



Das neue Heizungsgesetz: Was Sie wissen müssen

Energie clever nutzen: Wärmepumpen-Praxis
Sieben smarte Thermostate im Test

TEST

Grafikkarten ab 250 Euro von AMD, Intel & Nvidia
AMDs Oberklasse-Radeons RX 7700 XT & 7800 XT
Fairphone 5: Gut reparierbar, Support bis 2031
Screenrecorder für Windows, macOS, Linux



24 PCIe-SSDs im Test

Von günstig bis superschnell • Winziges 2-TByte-Modul

FOKUS

RAM im Preis-Leistungs-Vergleich: DDR4 vs. DDR5
Übersicht: 5G-Mobilfunktarife für feste Standorte
Forschungserfolge bei Gehirn-Computer-Schnittstellen
Microsoft Office per Tastatur schneller bedienen

€ 5,90
AT € 6,50 | LUX, BEL € 6,90
NL € 7,20 | IT, ES € 7,40
CHF 9.90 | DKK 64,00

Optimale Windows-Treiber

Für ein sicheres und stabiles Betriebssystem

Hardware-Treiber finden, auswählen und installieren • Fallen umgehen



22

Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.



Cybersecurity Zertifizierungen

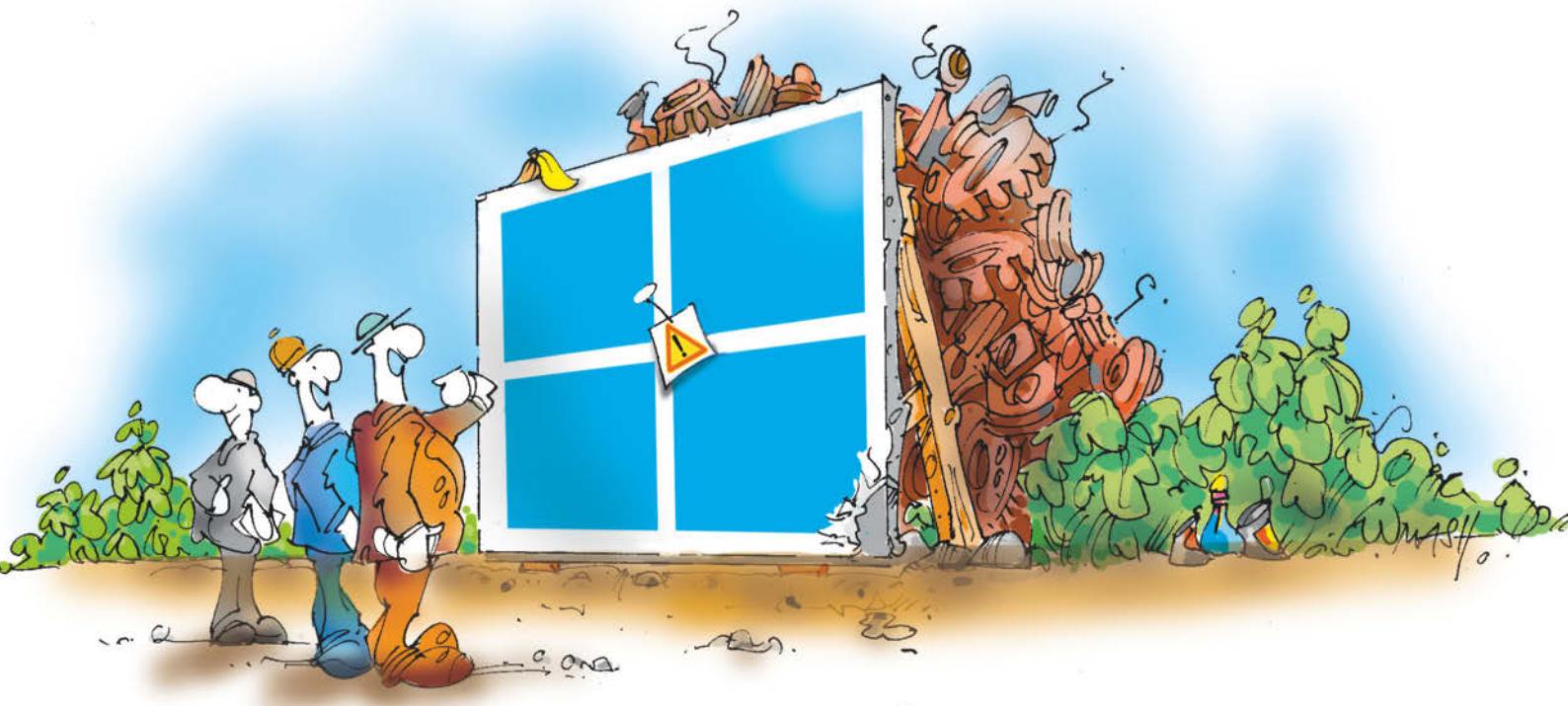
Eine sichere IT-Infrastruktur ist in fast jedem Unternehmen die Basis für gute Geschäfte. Mit ihr steht und fällt das Vertrauen von Kunden und die Motivation der Mitarbeiter. Mit unseren systematischen Cybersecurity-Zertifizierungen legen Sie ein belastbares Fundament – für eine sichere IT und langfristiges Vertrauen Ihrer Stakeholder.

- ISO/IEC 27001 ISMS-Zertifizierung
- ISO/IEC 20000-1 – Zertifizierte Service-Level in der IT
- TISAX® – Der Nachweis für IT-Sicherheit in der Automobilbranche
- KRITIS – Nachweis nach § 8a BSIG
- KRITIS – Prüfung für Systeme zur Angriffserkennung (SzA)
- Zertifizierung nach IT-Sicherheitskatalog für Strom-, Gasnetz- und Energieanlagenbetreiber
- ISO 22301 – Business Continuity Management (BCM)

tuvsud.com/cyber-security-zertifizierungen

Mehr Info





Windows-Treiber: Gefrickel seit Jahrzehnten

Linux wird gerne als Frickel-Betriebssystem belächelt, das sich nur für Freunde ewigen Gefriemels eigne. Doch das eigentliche Frickelsystem ist Windows. Denn auch nach 38 Jahren Entwicklungszeit können Windows-Nutzer noch immer Stunden ihrer Lebenszeit mit der Treibersuche vertrödeln. Dabei werden sie obendrein zur leichten Beute von Betrügern, die Malware und Adware über Treiber-Downloadseiten verteilen.

Bei einem komplett mit vorinstalliertem Windows gekauften Notebook oder PC stolpert man zwar selten über fehlende Treiber. Doch wehe, man installiert Windows neu oder schraubt gar selbst an der Hardware. Viel zu häufig droht dann Ärger mit Treibern: Manche fehlen, andere sind veraltet, fehlerhaft oder voller Sicherheitslücken. Dabei sind Kompatibilität und flexible Hardware-Auswahl zwei der großen Stärken, mit denen Windows punkten will.

Die Schuld für Treiberhakeleien liegt zwar meistens nicht bei Microsoft, sondern bei den Herstellern von Notebooks, PCs und deren Komponenten. Der schulterzuckende Verweis auf unfähige Hardwarefirmen hilft Windows-Nutzern jedoch nicht. Für Sicherheit und zeitgemäßen Komfort unter Windows muss Microsoft selbst sorgen. Microsoft lobt sich seit Jahren dafür, auf bes-

sere Treiber zu drängen und diese per Windows Update automatisch zu verteilen. Das klappt im Prinzip auch, weil die Technik dahinter kein Hexenwerk ist. Der vergleichsweise sichere Installationspfad führt allerdings zu oft ins Nirvana oder muss umgangen werden, damit der Rechner unter Windows überhaupt richtig läuft, siehe Seite 56.

Wer sich mit der Treibersuche abplagt, erledigt unnötige Arbeit, zu der Microsoft und Hardware-Hersteller schlichtweg keine Lust hatten. Wer daran scheitert, fühlt sich obendrein als Depp hingestellt. Der Frust über den zusammengefrikkelten Windows-Treiberunterbau treibt viele Leute in Apples macOS-Universum. Und zumindest für ältere Computer beschafft und aktualisiert Linux Treiber längst nutzerfreundlicher als Windows. Wenn Microsoft wirklich wollte, könnte Windows das auch. Offenbar fehlt der Wille.



Christof Windeck

Wer hat Angst

End of Support für Windows Server

Am 10. Oktober stellt Microsoft den Support für das betagte Betriebssystem Windows Server 2012/R2 nun endgültig ein. Wer das obsolete OS weiter nutzt, riskiert viel – ohne regelmäßige Security-Updates steht Ihre IT Cyberangriffen, Hacks und anderen Bedrohungen aus dem Netz schutzlos gegenüber.

Für die **Thomas-Krenn.AG** hat der Schutz Ihrer Unternehmens-IT seit über 20 Jahren höchste Priorität. Wir informieren Sie über mögliche Sicherheitslücken und bieten Ihnen maßgeschneiderte **Security-Lösungen**.

Setzen Sie nicht die Integrität Ihrer Daten und Ihrer IT aufs Spiel! Vermeiden Sie kostspielige Datenverluste und wechseln Sie rechtzeitig zu **Windows Server 2022** – wir unterstützen Sie gerne dabei. Alle nötigen Lizenzen finden Sie in unserem Onlineshop unter thomas-krenn.com/2012

Ihre Vorteile

- Verbesserte Sicherheit
- Integration von Microsoft Azure
- Stärkere Performance
- Windows Admin Center
- Verbesserte HCI-Unterstützung
- Gesicherter Langzeit-Support
- Erweiterte Container-Unterstützung



vorm 10. Oktober?

2012/R2 – sind Sie vorbereitet?

JETZT WECHSELN!

Windows Server 2022



ACHTUNG

Jetzt absichern:

thomas-krenn.com/2012

+49 (0) 8551.9150-300

**THOMAS
KRENN®**

Inhalt ct 22/2023

Titelthemen

Das neue Heizungsgesetz: Was Sie wissen müssen

- 16 **Wärmepumpe & Co.** Die Rechtslage
- 22 **Smarte Heizungsthermostate** im Test
- 28 **Energieeffizienz** Wärmepumpen ideal betreiben

Optimale Windows-Treiber

- 56 **Treiber für Windows** Warum? Welche? Woher?
- 62 **Sonderfall Notebooks** Treiber-Tools und -Tipps
- 66 **Windows-Setup** Ziellaufwerk bekannt machen
- 70 **SSDs** Nicht immer fehlt ein Treiber

24 PCIe-SSDs im Test

- 88 **SSDs** Günstig und superschnell mit 1 und 2 TByte

Test & Beratung

- 72 **AMDs Oberklasse-Radeons RX 7700 XT & 7800 XT**
- 76 **Smartwatch** Samsung Galaxy Watch 6 Classic
- 77 **In-Ear-Kopfhörer** Jabra Elite 8 active
- 78 **RAM im Preis-Leistungs-Vergleich: DDR4 vs. DDR5**
- 80 **Datenrettung** GUI für ddrescue
- 80 **LoRaWAN-Abstandssensor** Dragino LDDS75
- 82 **Fairphone 5: Gut reparierbar, Support bis 2031**
- 86 **Monitor mit USB-C-Dock** Dell Ultrasharp U3023E
- 98 **Grafikkarten ab 250 Euro von AMD, Intel & Nvidia**
- 104 **Übersicht: 5G-Mobilfunktarife für feste Standorte**
- 110 **Screenrecorder für Windows, macOS, Linux**
- 166 **Bücher** Fachinformatiker, KI und Arbeitswelt

Aktuell

- 14 **Fritzbox-Sicherheitslücke**
- 32 **Notebook-CPU** Intel Meteor Lake
- 34 **Bit-Rauschen** Apple A17 Pro enttäuscht
- 36 **Digital Markets Act** verpflichtet Gatekeeper
- 37 **Linux** Ubuntu 23.10, Gnome 45
- 38 **Security** Woher die MS-Cloud-Schlüssel kamen
- 39 **Apple** iPhone 15 mit USB-C in vier Varianten
- 40 **Postbank** IT-Migration bringt Kunden in Not
- 42 **Handel und Geld** Debitkarten, Schufa
- 43 **Einplatinencomputer** Milk-V Mars mit RISC V
- 44 **Digitale Verwaltung** Deutsche Defizite
- 45 **Photovoltaik** Förderung für E-Auto-Besitzer
- 46 **Hardware** Mini-PCs, Thunderbolt 5
- 47 **Windows** Ende von TLS 1.x und WordPad
- 48 **Forschung** Autonome Drohne, Gedruckte Muskeln
- 50 **Internet** Vorratsdatenspeicherung gestoppt
- 51 **Spiele** Aus für Mimimi Games
- 52 **Web-Tipps** Längster Pkw, Audioeditor, TV-Zeitreise

16 Das neue Heizungsgesetz



Das neue Gebäudeenergiegesetz verschärft die Regeln für Heizungsanlagen. Wir bereiten Sie darauf vor. Die smarten Thermostate aus unserem Test helfen Ihnen beim Energiesparen. Außerdem erklären wir, wie Sie Ihre Wärmepumpe optimieren.

Wissen

- 116 **Zahlen, Daten, Fakten** Kommunikationstechnik
- 118 **PayPal** Postleitzahlenbetrug
- 120 **Robotik** Autonome Bagger und Traktoren
- 122 **Erfolge bei Gehirn-Computer-Schnittstellen**
- 128 **Chiffreklassiker** Doppelwürfel in Python
- 134 **Authentifizierung** Sicher und nutzerfreundlich
- 138 **40 Jahre c't** Unser erster Bericht über USB
- 156 **Recht** Geisterrechnung im Maileingang

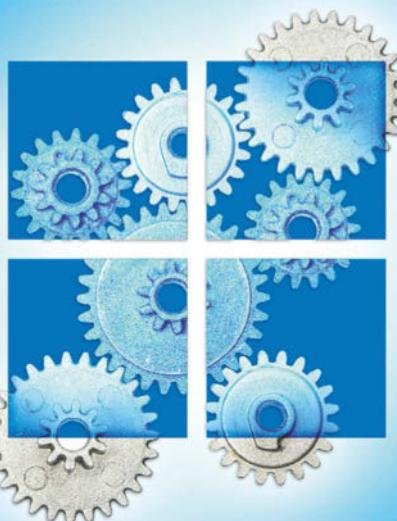
Praxis

- 140 **Microsoft Office per Tastatur schneller bedienen**
- 146 **Multi-Kamera-Aufnahmen** synchronisieren
- 152 **Kubernetes** Secrets sicher in Git speichern

Immer in c't

- 3 **Standpunkt** Windows-Treiber-Gefrickel
- 8 **Leserforum**
- 13 **Schlagseite**
- 54 **Vorsicht, Kunde** Preiserhöhungen bei 1&1
- 160 **Tipps & Tricks**
- 164 **FAQ** Smart TVs
- 168 **Story** Uncanny Valley
- 176 **Inserentenverzeichnis**
- 177 **Impressum**
- 178 **Vorschau 23/2023**

56 Optimale Windows-Treiber



Überraschend häufig stößt man unter Windows auf das Problem, dass ein Hardwaretreiber fehlt. An zahlreichen Beispielen zeigen wir, was Sie dann am besten tun sollten – aber vor allem auch, was nicht.

Frisch aus
c't
Nerdistan

128 **Verschlüsselung** Der Doppelwürfel-Algorithmus

c't Hardcore

152 **Kubernetes-Secrets** verschlüsselt in Git speichern

Leserforum

Angst vor Kurzschluss

Datenträger trotz Defekten sicher kopieren:
ddrescue, c't 21/2023, S. 62

Ich habe eine Verständnisfrage: Haben Sie Ihre SSD wie auf dem Foto eingetütet in die Tiefkühltruhe gelegt und den Rechner mit ddrescue danebengestellt? Herausnehmen und anschließen ergibt dann doch Tauwasser, Kondensationsfeuchtigkeit und schließlich elektrische Kurzschlüsse, oder?

