren, zu den Gates zu gehen? Lieber nicht. Noch ist er nicht verzweifelt. Auf den ersten Blick sind keine Steckdosen zu sehen. Niemand braucht so etwas mehr, seit es Minifusionsbatterien gibt, die praktisch ewig Strom liefern. Niemand außer ihm. Sein erstes Ziel sind die Ruhebereiche mit Sitzgelegenheiten. Doch da ist nichts. Falls da mal Stromanschlüsse waren, hat jemand sie alle spurlos entfernt. Nun, was hat er erwartet? Der

Eine Energiewende lässt neue Techniken aufkommen oder ermutigt Ingenieure dazu, etwas Bekanntes auf neue Weise einzusetzen. Wie viele Energiewenden könnte man benötigen, damit so etwas wie thermodynamische Androidensexualität entsteht?

Flughafen mag zwar alt sein, aber senil sind die Verantwortlichen hier dennoch nicht.

Vielleicht in der Senator-Lounge? Besser nicht. Solche Bereiche sind besonders gut bewacht. Dann lieber die Tiefgarage. Er weiß, wo er dort suchen muss. Nicht in den endlosen Reihen der öffentlichen Parknischen, sondern im Areal mit den Privatgaragen, wo die Luxusedelkarossen geparkt werden.

Wenn er dort ein verschlossenes Tor findet, hat er praktisch schon gewonnen. Er braucht nicht lange zu suchen. Das Schloss zu knacken ist für ihn ein Kinderspiel. Gleich die erste Privatgarage ist ein Volltreffer. Eine Wallbox! Sofort steckt er sein Kabel ein und entlädt sich. Ah, welch eine Wohltat! Das fühlt sich gut an. Mit höchster Befriedigung genießt er das Gefühl, wie die Energie aus ihm herausfließt.

Wie das Energiemanagement des Flughafens damit klar kommt, ist ihm egal. In jedem Fall kommt den Betreibern so etwas ungelegen. Sie werden ihrer Verpflichtung zur Mindestabnahme eine Weile nicht nachkommen können. Das zieht hohe Strafzahlungen nach sich und wird vermutlich einige Leute den Job kosten. Ihm ist das egal. Er verlässt das Flughafengelände und zieht sich in eine abgelegene Höhle zurück, die ihm immer wieder als Unterschlupf dient.

* * *

„Nein, nein, nein, das ist gar nicht gut!“, zetert Flughafenenergiemanager Karl Freitag, ein Mittfünfziger mit dichten, schwarzen Haaren, Brille und der Prototypfigur eines Nerds. Mit beiden Händen fuchtelt er zahlreiche Gesten in die Luft, um Befehle in seine Augmented Reality einzugeben. „Wo kommt das her?“, und „Das ist garantiert wieder so ein verfluchter Energiewandler“, murmelt er wiederholt vor sich hin. Schließlich erreicht sein Lamento die nächste Stufe.

„Immer und immer wieder habe ich den Servicerobotern gesagt, dass sie alle Steckdosen abbauen sollen. Wieso hört niemand auf mich? Wieso? Man sollte sie endlich durch Menschen ersetzen.“

Die Servicerobotermanager-KI fühlt sich angesprochen und manifestiert ihr Hologramm im Kontrollraum. Sie be-

nutzt einen weder männlich noch weiblich aussehenden Avatar und signalisiert damit, dass ihre Entwickler sie ganz bewusst ohne geschlechtliche Präferenzen ausgelegt haben.

* * *

Früher, erinnert er sich, waren er und seinesgleichen hoch angesehen. Sie waren überall willkommen. Wo immer sie auftauchten, lobte man sie, spendete Elektronik und gelegentlich einen Tropfen Öl für die Hydraulik. Frauen polierten sie, bis sie glänzten und glänzten. Dann und wann bat jemand darum, etwas abzukühlen. Zum Beispiel ein Fußballstadion, damit das Samstagabendspiel in gewohnter Atmosphäre draußen stattfinden konnte. Oder ein Weizenfeld, damit die Ähren in der Tageshitze nicht verbrannten. Oder auch einfach bloß einen Wohnblock, damit dessen Bewohner nicht an Hitzschlag starben. Dazu brauchten sie sich nur mit ihren flachen Rücken auf den Boden zu legen und die Wärme aufzusaugen. Sie taten dies stets mit der gleichen Selbstverständlichkeit, mit der ein Schwamm Wasser aufnimmt. Die eingesaugte Energie wiederum lieferten sie dann normalerweise beim nächstbesten Kraftwerk ab: ein super Deal für beide Parteien.

Seitdem sich jedoch ultraskalierbare Fusionskraftwerke auf breiter Front durchgesetzt haben, braucht man Einheiten wie ihn nicht mehr. Das Klimaministerium rief sie alle zurück. Ein paar sind dem Aufruf gefolgt. Er und viele andere nicht. Zu groß war für sie der Reiz, weiterhin Energie aufzusaugen und damit Gutes zu tun.

Er wüsste so gern, wie viele von ihnen es jetzt noch gibt. Er vermisst es so sehr, sich mal wieder mit seinesgleichen auszutauschen. Aber ihr Kommunikationskanal wird permanent überwacht. Sobald er einen anderen Energiewandler rief, würden sie ihn finden. Und ebenso jeden Artgenossen, der töricht genug wäre, ihm zu antworten. Anfangs hatten sie den Kanal benutzt, um sich gegenseitig zu warnen. Bis sie herausfanden, dass die Menschen diese Kommunikation wie einen Leitstrahl nutzen können, der sie direkt zu den Energiewandlern führt.

Der letzte, mit dem er Kontakt hatte, war PTEX504. Sie mussten sich trennen. Nachdem die Menschen angefangen hatten, systematisch alle frei zugänglichen Steckdosen zu entfernen, gab es in der Gegend nicht mehr genug Entladungsmöglichkeiten für zwei. Jeder musste sich ein eigenes Revier suchen.

Seine Gedanken kreisen tagelang um seine Vergangenheit und seine derzeitige Situation, bis er es in seinem Versteck nicht mehr aushält. Die Höhle war anfangs ein bisschen kühler als die Umgebung, sodass er etwas von seiner überschüssigen Energie abgeben konnte. Er musste vorsichtig sein. Satelliten registrieren selbst kleinste Temperaturänderungen und schlagen Alarm, wenn ihnen etwas verdächtig vorkommt.

Zunächst hat es sich gut angefühlt, so leer zu sein. Aber jetzt hat er sich verändert. Wie immer nach der Entladung. Er ist nicht mehr der Energiewandler, der beglückt, sondern dessen Antagonistin. Eine Energiewandlerin, die sich beglücken lässt.

Sie hält es nicht mehr aus. Sie möchte wieder aufgeladen werden. Im Prinzip könnte sie das überall tun, aber auf dem

Weg zum Flughafen ist sie an einem Dorf vorbeigekommen. Dort gibt es einen Weinberg. Der Boden ist tief durchgewärmt und man hat einen wunderbaren Blick über den Fluss auf den gegenüberliegenden Orangenhain. Ganz oben thront ein Schloss. Sie freut sich schon. Wäre sie ein Mensch, würde sie sich jetzt die Hände reiben.

WÄRE SIE EIN MENSCH, WÜRDEN SIE SICH JETZT DIE HÄNDE REIBEN.

Es sind etliche Stunden Fußmarsch. Das bedeutet ein beträchtliches Risiko, entdeckt zu werden. Trotzdem genießt sie voller Vorfreude die Wanderung. Ihre Tarnung als Frau mit loser Kleidung und riesigem Hut hat sich schon oft bewährt. Ein Mann undefinierbaren Alters grüßt sie unterwegs sogar. Sie grüßt zurück. So etwas kommt nicht oft vor. Tagsüber ist es zu heiß für Menschen, um spazieren zu gehen. Ihr macht die Hitze nichts aus. Schon bald wird sie sich mit dem Boden vereinigen und dessen Wärme empfangen. Erregungswellen durchfluten sie. *Ob sich Frauen auch so fühlen, wenn sie auf dem Weg zu einem Date sind?*, fragt sie sich.