Durch den Betrieb wird doch die SSD warm, oder? Da ist doch ein Spalt in der Tür in der Tiefkühltruhe? Haben Sie eine plausible Erklärung, warum eine SSD bei kalten Temperaturen besser funktioniert?

Dieter Garscha 

Feuchtigkeit haben wir keine gesehen. Wir hatten überlegt, Trocknungsmittel in die Tüte zu packen, hatten aber keines zur Hand. Nach der Entnahme haben wir SSD und Adapter demontiert und einen Tag offen liegen lassen. Beide arbeiten nach wie vor.

Die Dichtung der Truhe hat das runde Kabel gut eingefasst. Wir haben die Smart-Daten der Temperatur ausgelesen, die aber offenbar bei diesem Modell kein Vorzeichen lieferten. Im Betrieb zeigte die SSD 15 Grad an. Letztlich ist es ein Erfahrungswert, dass sich „bockige“ Elektronik bei starken Temperaturänderungen anders verhält.

Nützliche Optionen

Einige kleine Empfehlungen für weitere ddrescue Optionen, die meiner Ansicht nach verwendet werden sollten:

--ask: Zeigt ID-String, Seriennummer und Größe von Quelle und Ziel an und fragt nochmal nach. Sehr sinnvoll, um versehentliches Kopieren in die falsche Richtung zu vermeiden!

-d(-- indirect): Umgeht den Lesepuffer des Betriebssystems (O_DIRECT-Option beim open()). Bei Lesefehlern hat der keinen Sinn und kann die Laufzeit erhöhen.

-v (--verbose): Mehr Details anzeigen, Option wiederholen für noch mehr.

-b 4096 (--sector-size=4096): Setzt kleinste Leseeinheit auf 4096 statt 512 Bytes. Gerade bei defekten Sektoren von



Unser Tipp, bockige Datenträger in der Tiefkühltruhe auszulesen, hat bei einigen Lesern Fragen aufgeworfen.

Festplatten mit 4 KByte physischen Sektoren ist es kontraproduktiv, dann noch achtmal 512-Byte-Fragmente jedes Sektors auszuprobieren. Dauert nur viel länger und stressst die Platte noch mehr.

Bei Fehlern auf SSDs könnten sogar noch größere Werte sinnvoll sein. Für das Retten von CD/DVD passt -b 2048. In dem Fall lässt sich mit ddrescue ein „Best Of“-Image erzeugen, wenn man weitere Leseversuche mit anderen Laufwerken und derselben Map-Datei (früher: Log-Datei) durchführt. Hat bei mir mehrfach mit alten gebrannten CDs/DVDs funktioniert.

Die Cygwin-Version von ddrescue läuft zur Not ohne Cygwin-Installation. Im Unterschied zur Windows-Version von TestDisk/PhotoRec reicht die cygwin1.dll im selben Verzeichnis.

Christian Franke 

Naivität kennt keine Grenzen

Beleidigung in WhatsApp-Gruppe rechtfertigt Kündigung, c't 21/2023, S. 31

Wenn ein Mitglied einer Gruppe unabgestimmt mit der Gruppe Informationen aus der Gruppe trägt, ist dies natürlich ein Vertrauensbruch gegenüber der Gruppe. Analog kann auch der rechtmäßige Empfänger eines vertraulichen Briefs den Inhalt des Schreibens veröffentlichen. Wieder ein

Vertrauensbruch zwischen den Kommunizierenden – aber doch keine Verletzung des Briefgeheimnisses.

Die Unterscheidung zwischen Sender, Empfänger und Übermittler hätte den Gerichten und Rechtsanwälten doch klar sein müssen. Allerdings zeigt das Statement des Arbeitnehmeranwalts, dass dies nicht der Fall ist. Nicht das Briefgeheimnis ist geöffnet – Vertraulichkeit hängt in erster Linie von den beteiligten Menschen ab. Die Mitglieder der Chatgruppe haben sich untereinander anscheinend blind vertraut, ohne dass ihnen dies bewusst war. Am Stammtisch wäre ihr Verhalten wahrscheinlich ohne Folgen geblieben, weil es nicht dokumentiert wäre. Die Kommunikation im Netz hinterlässt Spuren – das ist wohl noch immer nicht jedem klar.

Ulrich Reitz 

Gutes Beispiel sein

Phishing-Angriffe im Namen der Finanzverwaltung, c't 21/2023, S. 39

Was hindert die Behörden und andere Institutionen eigentlich daran, ihre Mails mit S/MIME zu signieren? Seit über 25 Jahren können seriöse Absender einer Mail ihre Identität so durch ein Zertifikat nachweisen – aber kaum einer tut es. Öffentliche Einrichtungen sollten hier endlich mit

Wir freuen uns über Post

 redaktion@ct.de

 c't Forum

 c't Magazin

 @ctmagazin

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

Antworten sind kursiv gesetzt.

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

Kompetenz und Unabhängigkeit seit 40 Jahren.



LANCOM Systems gratuliert c't magazin zum Jubiläum

Seit beeindruckenden 40 Jahren sichert sich das c't Magazin das Vertrauen seiner Leser – mit technischer Kompetenz und einer unabhängigen Berichterstattung.

Unabhängigkeit ist auch das Thema, dem sich die LANCOM seit Gründung verschrieben hat. Als führender europäischer Hersteller bieten wir unseren Kunden aus Wirtschaft und Verwaltung einzigartige Lösungen für sichere, digital souveräne IT-Infrastrukturen made in Germany.

Vor dem Hintergrund dieses gemeinsamen Selbstverständnisses gratulieren wir heute der c't und stellen uns gerne auch in Zukunft mit unseren Lösungen den praxisrelevanten Tests und wertvollen Analysen der Redaktion.

LANCOM Systems – Ihr Partner für digital souveräne Netzwerklösungen.

Werden Sie aktiv!

Jetzt den Status der eigenen Digitalen Souveränität im Benchmark bestimmen.

Hardware – Software – Daten – IT-Sicherheit



gutem Beispiel vorangehen. Dann würde sich auch das Wissen verbreiten, wie man diesen Sicherheitsmechanismus nutzt.

Manfred Lüdtke 

Absolute Frechheit

Regierung contra Schufa, c't 21/2023, S. 39

Heute habe ich versucht, meinen Basisscore zu erfahren. Das Verfahren ist eine absolute Frechheit. Nachdem ich ein halbes Dutzend Mal gezwungen wurde, meine Daten preiszugeben, bin ich mit leeren Händen weggeschickt worden. „Geht nicht“ war die Antwort von Bonify sinngemäß und „ist aber nicht schlimm, Sie können ‚die Basisscore‘ bei der SCHUFA direkt bekommen“. Darunter ein Link, wo ich den Basisscore für 29,95 EUR bekommen kann.

Marc Haunschmid 

Keine Freude an Amazon

Amazon kassiert Verkaufserlös ab, c't 21/2023, S. 52

Amazon hat den Nimbus des guten Kundenservices lange verloren. Ich persönlich habe meine Verkaufsaktivitäten dort schon seit Jahren eingestellt, zumal die Provisionen meines Erachtens an Wegeleiterei erinnern, und das Kaufen habe ich dort auch auf ein Minimum reduziert. Zumal man bei mir nun auch schon wiederholt bei Versand durch Amazon nicht an die Packstation senden wollte, sondern nur über den eigenen Zusteller nach Hause. Ich hatte lange Jahre Freude an Amazon, sowohl als Käufer als auch als Verkäufer, aber das ist lange vorbei.

ThomasMo 

Klassische Planung

Warum Outdoor-Apps patzen und wie man es besser macht, c't 21/2023, S. 144

Hoch lebe die klassische Planung: Persönliche Interessen ausloten, Ziele von Interesse festlegen und dann bei OpenStreetMap oder mit anderen Karten Eckpunkte der Route festlegen und vor Ort kleine Entscheidungen nach Lust und Laune treffen. Ist weniger zeitaufwendig und teuer, als bei Komoot 50 maschinengenerierte Routen, die sich in weiten Teilen überschneiden, zu sichten. Und wo man sich

bewegt und was abseits der Route liegt, weiß man auch.

Gast (630) 

Unnötiger Zusatzschutz

Mozilla Thunderbird flügge machen, c't 21/2023, S. 162

Beim IMAP/SMTP-Zugriff auf Postfächer mit Thunderbird oder anderen Clients 2FA zu fordern, ist Gürtel plus Hosenträger plus Nagel im Bauch. Wer sich das E-Mail-Passwort klauen lässt, hat noch ganz andere, viel größere Probleme. Wenn ich ein einmaliges (nicht anderweitig benutztes), gutes (also insbesondere langes) Passwort benutze und mich ansonsten an die Regeln der Kunst halte, bin ich völlig sicher.

Christoph Schmees 

Auch bei grösster Vorsicht kann das Passwort kompromittiert werden. Ein Zweifaktorschutz ist daher grundsätzlich sinnvoll, wenn auch nicht immer technisch möglich.

Guthaben verfällt nicht

Netto will gültiges Guthaben nicht einlösen, c't 20/2023, S. 58

Mir fiel auf, dass Ihr den Begriff vom „verfallenden“ Guthaben, wie ihn die Provider geprägt haben, übernommen habt. Er vermittelt den Eindruck einer Selbstverständlichkeit, so wie Obst mit der Zeit verfault. Nur ist es aber beim Guthaben so, dass da nichts „verfällt“. Die Provider buchen das Guthaben des Kunden nach einer bestimmten Frist aktiv in ihr eigenes Guthaben um. Deshalb vermittelt diese übliche Wortwahl des „verfallenden“ Guthabens ein völlig falsches Bild. Würde es stattdessen zum Beispiel heißen, „nehmen dem Kunden das Guthaben weg“, würde das schon ganz anders, nämlich richtig klingen.

Knut Singer 

Fragen zu Artikeln

 **Mail-Adresse des Redakteurs am Ende des Artikels**

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

Keiner tut was

Sensibilisieren, abschirmen, zurückslagen: Wie Sie Internetbetrüger bremsen, c't 20/2023, S. 140

Ich war auch mal „Kunde“ bei der Microsoft-Hotline [erhielt einen Scammer-Anruf, Anm. d. Red.). Als Erstes wandte ich mich an die Bundesnetzagentur, die ja bei Missbrauch Telefonblöcke sperren kann. Meldeseite rausgesucht, ausgefüllt und wenig später Rückmeldung bekommen: Sie könnten bei unerlaubter Werbung tätig werden, Telefonbetrug falle nicht darunter und ich solle mich an die Polizei wenden.

Bei der Polizei fragte man, ob ein Schaden entstanden sei. Nein. Dann könnte man nichts machen. Auf die Frage, ob es eine übergreifende Stelle gäbe, die Betrugsversuche sammelt und dann ermittelt, wurde ich auf eine Onlineanzeige verwiesen. Geschrieben und nichts mehr davon gehört.

Firmen, die unerlaubte Werbeanrufe durchführen, haben es in Deutschland schwerer als Betrugsbänder, die Menschen um ihr Geld bringen.

Jens Skripczynski 

Ergänzungen & Berichtigungen

Offline-Fähigkeit und Speicherbedarf

Sechs Apps zur Vogelerkennung im Test, c't 20/2023, S. 102

Die Offline-Funktion bei BirdNET, iNaturalist und Naturblick ist eingeschränkt. Man kann damit zwar jederzeit Fotos und Audios aufnehmen und speichern. Um die Beobachtungen zu analysieren, benötigen die Apps jedoch Internetzugriff.

Im Text heißt es, dass die Apps Merlin Bird ID und NABU Vogelwelt deutlich mehr Speicherplatz benötigen als die anderen Kandidaten. Zur Einordnung: Auf dem Smartphone der Autorin brauchte BirdNET 27 MByte, Naturblick 44 MByte, iNaturalist 60 MByte, Merlin Bird ID 256 MByte (ohne Bird Packs und Sprachpaket) und NABU Vogelwelt 882 MByte.

Mobil-Beamer-Test verschoben

Der angekündigte Test von Mobil-Beamern musste aus redaktionellen Gründen auf eine spätere Ausgabe verschoben werden.



B1 Consulting Managed Service & Support

individuell – umfassend – kundenorientiert

Neue oder bestehende Systemlandschaften stellen hohe Anforderungen an Ihr IT-Personal. Mit einem individuellen Support- und Betriebsvertrag von B1 Systems ergänzen Sie Ihr Team um die Erfahrung und das Wissen unserer über 150 festangestellten Linux- und Open-Source-Experten.

Unsere Kernthemen:

**Linux Server & Desktop · Private Cloud (OpenStack & Ceph) · Public Cloud
(AWS, Azure, OTC & GCP) · Container (Docker, Kubernetes, Red Hat OpenShift &
Rancher) · Monitoring (Icinga, Nagios & ELK) · Patch Management ·
Automatisierung (Ansible, Salt, Puppet & Chef) · Videokonferenzen**

Unser in Deutschland ansässiges Support- und Betriebsteam ist immer für Sie da – mit qualifizierten Reaktionszeiten ab 10 Minuten und Supportzeiten von 8x5 bis 24x7!



B1 Systems GmbH - Ihr Linux-Partner
Linux/Open Source Consulting, Training, Managed Service & Support

ROCKOLDING · KÖLN · BERLIN · DRESDEN · JENA

www.b1-systems.de · info@b1-systems.de



Horizons #23

by heise

Insights, Inspiration, Networking:
Strategien & Trends für Ihr Business

NEUE DIGITALE ARBEITSWELT

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

CYBER-SICHERHEIT

NEXT GENERATION & RECRUITING



27. NOVEMBER, **Horizons #23 Night**

Cumberlandsche, Hannover



28. NOVEMBER, **Horizons #23 Day**

Künstlerhaus, Hannover



Seien Sie mit dabei!

www.horizons-heise.de

eine Veranstaltung von

Heise Medien

Partner, Sponsoren



chrome



ciso
ALLIANCE



G DATA
academy





Weitere Schlagseiten auf ct.de/schlagseite



Sicher fritzen

Fritzbox-Sicherheitsleck analysiert: Risiken und Gegenmaßnahmen

Anfang September gab AVM für viele Fritzbox-Router ein Sicherheitsupdate heraus, erklärte aber nicht den Anlass. Unseren Analysen zufolge behebt das Update eine Sicherheitslücke, die sich aus der Ferne ausnutzen lässt – sogar dann, wenn man den Fernzugriff abgeschaltet hat. Was jetzt zu tun ist.

Von Ronald Eikenberg

Der Router-Hersteller AVM zog viel Aufmerksamkeit auf sich, als er Anfang September „notwendige Stabilitäts- und Sicherheitsupdates“ für viele Fritzbox-Modelle herausgab, ohne weitere Details zu nennen. Darunter finden sich auch Updates für ältere Router wie die Fritzbox 7390, die vor fast 15 Jahren erschienen ist. Das spricht dafür, dass der Hersteller die Sicherheit seiner Router sehr ernst nimmt – aber auch dafür, dass die Updates ein ernst zunehmendes Sicherheitsproblem beseitigen.

AVM erklärte zu den Updates lediglich, dass die Installation in der Regel auto-

matisch über die Bühne geht. Kunden, die die vom Hersteller vorgegebenen Update-Einstellungen verändert haben – und deren Router deshalb nicht automatisch mit der abgesicherten Firmware versorgt werden – „wird die zeitnahe Installation der aktuellen FRITZ!OS-Version empfohlen“. Einzelheiten will die Firma erst „zu einem späteren Zeitpunkt“ nennen.

Diese Kommunikationsstrategie ist in Security-Kreisen durchaus umstritten, da Anwender und Administratoren im Unklaren bleiben. Gibt es eine Sicherheitslücke? Wenn ja, wird sie bereits ausgenutzt? Welche Geräte und Konfigurationen sind betroffen? Um die offenen Fragen zu klären, fragten wir bei AVM nach. Wir bekamen auch zügig eine Rückmeldung, allerdings nicht die erhofften Antworten: „Die vorsorgliche Stabilität und Sicherheit ist uns sehr wichtig, haben Sie bitte Verständnis, dass wir momentan keine weiteren Informationen geben möchten“.