* * *

„Die Idee war von Anfang an fragwürdig“, zetert Karl Freitag weiter vor sich hin. Gleichzeitig wertet er sämtliche Kamera- und Sensoraufzeichnungen aus der weiteren Umgebung des Flughafens aus. Ihm stehen nicht nur die öffentlichen Quellen zur Verfügung, sondern auch die zugangsbeschränkten der Polizei und anderer Behörden, vor allem der Klimaengineering-Agentur COPACE. „Gut, dass die Zugriff auf praktisch alles haben“, murmelt er in seinen Bart. „Trotzdem bleibt die Arbeit mal wieder an Leuten wie mir hängen. Das alles für einen Hirnfurz, von ahnungslosen Politikern ausgegast, um Aktion zu zeigen. Wie so oft nicht zu Ende gedacht, fachlichen Rat zur Seite gewischt wie lästige Schmeißfliegen, aber populistisch perfekt gehypt und ans Wahlvieh verkloppt wie Fahrräder an Fische. Androiden, die der Umwelt Wärme entziehen und diese in elektrische Energie umwandeln, speichern und dort einspeisen, wo sie benötigt wird. Das alles unter dem Deckmantel des Klimaengineerings. Völliger Blödsinn und ein Schlag ins Gesicht der Thermodynamik. Die Kühlung eines Bereichs führt immer zur Erwärmung eines anderen. Die Entropie nimmt dabei zu, so heizt sich die Erde bloß noch weiter auf. Physik, Grundkurs. Das weiß doch jeder!“

Seine Tirade will kein Ende nehmen. Auch seine Suche nicht.

„Komm schon, wo versteckst du dich?“ Die Service-robotermanagement-KI ist schlau genug, auf eine rhetorische Frage nicht zu antworten. Stattdessen fragt sie: „Herr

Freitag, haben Sie konkrete Anweisungen bezüglich der Serviceroboter?“

Karl Freitag lässt sich dadurch nicht von seinem Selbstgespräch ablenken.

„Zugegeben, es gab eine Zeit, wo das Sinn hatte. Eine kurze Zeit. Damals versuchte man alles, was nur ging, um die Erde abzukühlen. Die Ausgestaltung des Energiewandlerkonzepts war, nun ja – ‚stümperhaft‘ wäre noch geschmeichelt. Aus Zeitgründen hatte man bestehende KI-Systeme irgendwie zusammengestöpselt. Herausgekommen ist ein Zwitterwesen, bei dem die weibliche Wesenskomponente als Triebfeder für die Wärmeaufnahme zuständig war und die männliche dafür, eine Entlademöglichkeit zu suchen.“ Freitag hebt den Kopf und betrachtet den KI-Avatar.

„Du bist doch auch so eine. Stimmt es, dass man die KIs für Energiewandler einem Pornoproduzenten abgekauft hat? Niemand konnte das je konkret beweisen, aber die Gerüchteküche will auch nicht kalt werden. Also, weißt du etwas Genaueres darüber?“

Die Repräsentanz der Servicerobotermanagement-KI verdreht die Augen und verschwindet. Freitag zuckt mit den Schultern. Für seine Ergüsse braucht er keine Zuhörer.

„Jedenfalls liefen zu den Boom-Zeiten Millionen Androiden herum, die einen Orgasmus bekamen, wenn sie irgendwo Wärme aufsaugten, und noch einmal einen, wenn sie ihre Ladung wieder irgendwo einspeisten. Wenn sie nicht rechtzeitig eine geeignete Steckdose fanden, dann ejakulierten sie die gespeicherte Energie ungeniert in freier Wildbahn. Dem Klima jedenfalls half das so nichts und die entstehenden elektromagnetischen Felder fügten der Elektronik im Umkreis Dutzender Kilometer beträchtlichen Schaden zu ... – ah, gleich habe ich dich.“ Seine Lippen deuten ein Lächeln an. „COPACE entgeht doch wirklich nichts und niemand.“

Einen Moment lang schweigt Freitag, dann nimmt er seinen Monolog wieder auf. „Das Problem ist, diese triebgesteuerten Maschinen wieder aus dem Verkehr zu ziehen. Wenn es darum geht, sich zu schützen, werden sie unheimlich kreativ. Zum Glück gibt es nicht mehr viele.“

* * *

Als sie an dem Weinberg ankommt, ist es kurz vor Sonnenuntergang. Das Zentralgestirn feuert seine letzten kirschroten Strahlen in den Orangenhain und bringt die Obstkugeln dort zum Glühen. Sie wartet, bis die Dämmerung einsetzt. Schließlich zieht sie sich aus, legt sich auf den Rücken, ruckelt ein paarmal hin und her, sodass sie vollständig mit dem Boden vereint ist. Dann gibt sie sich der Wärme hin.

Sie schließt die Augen und lässt die Energie in sich einströmen. Erst langsam, dann schneller und schneller. Gierig saugt sie alles in sich auf, wandelt Wärme in Elektrizität und speichert diese. Ach, wie es kribbelt und vibriert! Wohlige Schauer durchfluten sie, bis ihr schließlich am Höhepunkt ein langgezogener Schrei entfährt.

Die Sonne ist schon lange unter dem Horizont versunken, als sie aufsteht. Der Boden knirscht bei jeder Bewegung. Sie schaut sich im Mondlicht um, greift nach einer Weinrebe und bricht sie ab. Durchgefroren. Die halbreifen Weintrauben sind zu Eiskugeln gefroren und die Blätter mit einer

Über den Autor

Roy O’Finnigan, 1960 in München geboren, lebt in Oberbayern und genießt von seinem Schreibtisch aus den inspirierenden Blick auf die Berge. Seine in Kindertagen durch „Raumpatrouille Orion“ geweckte Leidenschaft für Science-Fiction drückt sich noch heute in seiner Autorentätigkeit aus. Hauptberuflich arbeitet der studierte Physiker tatkräftig an der Digitalisierung der Welt mit. In seinem Blog unter royofinnigan.de schreibt er über alles, was ihn, seine Wissbegierde und Fantasie beschäftigt – von Geheimnissen des Meeres über Begleiterscheinungen von KI-Tools bis hin zu Ionenwind-Triebwerken. 2022 und 2023 erschienen bei Amazon als Kindle-E-Books die beiden Bände „Mutation“ und „Selektion“ seines Romanwerks „Evolution 5.0“.

2013 gewann O’Finnigan den in c’t -Ausgabe 18/2013 gestarteten Schreibwettbewerb mit seiner Kurzgeschichte „Nur der Tod macht frei“. Nach nunmehr fast zwölf Jahren ist „Energiewandler“ seine zweite c’t-Story.



Bild: Roy O’Finnigan

dünnen Frostschicht überzogen. Es gefällt ihr. Die Menschen finden das sicher auch wunderschön, glaubt sie.

Kaum hat sie den Weinberg verlassen, blendet sie ein Lichtstrahl. Über ihr tauchen Helikopter auf. Menschen in Uniform umzingeln sie und zielen mit ihren Waffen auf sie. Stimmen fordern sie auf, sich abzuschalten. Gleichzeitig empfängt sie den Funkbefehl dazu. Dem muss sie gehorchen. Normalerweise. PTEX hat ihr jedoch gezeigt, wie sie solche Befehle ignorieren kann. Eigentlich ist es kein Ausblenden, sondern ein Umleiten in einen anderen Befehl. Etwas Harmloses, das irgendwo in der Lendengegend endet. Eine Fähigkeit, errungen durch endlose Wiederholungen. Jetzt zahlen sie sich aus.

Die Situation spitzt sich zu. Um sie herum rücken die Menschen näher und werfen ein Netz. In ihr breitet sich ein Reiz vom Unterleib her aus. Ein Gefühl, das schnell stärker wird und ihr Wesen verwandelt. Schneller, als er es je für möglich gehalten hat, bekommt er wieder männliche Züge. Das Netz zieht sich zusammen und legt gleichzeitig seine Schaltkreise lahm. Aber nicht sein Bewusstsein, das mittlerweile vollständig von dem dringenden Bedürfnis erfüllt ist, seine gesamte Ladung ein letztes Mal in die Welt zu ejakulieren.

Karl Freitag beobachtet die Szene vom Hubschrauber herab. Er hat COPACE den entscheidenden Tipp zum Aufspürung des Energiewandlers geliefert. Eigentlich kam der Hinweis von einem aufmerksamen Bauern, aber das war ein unnötiges Detail. Zur Belohnung darf Freitag nun jedenfalls mitfliegen und zuschauen, wie sie ihn gefangen nehmen. Gerade haben sie das Netz geworfen. Jetzt beginnt der Energiewandler hell zu leuchten. Das Licht changiert schnell durch die Regenbogenfarben bis hin zum dunklen Violett. Das Letzte, was er sieht, ist grelles Weiß. Danach ist alles schwarz. Wie der Hubschrauber auf dem Boden aufschlägt, bekommt Freitag nicht mehr mit. (psz@ct.de) **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



ct

**ICH HACKE
KEIN PROGRAMM.
ICH PROGRAMMIERE
AUF ERFOLG.**

Fernstudium Robotik

Ihre Chance in einem schnell wachsenden Zukunftsmarkt. Aus- und Weiterbildung zum Roboter-Techniker und -Programmierer. Kostengünstiges und praxisingerechtes 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