Doch im Internet finden sich bereits viele öffentlich zugängliche Details zum Sachstand. Die zuverlässigste Quelle ist der Warn- und Informationsdienst des Computer Emergency Response Teams für Bundesbehörden (CERT-Bund), der am 5. September das Advisory WID-SEC-2023-2262 veröffentlicht hat. Dem-

nach ermöglicht eine Fritzbox-Schwachstelle von hohem Schweregrad (CVSS Base Score 7.3 von 10) einen „nicht spezifizierten Angriff“ aus der Ferne (Remote). Der Angreifer kann die Schwachstelle also über das Internet ausnutzen. Betroffen sind laut dem Advisory alle FritzOS-Versionen, die älter als 7.57 sind. Es handelt sich demnach um ein ernstes Sicherheitsproblem, das alle Fritzbox-Router betrifft.

Italienische Informationshäppchen

Spekulationen über weitere Hintergründe finden sich im italienischen Forum FibraClick. Dort tauschen sich Nutzer über Provider und die zugehörige Zugangstechnik aus. Schon mehr als eine Woche vor Veröffentlichung der ersten Firmware-Updates tauchte dort ein Beitrag über eine angebliche schwerwiegende Schwachstelle der Fritzbox 7590 und darauf erfolgte Angriffe auf. Der Nutzer edofullo schreibt, dass er in Branchenkreisen davon erfahren habe und es nicht auszuschließen sei, dass die Sicherheitslücke auch andere Fritzboxen betrifft. Es sei Angreifern möglich, „die Konfiguration des Geräts zu ändern, wahrscheinlich durch die Freigabe von Ports im Internet.“

Bei den beschriebenen Attacken sollen die Onlinezugangsdaten gelöscht und somit die Router vom Internet abgeschnitten worden sein. Zudem sollen Zugangsdaten für die Weboberfläche geändert worden sein, sodass Nutzer ihre AVM-Router nicht mehr konfigurieren könnten. Außerdem zitiert edofullo eine englischsprachige Mitteilung, die von AVM stammen soll. Demnach habe der Routerhersteller Fritzboxen mit diesen Funktionsstörungen untersucht. Auf allen sei das Webinterface über den HTTPS-Standard-Port 443 aus dem Internet erreichbar gewesen.

Updates en masse

Während die Diskussion im FibraClick-Forum hochkochte, setzte AVM anscheinend alle Hebel in Bewegung, um der Situation Herr zu werden. Am 4. September erschienen bekanntlich erste „Stabilitäts- und Sicherheitsupdates“ – nicht nur für die Fritzbox 7590, sondern für viele weitere Router. Bis Redaktionsschluss hat der Hersteller auch bei manchen Fritz-Repeatern die „Stabilität und Sicherheit erhöht“.

Doch was bedeutet das ganz konkret? Die Antwort darauf lieferte uns ein Informant, der die abgesicherte FritzOS-Version 7.57 mit der Vorversion verglichen hatte. Dies ist auch bei Angreifern eine

gängige Praxis: Anhand der Änderungen in den öffentlich verfügbaren Dateien kann der geschulte Blick schnell den verwundbaren Code identifizieren, ganz ohne Informationen des Herstellers.

Trotz abgeschalteter Fernwartung anfällig

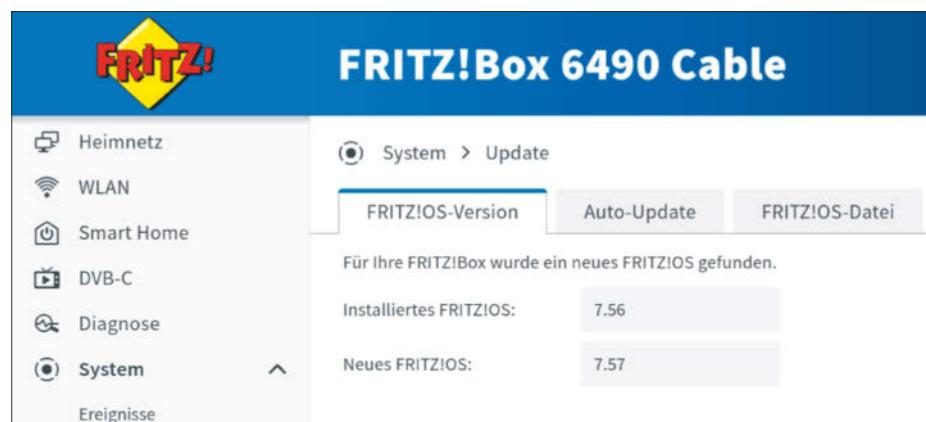
Und so hatte unser Informant nach wenigen Stunden alle relevanten Details über die Schwachstelle gefunden. Anhand dieser Informationen konnten wir die bereits kursierenden Angaben über die Sicherheitslücke verifizieren. Es versteht sich von selbst, dass wir keine neuen Details veröffentlichen, die Angriffe erleichtern könnten. Nur so viel: Die Updates stopfen offenbar tatsächlich ein Sicherheitsleck im Webserver, durch das Angreifer die Konfiguration der Fritzbox überschreiben können. Die Schwachstelle lässt sich unabhängig vom eingestellten Port ausnutzen und betrifft auch andere Fritzbox-Modelle als die 7590 und sogar Repeater.

Die wichtigste Erkenntnis unseres Informanten ist jedoch, dass sich die Lücke selbst dann ausnutzen lässt, wenn der Fernzugriff auf das Webinterface deaktiviert ist. Dafür muss der Angreifer sein Opfer lediglich auf eine Website lotsen, die auf das Webinterface im internen Netz verweist, etwa durch Cross-Site-Request-Forgery (CSRF) oder schlicht durch eine Umleitung. Deshalb reicht es als Schutzmaßnahme nicht aus, den Onlinezugriff auf das Webinterface abzuschalten. Auch ein langes, kompliziertes Zugriffspasswort schützt nicht vor einer Attacke, weil der Angreifer gar kein Passwort benötigt.

Was jetzt zu tun ist

Nach unserem aktuellen Kenntnisstand besteht der einzige wirksame Schutz darin, die Fritzbox auf eine abgesicherte Firmware-Version zu aktualisieren. Wenn Sie eine Fritzbox betreiben, sollten Sie daher sofort die Weboberfläche <https://fritz.box> aufrufen und über das Menü „Assistenten/Update“ prüfen, ob ein Firmware-Update verfügbar ist. Wenn ja, stoßen Sie es umgehend mit „Update starten“ an. Der zweite Schritt sollte sein, unter „System/Update/Auto-Update“ sicherzustellen, dass mindestens „Stufe II: Über neue FRITZ!OS-Versionen informieren und notwendige Updates automatisch installieren“ ausgewählt ist. Auf Stufe III installiert die Fritzbox auch Updates, die AVM als nicht sicherheitskritisch einstuft.

Es ist aktuell nicht ganz einfach, sich einen Überblick über die Gesamtsituation



Frische Fritz-Firmware: Findet Ihre Fritzbox ein FritzOS-Update, sollten Sie es umgehend installieren.

zu verschaffen. Zwar führt AVM die aktuellen Versionen für seine Produkte auf seiner Website unter „Status der Produktunterstützung“ (siehe ct.de/yqwa) auf, doch die abgesicherten Updates sind unterschiedlich nummeriert. Für neuere Geräte lautet die aktuelle Version 7.57. Für die Fritzbox 5530 Fiber gibt es aber auch schon eine Version 7.58. Bei älteren Geräten ist die Versionsnummer trotz Sicherheitspatch niedriger: Im Fall der Fritzbox 7312 ist FritzOS 6.56 aktuell, bei der 3490 heißt die aktuelle Version 7.31. Die pauschale Angabe beim CERT-Bund, wonach alle Versionen kleiner als 7.57 verwundbar sind, trifft anscheinend nicht zu.

Wenn Sie es genau wissen müssen, etwa, weil sie Fritzboxen in der Firma oder im Freundes- und Bekanntenkreis betreuen, steuern Sie den Updateserver des Herstellers über die URL <https://ftp.avm.de>. Klicken Sie sich dort zum fritz.os-Ordner des fraglichen Produkts durch, zum Beispiel /fritzbox/fritzbox-7590/deutschland/fritz.os/. Wenn Sie dort eine Updatedatei (.image) finden, die nach dem 4. September veröffentlicht wurde, dann ist darin das Leck höchstwahrscheinlich gestopft. Gibt es für Ihr Gerät kein aktuelles Update, kann das bedeuten, dass es nicht betroffen ist – oder das Update erst noch erscheint. Was von beidem der Fall ist, weiß momentan nur der Hersteller.

Gibt es kein aktuelles Update, dann ist guter Rat teuer. Im Zweifel muss man davon ausgehen, dass eine solche Fritzbox verwundbar ist, bis AVM alle betroffenen Modelle beim Namen nennt. Bis dahin sollte man unbedingt auf die Sicherheitslage reagieren. Eine Lösung könnte darin liegen, ungepatchte Boxen bis zum Update

zu deaktivieren. Auch sind potenziell Kunden gefährdet, die ihre Fritzboxen von einem Provider erhalten haben und die Aktualisierung nicht selbst anstoßen können. Sie müssen warten, bis ihr Provider das Update geprüft und den Startknopf für die von ihm betreuten Fritzboxen gedrückt hat. Immerhin haben Leserberichten zu folge schon einige Provider reagiert.

Falls Sie eines der betroffenen Modelle nutzen und Ihr Provider noch nicht reagiert hat, empfiehlt es sich, ihn direkt anzusprechen. Während Sie auf das Update warten, sollten Sie sicherstellen, dass der Fernzugriff auf die Weboberfläche abgeschaltet ist. Ob das der Fall ist, steht im Menü „Internet/Freigaben“ unter dem Punkt „Internetzugriff auf die FRITZ!Box über HTTPS aktiviert“. Da sollte das Häkchen nicht gesetzt sein. So verhindern Sie zumindest direkte Attacken aus dem Internet. Gegen Umleitungsangriffe hilft nur, über das Gastnetz zu surfen oder einen anderen Router zu nutzen. Sie können sich auch vorübergehend mit der Mobilfunkverbindung Ihres Smartphones oder Tablets behelfen.

Manöverkritik

Der Fritzbox-Hersteller handelt vorsichtig, indem er Sicherheitsupdates selbst für „steinalte“ Geräte bereitstellt. Die Strategie jedoch, sich nicht zu einem Sicherheitsproblem zu äußern, während man relevante Informationen bereits aus öffentlichen Quellen entnehmen kann, ist nicht mehr zeitgemäß. Das gilt insbesondere, wenn es Indizien dafür gibt, dass eine Sicherheitslücke bereits aktiv ausgenutzt wird.

(rei@ct.de) ct

Fritzbox-Updates: ct.de/yqwa

Heizen nach Vorschrift

Was das Gebäudeenergiegesetz für Sie bedeutet



Das Gebäudeenergiegesetz	Seite 16
Sieben smarte Heizungsthermostate zum Energiesparen	Seite 22
Wärmepumpenanlagen richtig einstellen	Seite 28

Ab dem kommenden Jahr wird sich viel ändern. Neue Heizungsanlagen in Gebäuden müssen ab dann überwiegend mit erneuerbaren Energien betrieben werden. Betroffen davon ist allerdings nur, wer eine neue Heizung einbaut. Hauseigentümer und Mieter müssen sich auf zahlreiche Änderungen einstellen.

Von Urs Mansmann

Rund 170 Jahre nach ihrer Erfindung schickt sich die Wärmepumpe an, den Energiemarkt in Deutschland zu revolutionieren. Bis vor wenigen Jahren machte sich kaum ein Häuslebauer Gedanken über die Heizung: Wo ein Gasanschluss verfügbar war, installierte man eine Gasheizung, abseits der Gasnetze verbrannte man stattdessen Öl. Nun ist das Ende der fossilen Brenner eingeläutet, neue Heizungen müssen mit erneuerbaren Energien betrieben werden.

Der folgende Überblick basiert auf dem Stand des Gesetzgebungsverfahrens bei Redaktionsschluss. Im weiteren Verfahren können sich noch Änderungen am Inhalt und an den Fristen ergeben, etwa auf Initiative des Bundesrats, der dem Gesetz zwar nicht zustimmen muss, aber Einspruch einlegen kann, wenn ein Vermittlungsverfahren erfolglos geblieben ist. Den Einspruch kann der Bundestag dann aber überstimmen.

Das Gebäudeenergiegesetz (GEG), das nach einigem Hin und Her am 8. September den Bundestag passierte, ist ein Fahrplan weg von den fossilen hin zu erneuerbaren Energiequellen. Es gibt vor, welche Heizungstechnik und Wärmedämmstandards bei Neubauten, Sanierungen und im Bestand zu erfüllen sind. Ziel ist es, den CO₂-Ausstoß im Gebäude sektor zu verringern und bis 2045 auf null zu bringen. Damit erfüllt Deutschland auch internationale Verpflichtungen, etwa aus dem Pariser Klimaabkommen. Wer einen Neubau plant oder die Heizungsanlage eines Altbau saniert

will, muss künftig moderne Technik einsetzen.

Das Zeitalter der Wärmepumpe

Die zum Symbol der Energiewende avancierte Wärmepumpe ist aus Sicht des Gesetzgebers längst nicht der einzige Weg, klimafreundlich zu heizen. Die Anforderungen des GEG kann man auch beispielsweise mit dem Anschluss an ein Nah- oder Fernwärmennetz erfüllen, das aber steht nur an wenigen Stellen bereit.

Eine weitere Alternative ist die Stromdirektheizung, die Strom einfach direkt in Wärme wandelt. Im Vergleich zur Wärmepumpe sind die Betriebskosten einer Stromdirektheizung durch den geringen Wirkungsgrad allerdings um ein Mehrfaches höher. Während eine Wärmepumpe oft auf Jahresarbeitszahlen von 3 oder mehr kommt, also mit einer Kilowattstunde Strom drei Kilowattstunden Wärme erzeugt, von denen sie zwei der Umgebung entnimmt (siehe Grafik auf S. 20), erreicht die Stromdirektheizung prinzipiell keine bessere Jahresarbeitszahl als 1,0. Erlaubt ist solch eine Heizung aber nur in Passivhäusern, in denen nur selten zugeheizt werden muss. Eine teure Wärmepumpe bliebe dann die meiste Zeit ungenutzt, bei Fernwärme würden der Anschluss- und Grundpreis übermäßig ins Gewicht fallen – der geringere Wirkungsgrad der Stromdirektheizung wird dann bei einem niedrigen Verbrauch durch die geringeren Anschaffungskosten mehr als ausgeglichen. Stromdirektheizungen sind oft auch Teil eines Wärmepumpensystems, um eine Reserve etwa bei extremen Kältewellen zu haben und es von der Größe her möglichst wirtschaftlich auslegen zu können.

Durch den ständig wachsenden Anteil an erneuerbaren Energien im deut-

schen Strommix werden Wärmepumpen und Stromdirektheizungen im Laufe der Jahre immer mehr CO₂ im Vergleich zu einer Öl- oder Gasheizung einsparen. Perspektivisch lassen sich Heizungsanlagen am Stromnetz so steuern, dass sie zu Zeiten, in denen viel Strom zur Verfügung steht, vorhandene Wärmespeicher laden und in Zeiten, in denen Strom knapp ist, davon zehren. Dafür sind keine teuren Batterien notwendig, sondern nur relativ günstige mit Wasser gefüllte Puffertanks. Bei Flächenheizungen dient das Gebäude selbst als Puffer (siehe auch der Artikel ab Seite 28).

Wärmepumpen sind zwar tatsächlich teurer in der Anschaffung, aber langfristig voraussichtlich günstiger im Betrieb als fossile Anlagen. Der Gesetzgeber fördert umweltfreundliche Heizanlagen zudem mit erheblichen Zuschüssen, die je nach Art der Anlage, Zeitpunkt der Installation und Einkommen des Hauseigentümers 30 bis 70 Prozent betragen. Mit dem neuen GEG sinkt der maximal förderfähige Betrag für eine Heizung im Einfamilienhaus oder der Etagenwohnung allerdings von bisher 60.000 auf 30.000 Euro.

Zulässig als klimafreundliche Heizung sind auch Solarthermieanlagen – allerdings muss das Gesamtsystem, in das diese eingebunden ist, so ausgelegt sein,



Bild: Bosch

Monoblock-Anlagen vereinen Wärmepumpe und Wärmetauscher platzsparend in einem Gehäuse.



Wärmepumpen sind ein aussichtsreicher Zukunftsmarkt. Der deutsche Hersteller Viessmann verkauft trotzdem seine Wärmepumpensparte im Frühjahr für 12 Milliarden Euro an den US-Konzern Carrier Global, der im zunehmend härteren Wettbewerb mit Herstellern aus Asien besser mithalten kann als das mittelständische Unternehmen.

dass erneuerbare Energien den Wärmebedarf zu 65 Prozent decken. Das kann eine Herausforderung sein, weil ja der größte Wärmebedarf gerade im Winter anfällt, wenn die Sonne am tiefsten steht und damit am wenigsten Energie liefert.

Eine bislang theoretische Option ist sogenannter grüner oder blauer Wasserstoff. Grüner Wasserstoff wird auf Basis erneuerbarer Energie erzeugt, etwa durch Elektrolyse unter Verwendung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen. Blauer Wasserstoff hingegen wird aus fossilem Erdgas (Methan, CH₄) gewonnen, bei dem der im Erdgas enthaltene Kohlenstoff abgetrennt und beispielsweise per CCS (Carbon Capture and Storage, Kohlenstoffsequestrierung und -lagerung) entsorgt wird, also nicht in die Atmosphäre gelangt.

Einige Immobilienbesitzer richten ihre Hoffnung nun darauf, einfach wie bisher mit Gas zu heizen und dann umzustellen, wenn es umweltfreundliche Brennstoffe wie Wasserstoff dafür gibt. Eine Heizung, die zunächst einmal Erdgas verfeuert, aber zu 100 Prozent auf Wasserstoff umrüstbar ist, darf künftig aber nur dann installiert werden, wenn es verbindliche Pläne der Kommune und des zuständigen Gasversorgers gibt, bis 2044 umweltfreundlich erzeugten Wasserstoff als Brennstoff bereitzustellen.

Angesichts des schlechten Wirkungsgrads bei der Erzeugung, der hohen Kosten für Erzeugung und Verteilung und der Probleme beim Handling ist fraglich, ob sich Wasserstoff als Ersatz für fossile Heizmaterialien jemals durchsetzen wird. Wasserstoff neigt auch dazu, durch Tank- und Rohrwände zu diffundieren und diese im Laufe der Zeit zu versprüden, was besondere Materialien erfordert. Hinzu kommt, dass grüner Wasserstoff und daraus erzeugte E-Fuels vorrangig dort eingesetzt werden sollten, wo eine Elektrifizierung derzeit technisch noch nicht machbar ist, etwa im Luftverkehr oder in der interkontinentalen Handelsschifffahrt.

Realistischer für Heizzwecke ist die GEG-Option feste Biomasse, also beispielsweise Holz oder Pellets. Solche Heizungsanlagen dürfen auch in Neubauten eingesetzt werden, sind allerdings umstritten, denn wenn Holz verbrannt wird, wird ja auch CO₂ frei. Neupflanzungen brauchen lange Zeit, um wieder große Mengen CO₂ zu binden. Zudem wird die Luft mit Schadstoffen aus der Verbrennung belastet, vor allem mit Feinstaub, dessen Emissionswerte auch bei modernen Holzfeuerungsanlagen viel höher liegen als bei Gas- oder Ölkesseln.

Ebenfalls als klimafreundlich gilt nach dem GEG Biogas, das chemisch Erdgas entspricht und deshalb ohne Umrüs-

tung in vorhandenen Gaskesseln emissionsarm verfeuert werden kann. Das Problem ist aber wie beim Wasserstoff, das Gas in ausreichender Menge und zu konkurrenzfähigen Kosten herzustellen. Die Herstellung von Biogas beispielsweise aus Mais ist wegen der Umweltbelastung und der Konkurrenz von Lebensmittel- und Energieproduktion ebenfalls umstritten. Seit einigen Jahren wächst die Produktion von Biogas und die Menge aus Biogas erzeugten Stroms in Deutschland kaum mehr.

Hybridanlagen, die mehrere Energiequellen nutzen, sind ebenfalls zulässig, wenn sie bestimmte Anforderungen einhalten, vor allem an Mindestanteile erneuerbarer Energien. In der Praxis dürften solche Anlagen aufgrund ihrer Komplexität eher bei großen Installationen zum Zuge kommen, etwa als Nahwärmequelle für Neubauviertel oder große Wohnanlagen.

Kleine Blockheizkraftwerke, die Strom aus Energieträgern wie Gas oder Öl erzeugen und deren Abwärme für die Heizung nutzen, sind künftig als neu errichtete Heizanlagen nicht mehr zulässig, außer wenn sie mit erneuerbaren Energieträgern wie Biogas, Hackschnitzeln oder Wasserstoff betrieben werden. Das ist durchaus konsequent, denn ein Großteil der eingesetzten Primärenergie wird in Wärme verwandelt. Selbst wenn diese bestmöglich genutzt wird, entsteht bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe stets CO₂.

So gehts im Bestand weiter

Alle Vorschriften zum Einbau einer neuen Heizung gelten ab 1. Januar 2024. Allerdings zunächst nur für Neubauten in Neubaugebieten. Wer bereits eine Heizungsanlage betreibt, muss zunächst einmal nichts ändern. Lediglich sogenannte Standardkessel, also ohne Brennwerttechnik, die älter als 30 Jahre sind, müssen ausgetauscht werden. Diese Vorschrift ist aber nicht neu, sondern besteht schon seit 2020.

Im Gesetzentwurf des GEG heißt es „Heizkessel dürfen längstens bis zum 31. Dezember 2044 mit fossilen Brennstoffen betrieben werden.“ Diese Frist könnte durch weiter verschärfte Regelungen zukünftig nach vorne wandern. Wer jetzt noch schnell eine Heizung einbaut, die fossile Brennstoffe nutzt, muss damit rechnen, dass er sie längstens 20 Jahre betreiben kann und dann wieder ersetzen oder auf klimaneutrale Brennstoffe um-

steigen muss. Hinzu kommt das Risiko, dass die Preise für die überwiegend importierten fossilen Brennstoffe steigen, sei es durch die Marktentwicklung, internationale Krisen oder durch die bereits beschlossene CO₂-Bepreisung. Der Markt für fossile Energie wird in den kommenden Jahren stark zurückgehen; den verbleibenden Kunden drohen dann schnell steigende Preise, auch weil der Weiterbetrieb der notwendigen Infrastruktur auf immer weniger Teilnehmer umgelegt werden kann. Ob dann Ersatzbrennstoffe wie grüner Wasserstoff oder Biogas in ausreichender Menge und zu konkurrenzfähigen Kosten bereitstehen, ist fraglich.

Neu eingebaute Heizungen sollen ab 2024 auf Basis von mindestens 65 Prozent erneuerbaren Energien betrieben werden. Allerdings gibt es hiervon viele Ausnahmen. Ein besonders häufiger und zugleich komplexer Fall sind vorhandene Etagenheizungen, wie sie in vielen älteren Wohnungen noch zu finden sind. Sobald die erste Etagenheizung einer Wohnanlage oder eines Mehrfamilienhauses defekt ist und ausgetauscht werden muss, beginnt eine dreijährige Bedenkzeit. Sie soll dem Eigentümer oder der Eigentümergemeinschaft Gelegenheit geben, eine neue Heizungsanlage zu planen. Fällt die Entscheidung für eine Umstellung auf eine Zentralheizung, muss das

gesamte Haus binnen zehn Jahren umgerüstet werden. Sollen stattdessen weiterhin Etagenheizungen betrieben werden, muss jede einzelne Anlage umgerüstet werden, wenn sie das Ende der Lebensdauer erreicht hat und nicht mehr repariert werden kann.

Einfache Reparaturen an bestehenden Heizungsanlagen sind weiterhin möglich. Defekte Komponenten können also ausgetauscht werden. Nur wenn die Anlage insgesamt neu installiert werden muss, greifen die Vorgaben des GEG. Eine geplante Sonderregel, die Immobilien-eigentümer ab 80 Jahren von Modernisierungspflichten befreit hätte, ist in der aktuellen Vorlage gestrichen, weil es dagegen verfassungsrechtliche Bedenken gegeben hatte.

Wärmeplanung für Kommunen

Eine wichtige Rolle spielen die Kommunen: Diese müssen bis 2028 eine Wärmeplanung erstellen. Sie umfasst die Planung für Wärmenetze, also beispielsweise ein klimaneutrales Gasnetz mit Wasserstoff oder Biogas oder die Errichtung oder Erweiterung von Fernwärmennetzen. Wo diese Planungen ein klimaneutrales Gasnetz vorsehen, ist der Einbau von Gasheizungen auch ab 2024 weiterhin möglich, falls sie auf den Betrieb mit Wasserstoff umrüstbar sind.

In bestehenden Wohngebieten mit Einfamilienhäusern wird ein neuer Fernwärmeanschluss wohl eher selten verlegt werden: Der Aufwand dafür lohnt in der Regel nur, wenn viel Wärme benötigt wird, also beispielsweise für große Wohnblöcke oder für Schwimmbäder. Ein Einfamilienhaus – zumal wenn es gut gedämmt ist – benötigt aber nur wenig Heizenergie.

Die Wärmeplanung soll Fehlinvestitionen verhindern und den Immobilieneigentümern Planungssicherheit geben. Ist in einem Gebiet beispielsweise ein Fernwärmennetz vorgesehen, womöglich sogar mit Anschlusspflicht, können Eigentümer ihre Anlage damit planen, vorhandene Heizungsanlagen einstweilen weiterbetreiben und sich die Installation einer Wärmepumpe sparen. Für die Versorgung mit der jeweils vorgeschriebenen Mindestquote an erneuerbarer Energie ist dann der Betreiber des Wärmenetzes zuständig. Diese steigt für Wärmenetze von 30 Prozent 2030 über 80 Prozent 2040 bis zu 100 Prozent 2045.

Für defekte Gas- und Ölheizungen, die jetzt ersetzt werden müssen, gibt es eine fünfjährige Übergangsfrist. In dieser können die Eigentümer weiterhin eine Anlage aufstellen, die nicht den Vorgaben des GEG entspricht. Die Zeit können sie nutzen, um eine neue Heizung zu planen



Bild: Künzer

Heizkraftwerke wie die im Werk Römerbrücke in Saarbrücken sind großtechnische Anlagen, in denen Strom erzeugt und die Abwärme zum Heizen oder für industrielle Zwecke genutzt wird.

- und die Verabschiedung der Wärmeplanung für ihre Kommunen abwarten, die ja auch in dieser Frist erfolgen muss. Wenn dann klar ist, welche Alternativen zur Verfügung stehen, kann man den endgültigen und dann hoffentlich zukunfts-sicheren Umbau der Heizungsanlage in Angriff nehmen.

Jede Kommune in Deutschland muss bis 2028 eine Wärmeplanung verabschieden, Großstädte ab 100.000 Einwohnern schon 2026. Erst dann greifen die Vorschriften des GEG. Wer die Zeit bis zur Verabschiedung der Wärmeplanung nutzen will, um schnell noch eine Gasheizung einzubauen, muss sich ab 1. Januar 2024 allerdings beraten lassen, denn womöglich läuft er mit einer solchen Entscheidung in eine Kostenfalle. Wer ab 2024 eine Öl- oder Gasheizung einbaut, muss ab 2029 Brennstoffe mit einem klimaneutralen Anteil von 15 Prozent einsetzen. Für Gas ist das recht einfach mit entsprechenden Lieferverträgen erfüllbar, bei Öl aber kann es Probleme mit den Brennern geben. Bis 2040 steigt dieser Anteil auf 60 Prozent.

Umlage für Mieter gedeckelt

In Deutschland lebt mehr als die Hälfte der Bevölkerung nicht in den eigenen vier Wänden, sondern zur Miete. Für Installation, Wartung und Betrieb der Heizungsanlage ist dann der Vermieter zuständig. Die Verbrauchskosten für Heizung und Warmwasser werden in Mehrfamilienhäusern üblicherweise nach Verbrauch und Wohnfläche auf die Mieter umgelegt. In Einfamilienhäusern und bei Etagenheizungen übernimmt der Mieter die Kosten für Strom, Gas oder Öl. Auch die Installation einer teuren neuen Heizungsanlage kann innerhalb gewisser Grenzen auf die Mieter umgelegt werden.

Das GEG setzt dabei primär an der Heizungsanlage an. Die Dämmung alter Gebäude muss vorerst nicht nachgerüstet werden, weil die neuen Vorgaben der EU zur Gebäudedämmung hinter den Vorgaben der Energieeinsparverordnung (EnEV) zurückbleiben, die seit 2016 gilt. Die Bundesregierung hat die neuesten Vorgaben der EU also schon mit der letzten Novelle abgedeckt und muss an dieser Stelle nicht noch einmal nachschärfen.

Wenn der Vermieter eine neue, klimafreundliche Heizungsanlage einbaut, kann er zumindest einen Teil der Sanierungskosten auf seine Mieter umlegen.

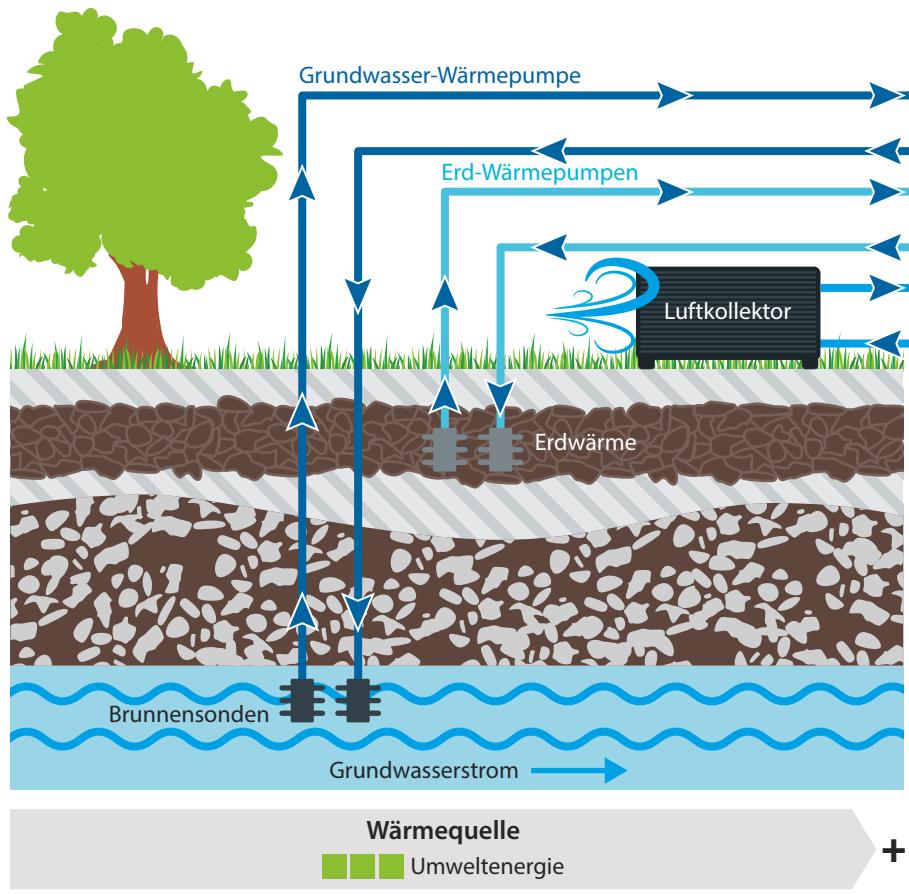
So funktioniert eine Wärmepumpe

Eine Wärmepumpe entzieht der Umwelt Wärmeenergie und gibt diese im Haus in Form von Heiz- oder Warmwasserwärme wieder ab. Dieser Prozess läuft in vier Stufen ab – unabhängig davon, ob die Wärmepumpe die Energie aus der Luft, dem Erdreich oder dem Grundwasser entnimmt.