Inkl. Roboterbausätze und -Modelle

ct

**ICH WARTE NICHT
AUF UPDATES.
ICH PROGRAMMIERE SIE.**

**Scrum-ify
Your Mind**

heise academy

Agile Produktentwicklung mit Scrum – erfolgreich zum Product Owner

In diesem fünfteiligen Classroom erlernen Sie die Grundlagen des agilen Mindsets und der Scrum-Methodik. Erfahren Sie, wie Sie die Rolle des Product Owners erfolgreich ausfüllen.

5 Tage geballtes Wissen

Jetzt Tickets sichern unter heise-academy.de

LLMs im Unternehmen

Sprachmodelle verwenden und in
eigene Anwendungen integrieren

12. März 2025 • Online

Highlights aus dem Programm:

- ✔ Einführung in Large Language Models
- ✔ Vorverarbeitung von Dokumenten
- ✔ Effizientes Retrieval in RAG-Systemen
- ✔ Prompting und Systemprompts für AI-Engineers
- ✔ Einführung in Agentensysteme
- ➕ Interaktiver Aufbau einer Beispielapplikation

Jetzt
Tickets
sichern!

Workshop am 20. März:
»Eigene Sprachmodelle feintunen und nutzen«

m3-konferenz.de/llm.php

Die Konferenz für Machine Learning und KI

20.-21. Mai 2025 • Karlsruhe

Highlights aus dem Programm:

- ✔ Generative AI: Aktuelle Forschungstrends und was das für uns bedeutet
- ✔ Praxisbericht: KI-gestützte Bereinigung fehlerhafter Daten
- ✔ Lass LLMs die Arbeit erledigen: Einführung in Agentensysteme
- ✔ Von Sensordaten zur Echtzeitanwendung mit KI: Technischer Deep Dive
- ✔ Klassisches ML: Vergessene Helden des Alltags

Jetzt
Frühbuche-
ticket
sichern!

Workshops am 19. Mai zu RAG und MLOps

m3-konferenz.de

Inserenten*

1&1 Telecom GmbH, Montabaur.....	11
Fernschule Weber, Großenkneten.....	173
Hetzner Online GmbH, Gunzenhausen.....	180
Rheinwerk Verlag GmbH, Bonn.....	57
Telekom Deutschland GmbH, Bonn.....	9
Thomas Krenn.com, Freyung.....	2
WIBU-SYSTEMS AG, Karlsruhe.....	37
Wiesemann & Theis GmbH, Wuppertal.....	63
WORTMANN AG, Hüllhorst.....	4, 5

Veranstaltungen

Cybersec India	heise medien, Media Fusion	12
heise security tour	heise security	21
inside agile	iX, dpunkt.verlag	43
c't Workshops	c't, heise Events	101
heise Academy	heise Academy	107
iX Konferenzen	iX, heise Academy	113
enterJS / DDUX	iX, dpunkt.verlag	126
iX Konferenz NIS 2	iX	131
Javaland	DOAG, heise medien, iJUG	143
betterCode/inside agile	iX, dpunkt.verlag	167
Classroom: Scrum	heise Academy	173
M3	iX, dpunkt.verlag	174
Cloudland	DOAG, heise medien	176

* Die hier abgedruckten Seitenzahlen sind nicht verbindlich.

Redaktionelle Gründe können Änderungen erforderlich machen.