Zunächst klingt es paradox, aus nur 5 Grad kalter Außenluft so viel Energie zu erhalten, dass man damit das Haus auf 25 Grad aufheizen kann. Trotz des vermeintlichen Widerspruchs ist das Funktionsprinzip einer Wärmepumpe nicht sehr kompliziert. Eine zentrale Rolle nimmt das Kältemittel ein: Sehr viele Wärmepumpen nutzen das synthetische Kältemittel R-410A,

das einen Siedepunkt von -48,5 Grad Celsius besitzt.

Auch bei sehr niedrigen Außentemperaturen beträgt die Temperaturdifferenz zum Siedepunkt des Kältemittels immer noch 40 Grad Celsius und mehr. Sobald das Kältemittel im ersten Schritt mit der Temperatur der Luft, dem Wasser oder dem Erdreich in Berührung kommt, verdampft es deshalb – geht also vom flüssigen in den gasförmigen Zustand über. Nach den Gasdruckgesetzen wird die dafür benötigte Energie der Umgebung in Form von Wärme entzogen. Dieses Prinzip wird als Joule-Thomson-Effekt bezeichnet. Im Alltag kennt man diesen beispielsweise auch von den Treibgasampullen eines Sahnespenders,



Mit einer gut projektierten Heizung sinken dann die Energiekosten, dafür steigt aber die Miete – oft stand bislang unterm Strich dann für den Mieter eine höhere Summe.

Nach dem jetzigen Stand des Gesetzes werden Vermieter die Mehrkosten für eine neue Heizung je nach Umfang des Projekts nur zum Teil auf die Mieter umlegen dürfen. Die Investitionskostenum-

lage darf bis zu 10 Prozent pro Jahr betragen. Sie ist gedeckelt, damit Mieter nicht überfordert werden. Die maximale Mieterhöhung ist auf 50 Cent pro Quadratmeter innerhalb von sechs Jahren gekappt. In Härtefällen können Mieter Einwände gegen den Heizungstausch vorbringen. Steigt die Miete durch Modernisierung auf mehr als 30 Prozent des Haushaltseinkommens, kann der Ver-

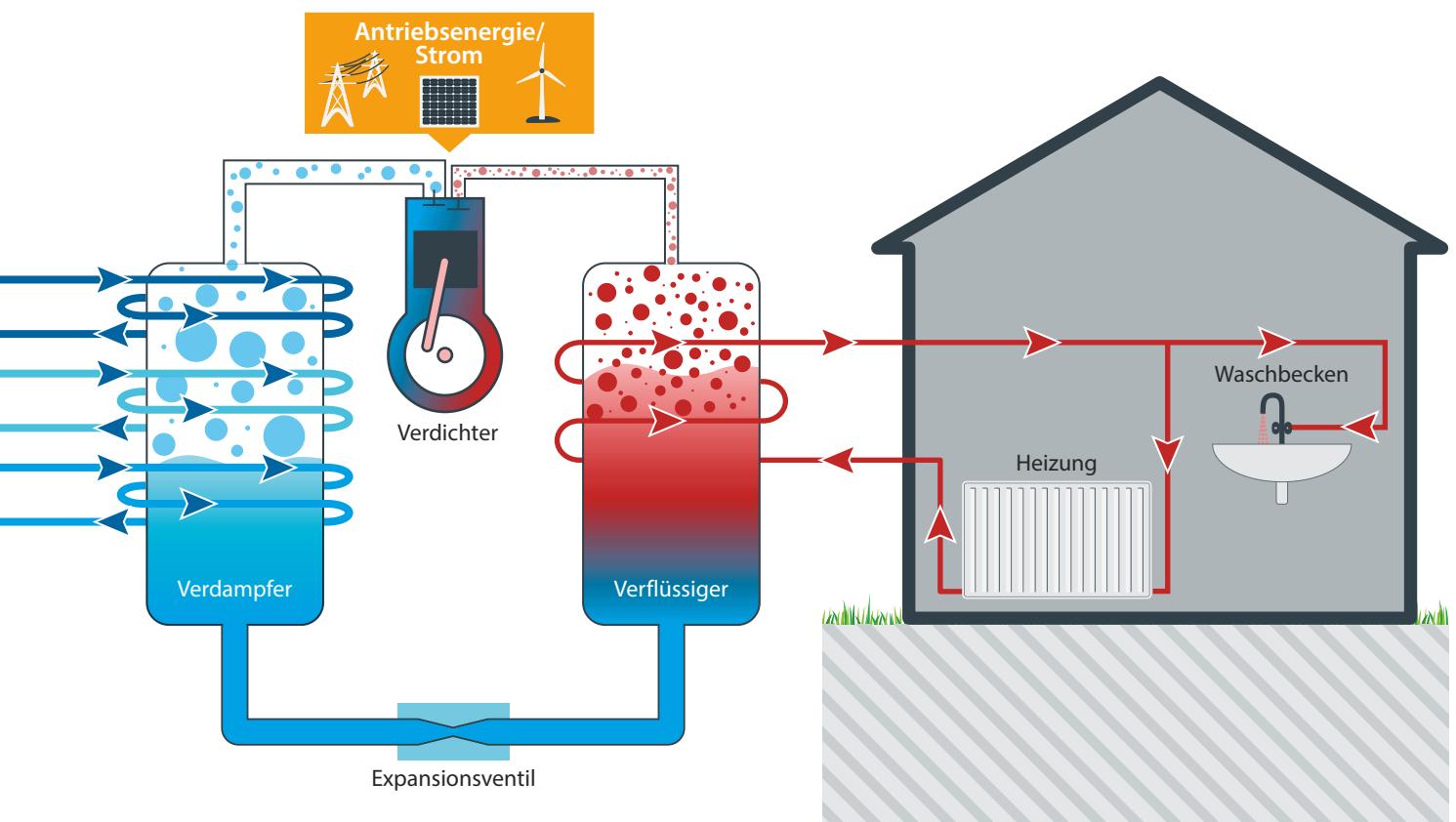
die beim Verdampfen des Flüssiggases so stark abkühlen, dass sich an der Ampulle gefrorener Reif bildet.

Im zweiten Schritt befördert der Kompressor der Wärmepumpe das nun gasförmige Kältemittel in den Verdichter, wo es sich mit steigendem Druck während des Verdichtens bereits stark erwärmt. Vom Verdichter strömt das warme und immer noch gasförmige Kältemittel in den Kondensator der Wärmepumpe. Mithilfe

eines Wärmetauschers wird ihm dort im dritten Schritt die Wärme entzogen und an das Wasser fürs Heizungssystem oder einen Tank für Brauchwasser übertragen. Durch den Temperaturabfall geht das Kältemittel dabei wieder in den flüssigen Zustand über.

Um den Kreislauf des Kältemittels zu schließen, fließt es durch das Expansionsventil wieder zurück in den Verdampfer. In diesem vierten Schritt nimmt der

Druck so weit ab, dass das Kühlmittel wieder auf seine ursprüngliche Temperatur abköhlt. Im Verdampfer kommt es anschließend erneut mit der Wärme der Umgebung in Berührung, worauf der Kreislauf erneut beginnt. In der Praxis läuft dieser Prozess jedoch nicht in einzelnen Stufen zeitlich aufeinander folgend ab, sondern das Kältemittel des geschlossenen Systems ist permanent im Durchlauf und befindet sich in einem dynamischen Gleichgewicht.



Wärmepumpe

elektrische Energie

Warmwasser und Heizungswärme

Heizenergie

mieter die Kosten nicht mehr in voller Höhe umlegen.

Fazit

Das neue Gebäudeenergiegesetz wird für Immobilieneigentümer erst dann relevant, wenn die Neuanschaffung einer Heizung oder die Sanierung eines Gebäudes ansteht. In der Pflicht sind aber nicht nur sie, sondern auch die Kommunen, die in

den kommenden Jahren verbindliche Planungen für die Erstellung von Fernwärmevernetzungen oder Wasserstoffnetzen erstellen und damit Planungssicherheit für die Eigentümer schaffen müssen.

Wer jetzt noch schnell eine scheinbar billige konventionelle Öl- oder Gasheizung einbaut, bevor das Gesetz kommt, schießt sich möglicherweise in den Fuß. Fossile Brennstoffe könnten in Zukunft sehr teuer

werden, wenn die CO₂-Bepreisung zuschlägt oder die Weltmarktpreise für fossile Energie steigen. Wenn dann Biogas oder Wasserstoff nicht verfügbar oder für Heizzwecke zu teuer sind, muss man die Anlage womöglich wieder herausreißen und ersetzen, lange bevor sie das Ende ihrer Lebensdauer erreicht hat. (uma@ct.de) ct

GEG-Entwurf: ct.de/y3sg



Bild: Moritz Reichartz

Abgedreht

Sieben smarte Heizungsthermostate im Test

Smarte Thermostate sorgen für die richtige Temperatur zur richtigen Zeit und schaffen so den Spagat zwischen Komfort und Energiesparen. Sie lassen sich ohne Fachkenntnisse in wenigen Minuten montieren. Einfache Modelle bekommt man schon für wenige Euro im Baumarkt, doch die getesteten mit Smart-Home-Optionen bieten mehr Komfort und raffiniertere Sparmöglichkeiten.

Von Stefan Porteck

Wenn morgens der Wecker klingelt, ist das Bad schon auf kuschelige 22 Grad temperiert. Öffnet man nach dem Duschen das Fenster, stellt sich die Heizung für eine Viertelstunde komplett aus. Sobald sich die Familie auf den Weg zur Arbeit und zur Schule gemacht hat, werden alle Räume auf 19 Grad geregelt und erst zum Feierabend gehts wieder hoch auf 21 Grad: Smarte Heizungsregler versprechen Komfort und Heizkostensparnis, weil nur dann und nur so viel geheizt wird, wie gerade Wärme gefordert wird.

Wir haben sieben solcher Geräte zur Montage an Heizkörpern für einen Test in die Redaktion geholt. Mit von der Partie sind das Fritz DECT 302 von AVM, an Smart-Home-Ökosysteme gekoppelte Modelle von Aqara, eQ-3, Gigaset und Shelly sowie Geräte der Heizungsspezialisten Netatmo und Tado.

Kleiner Eingriff

Alle smarten Heizkörperthermostate funktionieren mechanisch identisch: Ein batteriebetriebener Motor drückt den Ventilstift am Heizkörper hinein und regelt so die Durchflussmenge des Hezwassers.

Der Tausch der herkömmlichen Thermostate gegen die Heizungsregler aus unserem Test gelingt auch handwerklich Unbegabten in wenigen Sekunden. Fast alle Geräte haben ein metrisches Feingewinde ($M30 \times 1,5$ mm), das dank Normung auf die meisten Heizkörperventile passt.

Bei allen liegen darüber hinaus Adapter für die ebenfalls weitverbreiteten Ventile von Danfoss mit in der Verpackung. Damit sollten die Heizungsregler auf nahezu jeden gängigen Heizkörper passen.

Für die Montage braucht es keinen Heizungsinstallateur und auch das Wasser kann im System bleiben: Man muss lediglich die Überwurfmutter des bisherigen Thermostats losdrehen und es abziehen. Oft klappt das ohne Werkzeug mit den Fingern. Sitzt die Mutter zu fest, löst man sie leicht mit einer Rohrzange. Da das eigentliche Ventil im Heizkörper verbleibt, tritt beim Wechsel kein Wasser aus. Anschließend wird der smarte Thermostat aufs Ventil gesetzt und die Mutter wieder angezogen. Sofern einer der mitgelieferten Kunststoffadapter aufs Ventil geschraubt wurde, sollte man beim Anziehen der Mutter auf die Rohrzange verzichten. Die alte Handwerker-Weisheit „nach fest kommt ab“ gilt für weiches Plastik noch mehr als für Gewinde aus Metall.

Da die smarten Thermostate die Heizung genauso auf- und zudrehen wie analoge Modelle, braucht man nicht zu befürchten, dass der Einbau der Heizungsanlage, der Therme oder der Wärmequelle schadet. Auch eine Erlaubnis des Vermieters ist nicht nötig, da kein Eingriff in die Heizungsanlage erfolgt und sich der Urzustand wiederherstellen lässt. Bevor man aber die Zange aus dem Keller holt, sollte man zunächst zum Zollstock greifen: Aufgrund der Motoren und der Batterien haben die smarten Thermostate einen größeren Durchmesser und sind auch etwas länger als ihre klassischen Geschwister. In verwinkelten Ecken oder unter Fensterbänken passt nicht jedes Modell.

Variable Wirkung

Die meisten Hersteller smarter Thermostate werben mit deutlichen Einsparungen bei den Heizkosten. Oft werden Werte von mehr als 25 Prozent angegeben. Experten sind sich zwar einig, dass smarte Heizungsregler nennenswert Energie sparen können, doch so hohe Werte erreicht man nur unter bestimmten Bedingungen – und derer gibt es einige. Wer beispielsweise an seiner Therme oder dem Kessel eine Nachtabsenkung der Vorlauftemperatur programmiert hat, wird kaum etwas dadurch sparen, dass die Thermostate die ohnehin kühlen Heizkörper zudrehen. Ähnliches gilt, falls man stets gewissen-



Aqara Radiator E1

Der Thermostat Radiator E1 von Aqara gehört zu den schickeren Testkandidaten. Das Segment-LCD mit schwarzem Hintergrund an der Stirnseite sieht zwar hübsch aus, aber je nach Standort des Heizkörpers und der Möblierung kann man es möglicherweise schlecht oder gar nicht ablesen. Der Bedienung am Gerät tut das kaum einen Abbruch: Der Drehring am Thermostat klickt dezent bei jedem Schritt von 0,5 Grad Celsius.

Gefunkt wird über Zigbee 3.0, weshalb man zusätzlich einen Hub benötigt. Für unseren Test haben wir auf Aqaras aktuelle Smart-Home-Zentrale M2 zurückgegriffen. Sie integriert auch alle anderen Geräte aus dem Smart-Home-Universum des chinesischen Herstellers. Wer seine Heizung pimpen möchte, findet von Aqara auch Tür- und Fensterkontakte sowie externe Temperaturfühler.

Die Aqara-App hat ein schickes Design und bedient sich intuitiv. Sämtliche Thermostate und andere Smart-Home-Geräte lassen sich in Gruppen und Räume ordnen. Der Clou ist die Automatisierung mittels Szenen oder Regeln. Letztere erstellt man nach dem Wenn-Dann-Prinzip in wenigen Sekunden am Smartphone. So schaltet man beispielsweise über ein Geofencing die Heizung automatisch ab, wenn man samt Smartphone die Wohnung verlässt. Ähnlich fix klicken Besitzer von Fensterkontakten eine Absenkung beim Lüften zusammen.

schöne, umfangreiche App

viel Zubehör

Account-Zwang

Preis: 60 Euro



AVM Fritz! DECT 302

Der Heizungsregler von AVM arbeitet direkt mit DECT-fähigen Fritzboxen zusammen. Das Modell DECT 302 ist bereits die zweite Generation und im Vergleich zum Vorgänger hat AVM sich einiger Kritikpunkte angenommen: Der Motor läuft deutlich leiser, wenn auch nicht ganz so flüsterleise wie bei etwa bei eQ-3 oder Aqara. Als störend empfanden wir den Geräuschpegel des DECT 302 nicht.

Um die Batterien zu schonen, funkts der Thermostat nicht permanent, sondern wacht nur alle fünf Minuten auf. Sofern man in der App die Temperatur verstellt, dauert es durchschnittlich zwei-einhalb Minuten, bis die Änderung auf dem Gerät ankommt – je nachdem, wie lange der letzte Kontakt zwischen Thermostat und Fritzbox zurückliegt. Beim Vorgänger waren es noch zehn Minuten. Soll es schneller gehen, klappt die Bedienung am Gerät sehr gut: Das E-Paper-Display zeigt die Temperatur und den Betriebsmodus. Für eine gute Ablesbarkeit in jeder Position lässt sich die Anzeige in 45°-Schritten rotieren. Es fehlt aber eine Beleuchtung. Die Modi für Aufheizen und Lüften sind wie die Soll-Temperatur auf Knopfdruck erreichbar.

Zeitpläne lassen sich sehr leicht mit der Maus im Browser auf der Oberfläche der Fritzbox anlegen. Sie erlauben für jeden Tag bis zu 96 Wechsel. Es werden allerdings nur zwei Soll-Temperaturen unterstützt: die Komforttemperatur und die Absenktemperatur. Wer feinere Abstufungen wünscht, muss den Heizungsregler in eine Smart-Home-Zentrale einbinden.

datensparsam, ohne Cloud-Zwang

braucht keine gesonderte Bridge

keine Displaybeleuchtung

Preis: 80 Euro

haft alle Heizungen runterdreht, bevor man das Haus verlässt. Die automatische Absenkung bei Abwesenheit spart dann auch nur marginal. Bei den Geräten mit Bridge muss man zudem deren Stromkosten gegenrechnen.

Auch die Heizung und das Haus selbst spielen eine große Rolle. Hat man hohe Energiekosten, zum Beispiel wegen eines teuren Gasvertrags oder einer alten Therme mit schlechtem Wirkungsgrad, lassen sich deutlich mehr Euros einsparen als bei grundsätzlich geringen Heizkosten. Ähnlichen Einfluss hat die Dämmung: Je besser das Haus die Wärme halten kann, desto weniger Energie muss über die Heizung aufgebracht werden und entsprechend geringer fällt das Sparpotenzial aus.

Das geht so weit, dass wir in Niedrigenergie- und Passivhäusern sogar die Erfahrung gemacht haben, dass smarte Thermostate eine kontraproduktive Wirkung zeigen: Das Energiekonzept solcher

Häuser ist darauf ausgelegt, die Temperatur konstant zu halten, damit Wände, Decken und den Fußboden nicht auskühlen. Dank der dicken Dämmung arbeiten die Heizungsanlagen mit deutlich geringerer Vorlauftemperatur, denn sie müssen nur einen geringen Wärmeverlust ausgleichen. Ständiges, automatisiertes Abdrehen der Heizkörper führt dazu, dass das Gebäude langsam ausköhlt und es dann mitunter mehrere Tage dauert, bis die Heizung wieder die Wohlfühltemperatur ermöglicht.

Vernetzt macht smart

Unabhängig davon punkten smarte Heizungsthermostate stets mit einem Plus an Komfort. So lassen sich bei allen Testkandidaten neben der obligatorischen Nachtabsenkung auch individuelle Heizpläne anlegen, beispielsweise ein längeres Halten der Komforttemperatur an den Abenden des Wochenendes.

Stoisch eine Programmierung zu durchlaufen macht die Thermostate aber nicht smart – das können schließlich auch billige Modelle aus dem Baumarkt. Die Geräte dieses Tests entfalten ihren vollen Funktionsumfang erst aus dem Zusammenspiel mit dem Smartphone. Dafür müssen sie über eine Funkstrecke mit dem heimischen Netzwerk verbunden sein.

Der AVM-Thermostat nutzt mit DECT einen Funkstandard, der seinerzeit für tragbare Telefone entwickelt wurde und sich mittlerweile auch auf stromsparende Kommunikation zwischen Smart-Home-Geräten versteht (Ultra Low Energy). Der Vorteil von DECT-ULE: Die meisten Fritzboxen von AVM unterstützen das Protokoll, sodass sich die Thermostate direkt an einer bereits vorhandenen Fritzbox anmelden lassen.

Besonders einfach macht es sich das Shelly TRV, denn es kommuniziert via WLAN – doch WLAN zählt nicht gerade zu den stromsparenden Lösungen. Damit dem TRV nicht bereits während der Heizsaison der Saft ausgeht, integriert Shelly einen Akku mit einer Kapazität von 6500 mAh. Mit einer Ladung soll er rund zwei Jahre durchhalten. Aufgeladen wird über eine USB-C-Buchse. Wer keine Steckdose in der Nähe des Heizkörpers hat, muss den Thermostat also entweder abschrauben oder eine Powerbank anstöpseln.

Die fünf anderen Thermostate benötigen eine Basisstation oder Bridge. Das One X von Gigaset nutzt ebenfalls DECT-ULE; anders als bei AVM braucht



Schick, ausgereift, aber mit monatlichen Abokosten: Das System von Tado beschränkt sich aufs Thema Heizen, bietet aber viele praktische Funktionen.



eQ-3 Homematic IP Evo

Das Homematic IP Evo hat der deutsche Hersteller eQ-3 im Vergleich zum Vorgänger optisch aufpoliert. Während das weiterhin angebotene Standardmodell ein LCD nutzt, wird beim IP Evo der weiß glänzende Kunststoff auf der Oberseite von Segment-Ziffern durchleuchtet. Das sieht schick aus und lässt sich gut ablesen. Je nach Montage kann man die Anzeige um 180 Grad drehen. Die Temperatur lässt sich manuell am Thermostat verstehen, indem man das gesamte Gerät einige Millimeter nach rechts oder links dreht. Über den Knopf erreicht man die Boost-Funktion für schnelles Aufheizen.

Gefunkt wird proprietär auf 868 MHz. Entsprechend wird der Home-matic-Access-Point benötigt und muss per Ethernet-Kabel an den Router angeschlossen werden. Die Einrichtung des IP Evo klappt wie bei anderen Smart-Home-Komponenten von eQ-3 in wenigen Sekunden durch Scannen eines QR-Codes.

Sofern man Temperatursensoren oder Fensterkontakte von eQ-3 dazu kauft, lässt sich der Heizungsregler mit Automatisierungen weiter versmartnen. In der übersichtlichen App legt man mit wenig Aufwand einfache Wenn-Dann-Regeln an. Alternativ hievt man die Thermostate ins Ökosystem von Amazon oder Google. Beides hat eQ-3 über Token datenschutzfreundlich gestaltet. Gleicher gilt für die App und die Smart-Home-Zentrale, die angemeldete Geräte anhand ihrer Seriennummern identifiziert, sodass kein Benutzer-Account und keine Angabe persönlicher Daten erforderlich sind.

- ⬆️ **datensparsam**
 - ⬆️ **Smart-Home-Ökosystem**
 - ⬇️ **teuer**
- Preis: 100 Euro**



Gigaset One X

Das One X von Gigaset funkts wie das Gerät von AVM ebenfalls über DECT-ULE. Ändert man die Temperatur in der App, dauert es bis zu 15 Minuten, bis sie vom Thermostat übernommen wird, um die Batterien zu schonen. Einstellungen am Gerät selbst werden sofort umgesetzt, man muss aber wegen der starken Winkelabhängigkeit des Displays den Kopf etwas verrenken, um die Anzeige zu erkennen.

Der Heizungsregler gehört zum Smart-Home-Ökosystem von Gigaset. Das Hinzufügen des Thermostats zur Gigaset-Zentrale ist einfach und in der App gut erklärt.

In der Gigaset-Elements-App lassen sich Thermostate in Gruppen und Räume einsortieren. Zeitpläne müssen von Hand angelegt werden. Das ist etwas mühsamer als bei den anderen Testgeräten, weil für die Startzeit und die Endzeit jeweils eine eigene Regel benötigt wird. Da die Regeln und Zeitpläne dialogbasiert angelegt werden, geht die Programmierung trotzdem recht flott von der Hand. Doch bei komplexen Heizplänen wird die Liste der Regeln allerdings unübersichtlich.

Sofern man andere Smart-Home-Komponenten besitzt, erweitern diese den Funktionsumfang. So sorgt eine einfache Regel dafür, dass der Thermostat schließt, wenn ein Fenstersensor ein offenes Fenster meldet. Die Anwesenheitserkennung setzt Gigaset nicht über Geofencing für das Smartphone um, sondern erfordert einen Türkontakt oder ein smartes Türschloss von Nuki.

- ⬆️ Smart-Home-Ökosystem
- ⬇️ langsame Bridge
- ⬇️ winkelabhängiges Display

Preis: 60 Euro



Netatmo Thermostat

Die Heizungsregler von Netatmo fallen durch ihr schlankes und schickes Äußeres ins Auge: Das Gehäuse wird von milchigem Plexiglas eingefasst. Auf der Oberseite steckt ein E-Paper-Display, das die Soll- und die Ist-Temperatur anzeigt. Wie bei AVM fehlt auch bei Netatmo eine Displaybeleuchtung. Auf Knöpfe am Gerät verzichtet der französische Hersteller ebenfalls. Zu manuellen Verstellen der Temperatur lässt sich der Regler einige Millimeter nach links und rechts drehen. Die Bridge kommt ebenfalls im Milchglasdesign daher und steckt ohne Kabel als flaches Kästchen direkt in der Steckdose – also in den meisten Fällen im Sichtbereich. Die Verbindung zum heimischen Router baut sie über WLAN (2,4 GHz) auf und kommuniziert auf 868 MHz mit den Heizungsreglern.

An smarten Funktionen bringen die Heizungsregler eine Fenster-offen-Erkennung mithilfe der internen Temperaturfühler mit. Externe Sensoren oder Fensterkontakte lassen sich nicht verknüpfen, weshalb die Erkennung ähnlich ungenau ist wie bei den anderen Testkandidaten. Als Zubehör gibt es schicke Raumthermostate mit E-Paper-Display, die die Wunschtemperatur für einzelne Räume oder das ganze Haus vorgeben.

In der übersichtlichen App lassen sich mehrere Tages- und Wochenpläne mit individuellen Temperaturen anlegen. Auf Wunsch passen die Thermostate den Aufwärmzeitpunkt an die Raumgröße und die Außentemperatur an, sodass die Heizung schon vor dem programmierten Zeitpunkt aufgedreht wird.

- ⬆️ schönes Design
- ⬆️ externe Thermostate
- ⬇️ keine Fenstersensoren

Preis: 90 Euro

man aber trotzdem eine Basisstation, die per Kabel oder WLAN mit dem heimischen Router verbunden wird. Die Thermostate von Tado, Netatmo und eQ-3 kommunizieren proprietär über 868-MHz-Funk mit ihren Basisstationen. Aqara wiederum nutzt mit Zigbee einen Standard, der schon länger bei Smart-Home-Geräten etabliert ist.

Smart mit Zubehör

So unterschiedlich die Funkverbindungen, so unterschiedlich sind auch die Ökosysteme der Hersteller: Tado beschränkt sich auf Heizungs- und Klimateste. Zubehör wie Tür- und Fensterkontakte bietet das deutsche Unternehmen nicht an. Wer solche externen Sensoren von Drittanbietern einbinden möchte, muss das über eine Smart-Home-Software wie OpenHAB tun. Auf der Habenseite steht, dass das Tado-System einfach und aus einem Guss ist. Ähnlich verhält es sich bei Netatmo. Zwar verkauft der französische Hersteller mittlerweile Fenstersensoren, doch die sind nur für seine Alarmanlage gedacht und spielen nicht mit den Heizungsreglern zusammen.

Anders bei Aqara, AVM, eQ-3, Gigaset und Shelly. Dort sind die Heizungsregler Teil eines umfangreichen Smart-Home-Ökosystems und lassen sich mit anderen Produkten der Hersteller sinnvoll kombinieren. Ein naheliegender Fall ist der Einsatz von Fensterkontakten: Zwar haben alle Geräte interne Temperaturfühler für die Heizungsregelung. Sobald diese ein abruptes Abfallen der Temperatur bemerken, gehen sie davon aus, dass ein Fenster geöffnet wurde, und drehen die Heizung kurzzeitig zu, damit beim Lüften nicht weiterhin geheizt wird. Das klappt aber nur in wenigen Fällen zuverlässig. Entweder weil die Heizkörper gar nicht in der Nähe der Fenster angebracht sind oder weil Möbel, Sofas oder Vorhänge die Thermostate verdecken und sie deshalb den Temperatursturz gar nicht mitbekommen. Koppelt man die Thermostate hingegen mit Fenstersensoren, wird die Heizung beim Öffnen und Schließen von Fenstern unmittelbar reguliert.

In vielen Situationen profitiert man von Raumthermostaten – etwa, falls mehrere Heizkörper im Raum sind, sie hinter Vorhängen oder in besonders warmen oder besonders kalten Ecken hängen. Man lässt dann den Raumthermostat die Temperatur messen und die einzelnen Heizkörperther-



Shelly TVR

Der Heizungsregler ist nur eine der vielen Shelly-Komponenten, das Unternehmen bietet diverse weitere Geräte an und betreibt mit der Shelly-Cloud ein Smart-Home-Ökosystem. Wer keinen Fernzugriff benötigt, kann den Cloud-Zugang abschalten. Anders als die anderen Testkandidaten funkrt der TVR im 2,4-GHz-WLAN und benötigt keine Bridge. Er wird bei der Einrichtung über die App mit dem Cloud-Account des Nutzers gekoppelt. Das klappte bei uns etwas holprig, denn bevor man das erste Gerät in Betrieb nimmt, muss man in der App einen Raum anlegen.

Die App stellt die wichtigsten Basisfunktionen bereit und erlaubt über Szenen weitere Automatisierungen mittels Wenn-Dann-Regeln. Darüber hinaus wartet sie mit flexiblen Zeitplänen und Diagrammen zum Temperaturverlauf auf.

Auf dem sogenannten Dashboard lassen sich Widgets für präferierte Räume, Geräte und Szenen ablegen. Im Home-Bereich listet die App alle Räume, Gruppen, Szenen und Geräte. Will man Szenen oder Dashboards voll ausreizen, muss man die Pro-Version für entweder 4 Euro im Monat oder 36 Euro im Jahr abonnieren.

Sollen mit der App lediglich einige Thermostate gesteuert werden, kommt man üblicherweise ohne das Pro-Abo aus. Zudem kann man viele Automatisierungen auch mit alternativen Smart-Home-Software-Zentralen umsetzen. Dabei zeigt sich das TVR sehr vielseitig, da es das MQTT-Protokoll unterstützt.

- ⬆️ Smart-Home-Ökosystem
- ⬆️ keine Bridge nötig
- ⬇️ unübersichtliche App

Preis: 70 Euro



Tado Heizkörper-Thermostat (V3+)

Tado hat sich gänzlich dem Thema Heizen verschrieben. Neben Heizkörperreglern bietet das Unternehmen auch externe Thermostate, Zentralthermostate und auch solche mit Thermen- oder Klimaanlagensteuerung; es fehlen aber weitere Smart-Home-Komponenten wie Fenstersensoren. Das mattweiße Finish des V3+ sieht schlicht und edel aus. Sobald man am Ring dreht, durchleuchten weiße Ziffern den matten Kunststoff und zeigen die Solltemperatur.

Auch die App ist sehr schön und übersichtlich gestaltet. Auf der Startseite geben große Kacheln Aufschluss über die Temperaturen und die Luftqualität. Zeitpläne lassen sich in der App mit wenig Aufwand anlegen. Abgerundet wird das Paket von Statistiken, die einen großen Fokus auf Heizkostensparnis legen.

Im Alltag wartet das Tado-System mit smarten Funktionen auf. So bezieht das System Wetterdaten vom Wohnort automatisch in die Heizpläne mit. Mittels Geofencing am Smartphone erkennt Tado, wenn niemand daheim ist und regelt die Heizungen herunter. Diese Funktion ist für Neukunden jedoch nur in einem kostenpflichtigen Abonnement erhältlich. Das Auto-Assist genannte Paket enthält zusätzlich die Fenster-Offen-Erkennung und einen Energiemonitor und kostet 4 Euro pro Monat oder bei jährlicher Zahlung 30 Euro.