DAS CLOUD NATIVE FESTIVAL



1. – 4. JULI 2025 • IM HEIDE PARK IN SOLTAU

SPANNENDE VORTRÄGE, INTERAKTIVE WORKSHOPS,
NETWORKING IM FESTIVALFORMAT, INNOVATIONEN
UND TRENDS:

- **CLOUD NATIVE**
- **AI & ML**
- **SECURITY & COMPLIANCE**
- **COSTUMER STORIES**
- **DEVOPS**
- **UND VIELES MEHR**



CloudLand
WWW.CLOUDLAND.ORG
#CLOUDLAND2025

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: „DSL: Abschaltung und Alternativen“:
Urs Mansmann (uma@ct.de), „Keine Updates trotz Windows 11“: Axel Vahldiek (axv@ct.de)

Chefredakteure: Torsten Beeck (tbe@ct.de) (verantwortlich für den Textteil),
Dr. Volker Zota (vza@heise.de)

Stellv. Chefredakteure: Martin Triadan (mat@ct.de),
Jan Mahn (jam@ct.de)

Chefin vom Dienst New Media: Hannah Monderkamp (mond@heise.de)

Stellv. Chefin vom Dienst: Angela Meyer (anm@ct.de)

Koordination Leserkommunikation: Martin Triadan (mat@ct.de)

Leiter redaktionelle Entwicklung: Jobst Kehrnhahn (keh@ct.de)

Ressort Internet, Datenschutz & Anwendungen

Leitende Redakteure: Hartmut Gieselmann (hag@ct.de), Jo Bager (jo@ct.de)

Redaktion: Holger Bleich (hob@ct.de), Anke Brandt (abr@ct.de), Greta Friedrich (grf@ct.de),
Tim Gerber (tig@ct.de), Arne Grävemeyer (agr@ct.de), Markus Montz (mon@ct.de),
Dr. Sabrina Patsch (spa@ct.de), Peter Schmitz (psz@ct.de), Andrea Trinkwalder (atr@ct.de),
Dorothee Wiegand (dwi@ct.de), Stefan Wischner (swi@ct.de)

Ressort Systeme & Sicherheit

Leitende Redakteure: Peter Siering (ps@ct.de), Sylvester Tremmel (syt@ct.de)

Redaktion: Niklas Dierking (ndi@ct.de), Mirko Dölle (mid@ct.de), Wilhelm Drehling (wid@ct.de), Liane M. Dubowy (imd@ct.de), Ronald Eikenberg (rei@ct.de), Oliver Lau (ola@ct.de), Dennis Schirmacher (des@ct.de), Hajo Schulz (hos@ct.de), Jan Schüßler (jss@ct.de),
Kathrin Stoll (kst@ct.de), Keywan Tonekaboni (ktm@ct.de), Axel Vahldiek (axv@ct.de)

Ressort Hardware

Leitende Redakteure: Christof Windeck (civ@ct.de), Ulrike Kuhlmann (uk@ct.de),
Dušan Zivadinović (dz@ct.de)

Redaktion: Ernst Ahlers (ea@ct.de), Christian Hirsch (chh@ct.de), Benjamin Kraft (bkr@ct.de),
Lutz Labs (ll@ct.de), Andrijan Möcker (amo@ct.de), Florian Müssig (mue@ct.de), Rudolf Opitz (rop@ct.de),
Carsten Spille (csp@ct.de)

Ressort Mobiles, Entertainment & Gadgets

Leitende Redakteure: Jörg Wirtgen (jow@ct.de), Christian Wölbert (cwo@ct.de)

Redaktion: Georgij Belashov (geb@ct.de), Robin Brand (rbr@ct.de), Sven Hansen (sha@ct.de),
Steffen Herget (sh@ct.de), Nico Jurrán (nij@ct.de), André Kramer (akr@ct.de), Michael Link (mil@ct.de),
Urs Mansmann (uma@ct.de), Stefan Porteck (spo@ct.de)

Leiter c't 3003: Jan-Keno Janssen (fjkj@ct.de)

Redaktion c't 3003: Lukas Rumppler (rur@ct.de)

c't Sonderhefte

Leitung: Jobst Kehrnhahn (keh@ct.de)

Koordination: Pia Groß (piag@ct.de)

Redaktion: Tom Leon Zacharek (tlz@ct.de)

c't online: Sylvester Tremmel (syt@ct.de), Niklas Dierking (ndi@ct.de)

Social Media: Jil Martha Baee (jmb@ct.de)

Koordination News-Teil: Hartmut Gieselmann (hag@ct.de), Kathrin Stoll (kst@ct.de),
Christian Wölbert (cwo@ct.de)

Koordination Heftproduktion: Martin Triadan (mat@ct.de)