- ⬆️ schönes Design
- ⬆️ externe Thermostate
- ⬇️ einige Funktionen kostenpflichtig

Preis: 90 Euro

mostate danach regeln. AVM, eQ-3, Netatmo, Shelly und Tado bieten auch Raumthermostate an. Die anderen Kandidaten müsste man komplizierter in Smart-Home-Systeme wie OpenHAB oder Home Assistant einbinden.

Unterwegs einheizen

Das Gros der Thermostate wird über die Cloud der Hersteller mit dem Internet verbunden. Das erlaubt es, sie via Fernzugriff von unterwegs zu steuern oder mit den Sprachassistenten von Amazon, Google oder Apple zu verbinden. Bei den meisten Herstellern bedeutet das im Umkehrschluss, dass man einen Benutzer-Account anlegen muss. Wer Wert auf Datenschutz legt, macht das idealerweise mit einer E-Mail-Adresse eines Free-Mailers, die den eigenen Namen nicht preisgibt.

Rühmliche Ausnahmen davon: Die Fritz-Thermostate lassen sich über die MyFritz-App erreichen, wofür man keinen Account benötigt, sondern die Nutzerdaten der eigenen Fritzbox. Über ein VPN oder den MyFritz-Service klappt auch der Zugriff von unterwegs. Sprachassistenten unterstützt AVM von sich aus nicht, die Funktion lässt sich aber über Software von Drittanbietern nachrüsten. Dafür muss man diesen den Zugriff auf die eigene Fritzbox gewähren. Die Smart-Home-Zentrale von eQ-3 kommt ebenfalls ohne eine Registrierung aus. Sie erkennt verknüpfte Geräte und das Smartphone des Nutzers anhand von Token.

Fazit

Alle getesteten Heizungsregler erfüllen ihre Grundaufgabe einfach und zuverlässig: Sie stellen die Heizung anhand der angelegten Zeitpläne auf die gewünschte Soll-Temperatur. Darüber hinaus warten sie mit weiteren smarten Funktionen auf, etwa der Erkennung offener Fenster oder ob jemand daheim ist. Richtig gut klappt das nur mit zusätzlicher Sensorik. Solche findet man eher bei den Modellen von AVM, Aqara, eQ-3, Gigaset und Shelly; dort sind die Thermostate nur eine von vielen Smart-Home-Komponenten. Wer mit dem Aufbau eines Smart Homes liebäugelt, ist mit diesen Thermostaten gut beraten, weil sie komplexe Szenen und Programmierungen erlauben, die andere smarte Heimgeräte mit einbeziehen.

Eine Sonderrolle nimmt das Fritz DECT 302 von AVM ein: Die für den Betrieb notwendige Fritzbox steht bereits in sehr vielen Haushalten. Geht es nur ums

Heizen, erlaubt der AVM-Thermostat einen günstigen und einfachen Einstieg.

Netatmo und Tado stechen ebenfalls hervor: Beide Systeme sind schon lange

am Markt und die Erfahrung der Hersteller bemerkt man beim Funktionsumfang, bei der App und nicht zuletzt auch beim Design. Beide Systeme stellen aber nicht

den günstigsten Einstieg ins smarte Heizen dar und bei Tado kommen noch Abogebühren obendrauf, wenn man alle Funktionen nutzen will. (spo@ct.de) ct

Smarte Thermostate

Modell	Radiator E1	Fritz! DECT 302	Homematic IP Evo	One X	Netatmo Thermostat	TRV	Smarter Heizkörper-Thermostat (V3+)
Hersteller	Aqara	AVM	eQ-3	Gigaset	Netatmo	Shelly	Tado
Technische Daten							
Maße (B × H × T)	57 mm × 57 mm × 89 mm	53 mm × 52 mm × 87 mm	53 mm × 55 mm × 94 mm	56 mm × 68 mm × 89 mm	58 mm × 58 mm × 80 mm	62 mm × 53 mm × 94 mm	52 mm × 52 mm × 76 mm
Ventil-Standard / Adapter mitgeliefert / weitere Adapter erhältlich	M30 × 1,5 mm / ✓ (Danfoss RA/RAV/RAVL) / –	M30 × 1,5 mm / (Danfoss RA/RAV/RAVL) / ✓ (diverse)	M30 × 1,5 mm / (Danfoss RA/RAV/RAVL) / –	M30 × 1,5 mm / ✓ (Danfoss RA/RAV/RAVL) / –	Proprietär / M30 × 1,5 mm, M30 × 1,0 mm, M28 × 1,5 mm, Danfoss RA, RAVL, Giacomini / ✓ (diverse)	M30 × 1,5 mm / ✓ (Danfoss RA/RAV/RAVL, Caleffi, Giacomini, M28 × 1,5 mm) / –	M30 × 1,5 mm / ✓ (diverse) / ✓
Bedienelement am Gerät (Art)	✓ (Drehregler, Knopf)	✓ (Knöpfe)	✓ (Drehregler, Knopf)	✓ (Knöpfe)	✓ (Drehregler)	✓ (Drehregler)	✓ (Drehregler)
Regelbereich	5 °C ... 30 °C	5 °C ... 30 °C	5 °C ... 30 °C	5 °C ... 30 °C	7 °C ... 30 °C	5 °C ... 30 °C	5 °C ... 30 °C
Display / Position	✓ (LCD) / Front	✓ (E-Ink) / Oberseite	✓ (LED-Matrix) / Oberseite	✓ (LCD) / Oberseite	✓ (E-Ink) / Oberseite	✓ (LED-Matrix) / Oberseite	✓ (LED-Matrix) / Oberseite
Funkstandard	Zigbee 3.0	DECT ULE	proprietärer 868-MHz-Funk	DECT ULE	proprietärer 868-MHz-Funk	Wi-Fi (2,4 GHz)	proprietärer 868-MHz-Funk
Stromversorgung	2 × AA	3 × AA	2 × AA	2 × AA	2 × AA	Akku (6500 mAh)	2 × AA
Laufzeit (Herstellerangabe)	1 Jahr	mehr als ein Jahr	2 Jahre	k. A.	rund 2 Jahre	rund 2 Jahre	k. A.
Funktionen							
mehrere Soll-Temperaturen	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
mehrere Programmierungen im Zeitplan	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Temperaturanzeige Soll / Ist	✓ / –	✓ / –	✓ / –	✓ / –	✓ / ✓	✓ / –	✓ / –
Anwesenheitserkennung	✓ (über Smartphone-App)	–	✓ ¹	✓ ¹	✓ (über Smartphone-App)	✓ ¹	(über Smartphone-App) ²
selbstlernende Programmierungen	–	–	✓ (Vorlaufanpassung)	–	✓ (Vorlaufanpassung, Wetterbedingungen)	–	✓ (Wetterbedingungen)
Frostschutz / Kalkschutz / Urlaubsmodus	✓ / – / –	✓ / ✓ / ✓	✓ / – / ✓	– / – / –	✓ / ✓ / ✓	✓ / – / ✓	✓ / ✓ / –
Fenster-offen-Erkennung intern / über Fensterkontakt	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	– / ✓	✓ / –	✓ / ✓	✓ ² / –
Boost-Modus	–	✓	✓	✓	✓	✓	–
Bediensperre	✓	✓	✓	✓	–	✓	✓
Unterstützung externer Temperaturfühler	✓	✓	✓	✓	–	✓	–
Unterstützung externer Thermostate	–	✓	✓	–	✓	✓	✓
Zusammenfassen in Gruppen/Räumen	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Konnektivität							
Bridge benötigt / Leistungsaufnahme	✓ / 1,5 W (Hub M2)	– (Fritzbox) / –	✓ / 0,5 W	✓ / 0,9 W	✓ / 0,5 W	– / –	✓ / 0,7 W
Cloud / ohne Account nutzbar	✓ / –	– / ✓	✓ / ✓	✓ / –	✓ / –	✓ / ✓	✓ / –
Amazon Alexa / Google Assistant / IFTTT / Apple HomeKit	✓ / ✓ / ✓ / ✓	– / – / – / –	✓ / ✓ / – / ✓	✓ / ✓ / – / –	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓
Smartphone-App	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Fernzugriff	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Bewertung							
Inbetriebnahme	⊕	⊕	⊕	○	○	○	⊕
Funktionsumfang	⊕⊕	○	⊕⊕	○	⊕	⊕	⊕
App	⊕	○	⊕	⊕	⊕	⊖	⊕
Programmierung	⊕⊕	⊕	⊕	○	⊕	⊕	⊕
Bedienung am Gerät	⊕	○	⊕	⊕	○	⊕	⊕
Preis (Basisstation)	55 €	entfällt	50 €	120 €	190 € (Starterkit mit Basis und 2 Thermostaten)	entfällt	150 €
Preis (Einzelthermostat)	60 €	80 €	100 €	60 €	90 €	70 €	90 €
✓ vorhanden	– nicht vorhanden	k. A. keine Angabe	⊕⊕ sehr gut	⊕ gut	○ zufriedenstellend	⊖ schlecht	⊖⊖ sehr schlecht
¹ nur mit optionalem Zubehör ² nur mit optionalem Abo							



Bild: Moritz Reichartz

Sparpumpe

Wärmepumpen optimal betreiben

Die Wärmepumpe hat sich als häufigste Neubau-Heiztechnik etabliert und findet auch im Bestand immer mehr Freunde. Mit PV-Strom, variabilem Stromtarif oder optimierten Parametern lässt sie sich noch effizienter betreiben, sollte man meinen. Aber dabei gibt es viel zu beachten, manche scheinbare Optimierung erzeugt sogar Zusatzkosten.

Von Clemens Gleich

Es gibt keine Gadgets oder versteckten Einstellungsmenüs, die eine ineffizient laufende Wärmepumpe plötzlich effizient machen. Haustechnik besteht hauptsächlich aus Planung, und je besser die klappt, umso weniger muss hinterher an Geräten herumgefummelt und im Haus einstellend herumgerannt werden. Sie können jedoch einige Best Practices automatisieren, um die letzten zehn Prozent zu holen.

Weil die deutschen Winter milder werden, steigt tendenziell der Wirkungsgrad von Luft-Wasser-Wärmepumpen (LWWP), deren Wärmequelle die Außenluft ist. Sie werden daher als Heiztechnik immer attraktiver und dominieren den Markt. Wenn Wirtschaftlichkeit keine Rolle spielt: Die Erdwärmepumpe mit Tiefenbohrung ist das funktional beste System. Für schritt-

weises Umrüsten im Hybridbetrieb mit der bestehenden Heizung eignet sich die Luft-Luft-Wärmepumpe (LLWP), also eine Klimaanlage mit Heizungsfunktion und einem Klimamittel, das bei deutschen Wintertemperaturen noch verdampft. Wenn die Verbrennerheizung dann ganz abgelöst werden soll, muss hierbei eine Brauchwasser-Wärmepumpe (BWWP) zur Warmwasserbereitung her. Die meisten der genannten Geräte lassen sich fernsteuern, für eine Förderung gibt es mittlerweile sogar Mindestanforderungen für die Fernsteuerbarkeit. In der Fernsteuerbarkeit liegt Optimierungspotenzial für Energie.

Wärmespeicherkapazität

Eine Wärmepumpe arbeitet dann am effizientesten, wenn sie mit niedriger Leistung lange läuft und das Wärmenniveau

wenig heben muss. Das bedeutet für den wassergeführten Heizungsbetrieb (LWWP): möglichst niedrige Vorlauftemperaturen. Im weitaus meisten Neubau und in manchen Bestandsbauten gibt es Fußbodenheizungen, die sowieso mit niedrigen Vorläufen arbeiten. Der Betonestrich, in dem sie verlegt wird, speichert zudem große Mengen an Wärmeenergie: Ein Grad Celsius Temperaturunterschied in einer 150 m² großen Wohnung entspricht zum Beispiel üblicherweise rund 12 kWh Wärme. Für die gleiche Menge Wärme müssten rund 1000 Liter Wasser um 12°C erwärmt werden. Anders als elektrische Batterien können Wärmespeicher Energie ohne Degeneration praktisch beliebig oft speichern und abgeben. Wärmespeicher sind zudem viel billiger als elektrische Speicher. Deshalb lohnt es sich, hier Kapazität vorzusehen.

Darüber hinaus kann die Wärmepumpe natürlich auch Strom aus dem Hausakku verarbeiten, wenn ja wenn die Leistung dieses Akkus nebst seines Wechselrichters zur Leistungsaufnahme der Wärmepumpe passt. Sonst muss sie trotz vorhandener Energie zusätzlich Strom aus dem Netz beziehen, weil der Akku ihn nicht in ausreichender Menge bereitstellt.

Egal ob Akku oder Wasser: Diese Speicherkapazität macht die Betriebsflexibilität von Wärmepumpen erst möglich. Alle aktuellen Heizungs-Wärmepumpen sind leistungsregelbar, ganz ähnlich wie die Modulation bei Verbrenner-Heizungen. Es gibt jedoch durch Baugröße, Ökonomie und Physik bedingte Mindestleistungen, mit denen eine Heizung jeweils anläuft. Das gilt auch für die Wärmepumpe. Sie

sollten die Nennleistung des Geräts nicht zu groß wählen, weil dadurch die Mindestleistung steigt. Sie sollten sie aber auch nicht zu klein wählen, denn sonst kann die WP das Gebäude an den kältesten Tagen nicht mehr warm halten oder der rein elektrische Zuheizer läuft so oft, dass die Effizienz sinkt. Die Bestimmung der richtigen „Heizlast“ eines Gebäudes gehört daher zu den wichtigsten Arbeiten des Heizungsbauers und hat viel mit Erfahrung und Bewohnerverhalten zu tun, weil die genormten Berechnungen praktisch nie stimmen.

Für die Regelbarkeit über Strompreisanreize oder Photovoltaik (PV) braucht die Wärmepumpe ausreichend Mehrleistung, um bei günstiger Energie (PV-Überschuss oder aktuell billiger Strom aus einem dynamischen Tarif) so viel Wärmeüberschuss in die Puffer zu schaffen, dass sich das lohnt. Das ist fast immer so: Eine Wärmepumpe, die zur Gebäudeheizlast passt, hat bei PV-Überschuss, der ja erst ab den wärmeren Übergangszeiten vorkommt, praktisch immer genug Leistungsserreserven, um die Puffer zu bestücken, dass sie teurere Stromzeiten brücken kann. Anders kann es bei sehr klein dimensionierten Wärmepumpen etwa im Hybrid-Betrieb mit Gas/Öl/Holz aussehen. Luft-Luft-Wärmepumpen haben praktisch keine Speicherkapazität, können also kaum über die Räume Energie speichern.

Verlust vs. Speicher

Leistung ist also selten ein Problem, Pufferkapazität schon. Ein Haus mit Heizkörpern statt Fußbodenheizung etwa speichert weniger Wärme im Estrich, sodass ein zusätzlicher Heizwasserpuffer wichti-



Damit die Wärmepumpe das Haus im Winter warm kriegt, muss sie ausreichend dimensioniert sein – und hat eine entsprechende Mindestleistung, die eine PV erst einmal liefern muss, damit der vermeintliche Überschuss-Anlauf nicht in Wirklichkeit Netstrom zieht.

c't kompakt

- Wie gut eine Wärmepumpe etwaige Photovoltaik-Überschüsse nutzen kann, entscheidet sich schon bei der Planung der Anlage.
- Wichtig sind ausreichende und effektive Wärmespeicher oder eine passende Batterie. Schlecht umgesetzte Sparmaßnahmen können aber auch Geld kosten.
- Raffiniertere Regelungen, variable Stromtarife oder eine Kopplung ans Smart Home bringen vielleicht weitere 10 Prozent Ersparnis.

ger wird. Für die kostenoptimierte Nutzung volatiler Energien (PV- und Windstrom) brauchen Sie schlicht und ergreifend Wärmespeicher, weil Strohspeicher noch viel teurer sind.