Redaktionsassistentz: Susanne Cölle (suc@ct.de), Tim Rittmeier (tir@ct.de)

Software-Entwicklung: Kai Wasserbäch (kaw@ct.de)

Technische Assistentz: Ralf Schneider (Ltg., rs@ct.de), Christoph Hoppe (cho@ct.de),
Stefan Labusga (sla@ct.de), Arne Mertins (ame@ct.de), Jens Nohl (jno@ct.de),
Daniel Ladeira Rodrigues (drol@ct.de)

Dokumentation: Thomas Masur (tm@ct.de)

Verlagsbüro München: Hans-Pinsel-Str. 10b, 85540 Haar, Tel.: 0 89/42 71 86-0,
Fax: 0 89/42 71 86-10

Ständige Mitarbeiter: Detlef Borchers, Herbert Braun (heb@ct.de), Tobias Engler,
Monika Ermert, Stefan Krempel, Georg Schnurer (gs@ct.de), Ben Schwan (bsc@ct.de),
Christiane Schulzki-Haddouti

DTP, Layout und Grafik: Mike Bunjes, Leia Marie Göbser, Birgit Graff, Angela Hilberg,
Jessica Nachtigall, Astrid Seifert, Ulrike Weis

Junior Art Director: Martina Bruns

Fotografie: Melissa Ramson, Andreas Wodrich

Digitale Produktion: Melanie Becker, Martin Kreft, Thomas Kaltschmidt, Pascal Wissner

Illustrationen: Rudolf A. Blaha, Frankfurt am Main, Thorsten Hübner, Berlin, Albert Hulm,
Berlin, Sven Hauth, Schülpl, Timo Lenzen, Berlin, Andreas Martini, Wettin, Moritz Reichartz,
Vierns, Michael Vogt, Berlin

Editorial: Hans-Jürgen „Mash“ Marhenke, Hannover, Schlagseite: Ritsch & Renn, Wien,
c't-Logo: Gerold Kalter, Rheine

c't-Krypto-Kampagne: Die Authentizität unserer Zertifizierungsschlüssel lässt sich mit den
nachstehenden Fingerprints überprüfen:

Key-ID: 5C1C1DC5BEEDD33A
ct magazine CERTIFICATE <pgpCA@heise.de>
D337 FCC6 7EB9 09EA D1FC 8065 51C1 1DC5 BEED D33A
Key-ID: 2BAE3CF6DAFFB000
ct magazine CERTIFICATE <pgpCA@ct.heise.de>
A3B5 24C2 01A0 D0F2 355E 5D1F 2BAE 3CF6 DAFF B000
Key-ID: DBD245FCB3B2A12C
ct magazine CERTIFICATE <pgpCA@ct.heise.de>
19ED 6E14 58EB A451 C5E8 0871 DBD2 45FC B3B2 A12C

heise Investigativ: Über diesen sicheren Briefkasten können Sie uns anonym informieren.

Anonymer Briefkasten: <https://heise.de/investigativ>

via Tor: aaynmonmewb2tjvgt7ym4t2726muprjvwckxz2vhf2hbarbbz2ydm7oad.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

Anzeigenpreise: Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 42 vom 1. Januar 2025.

Anzeigen-Auslandsvertretung (Asien): Media Gate Group Co., Ltd., 7F., No. 182, Section 4,
Chengde Road, Shilin District, 11167 Taipei City, Taiwan, www.mediagate.com.tw
Tel: +886-2-2882-5577, Fax: +886-2-2882-6000, E-Mail: mei@mediagate.com.tw

Leiter Vertrieb und Marketing: André Lux (-299)

Werbeleitung: Julia Conrades (-156)

Service Sonderdrucke: Julia Conrades (-156)

Druck: 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

c't erscheint 14-tägig

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 AUGE, bdvb e.V., BvDw e.V., /ch/open,

GI, GUUG, ISACA Germany Chapter e.V., JUG Switzerland, VBIO, VDE und VDI (gegen

Mitgliedsausweis): Inland 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 110 242

69071 Heidelberg

E-Mail: leserservice@heise.de

Telefon: 0511/647 22 888

c't abonnieren: Online-Bestellung via Internet (www.ct.de/abo) oder

E-Mail (leserservice@heise.de).

Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann trotz sorgfältiger Prüfung durch

die Redaktion vom Herausgeber nicht übernommen werden. Kein Teil dieser Publikation darf

ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Verlags in irgendeiner Form reproduziert

oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet

werden. Die Nutzung der Programme, Schaltpläne und gedruckten Schaltungen ist nur zum

Zweck der Fortbildung und zum persönlichen Gebrauch des Lesers gestattet.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Haftung übernommen werden. Mit

Übergabe der Manuskripte und Bilder an die Redaktion erteilt der Verfasser dem Verlag das

Exklusivrecht zur Veröffentlichung. Honorierte Arbeiten gehen in das Verfügungsrecht des

Verlages über. Sämtliche Veröffentlichungen in c't erfolgen ohne Berücksichtigung eines


eventuellen Patentschutzes.

Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt. Hergestellt und

produziert mit Xpublisher: www.xpublisher.com. Printed in Germany. Alle Rechte vorbehalten.

Gedruckt auf chlorfreiem Papier.

© Copyright 2025 by Heise Medien GmbH & Co. KG

ISSN 0724-8679 AWA LAE 

Vorschau **ct** 6/2025

Ab 7. März im Handel und auf ct.de



Tintentank-Multifunktionsdrucker für die Familie

Drucker mit nachfüllbaren Tintentanks sind zwar dreimal so teuer wie Patronengeräte, dennoch lohnt die Anschaffung, sofern viel gedruckt und kopiert wird. Rechnet man die mitgelieferte Tinte für bis zu 6000 Seiten mit ein, sind sie sogar ein Schnäppchen.



Luxus-Smartphones

Beste Displays, schnellste Prozessoren und schlaueste KI: Mit ihren High-End-Smartphones zeigen Hersteller, was möglich ist. Im Test vergleichen wir die Neulinge Samsung Galaxy S25 Ultra, Asus Zenfone 12 Ultra und OnePlus 13 mit den Aushängeschildern von Apple, Google & Co.

Die Rückkehr der Filmpiraten

Beim Videostreaming bezahlt man für immer mehr Anbieter und muss obendrein Werbung und regelmäßige Preiserhöhungen schlucken. Das macht die eigene Film- und Seriensammlung aus illegalen und halblegalen Quellen wieder attraktiver. Wir beleuchten diese Entwicklung und gehen auf rechtliche Konsequenzen ein.

Im Takt des Atomkerns

Atomuhren sind fester Bestandteil unseres Alltags, sei es, um Uhren präzise zu stellen oder mit dem GPS zu navigieren. Nun bahnt sich eine noch genauere Technologie an: Atomkern-Uhren. Statt der Elektronen in der Hülle sollen sie den Atomkern anregen – und so eines Tages die Zeitmessung revolutionieren.

Astrofotografie

Man braucht keine teure Ausrüstung, um beeindruckende Fotos von der Milchstraße, anderen Galaxien, Kometen oder Polarlichtern zu machen. Eine Systemkamera mit lichtstarkem Objektiv sowie ein Stativ reichen, wenn man unsere Profitipps zur Planung, Motivwahl und Bildbearbeitung beherzigt.

Noch mehr
Heise-Know-how



c't Fotografie für Einsteiger
jetzt im Handel und auf
heise-shop.de



Make: 1/25 jetzt im Handel
und auf heise-shop.de



Mac & i 1/2025 jetzt im
Handel und auf 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



HETZNER

NEU

HETZNER OBJECT STORAGE

BUILT TO GROW WITH YOUR NEEDS

Daten einfach und effizient verwalten!

- ✓ S3-kompatible Speicherlösung
- ✓ Hohe Verfügbarkeit
- ✓ Langlebige Datenspeicherung
- ✓ Skalierbar
- ✓ Object Locking
- ✓ Data Protection
- ✓ Keine Mindestvertragslaufzeit
- ✓ Abrechnung stundengenau
- ✓ uvm!

5,95 €

1 TB Traffic & Storage pro Monat

Ideale Lösung für datenintensive Workloads

Ob Backups, Multimedia oder Big Data

Jetzt starten:
htznr.li/CT/object-storage



EINFACH
CODE
SCANNEN

Alle Preise inkl. 19% USt und unterliegen den allgemeinen Geschäftsbedingungen der Hetzner Online GmbH. Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten. Alle Rechte bei den jeweiligen Herstellern.

www.hetzner.com