Deren optimale Größe hängt von den Wärmeverlusten des Gebäudes ab – aber für die Pufferung von Sonnenenergie eignen sich auch die meisten suboptimalen Konfigurationen, solange in den Übergangszeiten signifikant PV-Strom als Wärme gebunkert werden kann. Die grobe Empfehlung lautet auf 50 bis 100 Liter Pufferwasser pro Kilowatt installierter Heizleistung je nach den restlichen Parametern des Hauses. In dieser großen Spanne lässt sich die Pufferkapazität meistens selbst mit Heizkörpern für einen kleinen Kostenvorteil nutzen.

Wenn die Wärmepumpe gut geplant und eingestellt ist, gibt es wie eingangs skizziert nicht mehr besonders viel zu holen. Die richtige Projektierung ist der größere Teil der Lebenszeit-Betriebskosten. Mit einigen einfachen Einstellungen – und das heißt so Banales wie Brauchwasser nur tagsüber zu erzeugen – holen Sie einen weiteren Batzen heraus; nach Untersuchungen unter anderem von Huawei Deutschland bringt das schon etwa 70 Prozent der Effekte aufwendiger Steuerungen. Mit schlauer Steuerung können Sie daher zwar nur relativ geringe Vorteile – üblicherweise im Bereich 10 Prozent – holen, die können jedoch aufgrund der absolut hohen Stromverbräuche trotzdem über die Langstrecke lukrativ werden.

Aber Achtung, mit vermeintlich schlauen Steuerungen können Sie durch-

aus mehr statt weniger Energie verbrauchen, vor allem in Häusern mit geringen Speicherkapazitäten bei gleichzeitig hohen Wärmeverlusten, wie sie im Bestand üblich sind. Ein Beispiel sind schlechte Einstellungen für „SG Ready“.

Klopfzeichen per SG Ready

Fast alle Wärmepumpen tragen ein Label namens „SG Ready“, weil das eine Förderbedingung ist. SG Ready ist ein simples binäres Zweidraht-Zustandssystem, das vier Betriebszustände abdeckt:

1. Nicht heizen; Sperrung, wie sie beispielsweise für die Sperrzeiten in Heiztarifen gebraucht wird.
2. Normalbetrieb mit einer Leistung, die Wärme auch für die Sperrzeiten produziert.
3. Erhöhter Normalbetrieb als „Einschaltempfehlung“. Die WP-Steuerung kann dennoch entscheiden, dass jetzt nicht eingeschaltet wird.
4. Anlaufbefehl mit vorher hinterlegten Parametern für beispielsweise höhere Vorlauftemperaturen.

Vier Zustände sind ein grobes Raster, in dem eine wichtige Kenngröße fehlt, nämlich die aktuell optimale Leistung. Für die Steuerung über SG Ready wird eine Anlaufleistung als fester Wert hinterlegt. Wenn die PV-Anlage nun einen Anlaufbefehl sendet, läuft die Wärmepumpe mit dieser voreingestellten Leistung an – aber diese liegt häufig höher als die aktuelle PV-Überschussleistung. Die Differenz zieht sich die Wärmepumpe zwangsläufig aus dem Netz. Da die hinterlegten Parameter des Anlaufbefehls aber im Allgemeinen eine Temperaturerhöhung für die Wärmespeicherung bewirken sollen, kann die Wärmepumpe am Ende sogar mehr Netzzstrom verbrauchen als ohne diesen ganzen Aufriss.

Oder das Wetter wechselt. Schwankt der solare Ertrag, müsste die Steuerung die Wärmepumpe beim unteren Einstellpunkt wieder abschalten, dann nach Vorüberzug der Wolke wieder einschalten, was in extremo zu Taktungen im Raster der SG-Ready-Latenz von 10 Minuten führt. Feine Steuerungen müssen daher den Wetterbericht verarbeiten. Vor allem aber brauchen sie mehr als die Klopfzeichen von SG Ready, so gut das System gemeint war.

Besser mit Bus

Eine bessere Regelung erfordert also eine klassische Datenübertragung. Sie läuft



Der Energiemanager für den PV-Strom kann vom PV-Hersteller stammen oder ein separates System (hier von Bosch) sein. Wichtig ist, dass es mit der Wallbox spricht und möglichst die Wärmepumpe intelligenter unterrichtet als nur per „SG Ready“-Klopfzeichen.

über eine Vielzahl von Protokollen und Übertragungsmedien: Es gibt im Heizungsbau öfter RS-485 (EIA-485) und darauf aufbauend Modbus RTU, was zusätzliche Kabel benötigt. Es gibt aber auch Modbus TCP über TCP/IP, als Esperanto-Versuch in Europa EEBus und weitere proprietäre Protokolle. Viele nutzen wie meist heute in Wohnhäusern WLAN und auf TCP/IP aufbauende Haustechnik-/Energieprotokolle. Das hat den Vorteil, dass es alle Komponenten fertig aus dem Regal gibt – inklusive Verschlüsselung, arbeitet doch die EU bereits an Vorgaben für verschlüsselte Haustechnik-Kommunikation.

Die Firmengruppe Bosch Home Comfort mit den Wärmepumpen-Heizungsmarken Bosch und Buderus nutzt proprietäre Protokolle aufgesetzt auf Internetstandards; eine offenere Lösung hält der Konzern schlüssig für unwirtschaftlich. Diese Ansicht teilen einige Anbieter, sodass Sie öfter vor der Entscheidung stehen werden: Kauf bei uns alles oder nichts! Nachteil: unflexibel für heterogene Herstellerstrukturen. Vorteil: gutes Zusammenspiel. Wärmepumpen von Bosch oder Buderus gehören zu den wenigen Geräten, die sich vom Energie-Management fein gestuft direkt in der elektrischen Leistung regeln lassen statt indirekt über Temperaturvorgaben – leider nur mit dem hauseigenen Bosch Smart Home Manager.

Doch auch die verbreiteten, unverschlüsselten, offenen Protokolle sind kein Garant für gute Zusammenarbeit. Um die babylonische Vielfalt unter einen Hut zu bekommen, sind Gateways möglich, die ein Protokoll auf ein anderes mappen. Um den proprietären schwedischen Dialekt etwa einer Wärmepumpe von Nibe auf Modbus zu übersetzen, muss man im dortigen Werkszubehör einen Kasten dazukaufen, der auf Modbus RTU übersetzt. Soll die Nibe in einen KNX-Haushalt integriert werden, müsste ein weiterer Simultanübersetzer ran. Aufgrund der gnadenlosen Zwänge der Kombinatorik kann Ihnen dieser Text nicht sagen, wie es bei Ihnen konkret sein muss, sondern Sie müssen schauen, auf welchem aufwandsärmsten Weg die Heizung mit der Stromerzeugung sprechen kann. Leider sind Heizungsbauer mit guten Vernetzungskennissen noch wesentlich rarer als Heizungsbauer ohnehin schon, rechnen Sie also nicht mit schneller Verfügbarkeit professioneller Hilfe bei solchen Projekten. Am ehesten können Ihnen Gebäudeautomatisierungsfirmen helfen, also Personal von zum Beispiel Loxone-Fachbetrieben.

Energiemanager

Die Zuteilung von Strom im Haushalt erledigt ein Energiemanager in Form einer Software im PV-Wechselrichter, als eigener Rechner auf einer Hutschiene montiert oder als zusätzliches Modul im Hausverwaltungssystem installiert. Wichtig ist immer: Der Energiemanager braucht die Live-Stromverbrauchsdaten des Hauses. Am liebsten verkaufen Haustechnikfirmen natürlich ihre eigene Strommessung. Mit dieser Strommessung, den Erzeugungsdaten vom Wechselrichter, eventuell den Strommarktpreisen und den Verbrauchsdaten von Wärmepumpe und Wallbox optimiert der Energiemanager algorithmisch die Stromzuteilung. Das passiert, indem er der Wärmepumpe idealerweise sagt, wie viel PV-Leistung gerade überschüssig vorhanden ist, damit sie auf diese Leistung einregelt, wenn das in Sachen Sicherheit, Komfort und Verbrauch sinnvoll ist. Es gibt auch hier wieder sehr einfache Steuerungen, die nur implizit über das Verschieben der Heizkurve die Leistung regeln, es gibt aber auch leider seltener konkrete elektrische Leistungsregelung anhand des verfügbaren Überschusses.

PV-Überschuss lohnt sich oft, im Haus als Wärme zu bunkern, weil der deutsche Strom so teuer ist. Bei Fußbodenheizungen bedeutet das idealerweise: Die Temperatur bestimmter Räume wird über die steuerbaren Einzelraumthermostate erhöht. So etwas gibt es zum Beispiel beim Bosch Smart Home Manager in der dazugehörigen Energiemanager-App oder bei Loxone. Das Bad bietet sich bei ausreichender Bodenfläche an, weil dort ein, zwei Kelvin mehr am Boden als eher angenehm empfunden werden. Bei vielen Anbietern gibt es gröbere Regelungen, die einfach die gesamte Haustemperatur anheben – mit dem Nachteil, dass die sonnenbeschienenen Räume dann zu warm werden können und die Fenstersonnenwärme schlecht nutzen. Einen Teil der im Boden gespeicherten verlieren Sie einfach wieder über die Gebäudehülle, einen Teil behalten Sie aber bis über den Zeitpunkt hinaus, an dem ohne PV-Überschuss die Wärmepumpe angelaufen wäre. Der zweite Teil muss mehr sparen, als die Aktion mit Mehrleistung kostet – was schwer im Alltag prüfbar ist.

Man kann auch per Heizkörper oder Luft-Luft-Wärmepumpe die Temperatur erhöhen, trifft dann aber auf das Problem, dass Luft nur rund ein 600stel der Wärme von Beton trägt. Das bedeutet, dass diese Temperaturerhöhung nur zu einem geringen Teil in Wänden und Böden landet, aber in der kurzen Zeit der Energieüberschüsse zum größten Teil vor allem in Bestandsbauten nach draußen geht. Auch

hierzu gibt es kaum Daten zur Frage „Lohnt sich das?“, die Antwort dürfte jedoch sein: „Eher selten“.

Dynamische Strompreise

Manche Steuerungen für Heizungen direkt im Gerät oder im Energiemanager bieten Optionen für dynamische Strompreise, die sich nach Day-Ahead-Börsenpreisen stündlich ändern. Diese Tarife gibt es seit Längerem von Pionieren wie Awattar oder Tibber, ihre Zahl wächst jedoch gerade schnell, weil ab 2025 jeder Stromanbieter so etwas anbieten muss. Zum Redaktionsschluss gab es schon ein knappes Dutzend in Deutschland. Da die Wärmepumpe hierbei keine Leistungsbegrenzung für das Preisfenster hat, muss sie auch mit niemandem verhandeln, wie viel Strom sie am besten zieht. Das vereinfacht die Sache ungemein.

Die Steuerungen, die nach Strompreis heizen, ziehen meistens einfach die Heizkurve analog zu den Preisen rau auf und runter. Bedeutet: Die Raumtemperatur schwankt je nach Stärke der (meist einstellbaren) Regelung im Rahmen dessen, was Einzelraumthermostate nicht ausregeln können und bei komplett heizungsgeführter Temperatur schwankt eben alles komplett mit. Es ist nur die Frage, ob das jemand merkt. Da allerdings der deutsche Strompreis hauptsächlich aus Nebenkosten besteht und die Wärmepumpe nicht beliebig flexibel heizen kann, ohne dass jemand friert, liegt das Sparpotenzial hier entsprechend niedrig: Nibe etwa spricht von 10 Prozent. Gehen Sie also in der Praxis von weniger aus.

Fazit: Kaufmann oder Hobbyist?

Wie schon eingangs erwähnt sind die maximalen Effekte des nicht unerheblichen technischen Aufrisses, die Wärmepumpe vermeintlich smart zu steuern, in Häusern mit geringer Speicherkapazität gering, während es durchaus Risiken gibt. Das kleinere Risiko sind höhere oder identische statt niedrigere Stromverbräuche, die Sie aufgrund fehlender oder falscher Vergleichsdaten für Ersparnisse halten. Das größere Risiko sind kaputtgespielte Wärmepumpen. Wenn also Haustechnik nicht Ihr Hobby ist, sollten Sie überlegen, ob sich das bei Ihrem konkreten Haus lohnt – vor allem in Zeiten schlecht verfügbarer Handwerker.

Speicherkapazitäten sind der beste Anhaltspunkt. Eine Brauchwasserbereitung tagsüber und ein taglastiger Heizbe-



Bild: Tibber

Stromtarife mit flexiblem Preis lohnen sich eher fürs E-Auto, das erst irgendwann morgen geladen sein muss, aber weniger für Wärmepumpen, weil sie Wohnungen nur begrenzt mit billigem Strom vorheizen oder bei teurem Strom auskühlen lassen sollten.

trieb erzielt übers Jahr etwa 70 Prozent des Spareffekts einer automatisierten Lösung selbst mit PV, hat aber keine deren Risiken. Darüber hinaus die letzten zehn Prozent zu holen lohnt sich, weil die absoluten Energiewerte des Heizens meistens die weitaus höchsten des Haushalts sind. Sie benötigen aber eine solide Automatisierungslösung – hierbei geht es vor allem um Kompetenz, die Sie selbst haben oder einkaufen müssen.

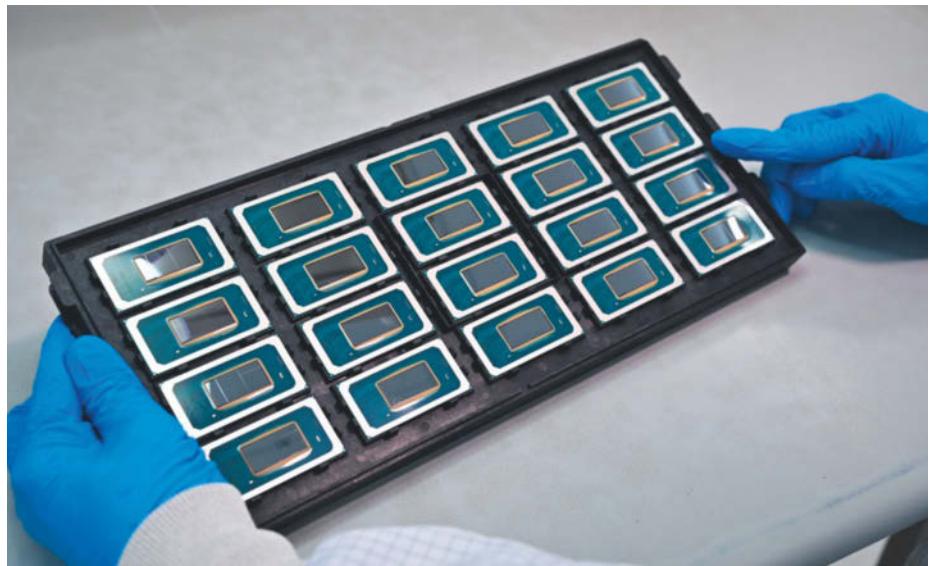
Wenn es nicht (nur) um wirtschaftliche Kenndaten geht, sondern Haustechnik Ihr Hobby ist oder werden soll, haben Sie einen gigantischen Spielplatz entdeckt. Bei Neuanlagen ist es sinnvoll, weitgehend in einer Firmenwelt zu bleiben, inklusive Kooperationen. Ihr Wärmepumpen-Hersteller verrät Ihnen, was Sie am besten kaufen, hängeln Sie sich von dort bei anstehendem Geräteaus tausch die Anschaffungskostenpyramide hinunter. Loxone platziert sich als Generalist, der alles mit allem sprechen lässt. Bosch kombiniert sicheres Energiemanagement mit anderen Smart-Home-Funktionen.

Energie-Management lässt sich parallel zum restlichen Smart Home betreiben. Sie können also die Produkte verwenden, die Ihre Solarfirma kennt. Kostal, SMA, E3/DC, Smartfox, Solar-Log, Solarwatt, um nur einige zu nennen, haben alle Energiemanager im Angebot, die auch die Heizung steuern können – zumindest über SG Ready. Es gibt bis auf die getrennten Interfaces keine Nachteile, das mit Homematic, OpenHAB oder anderen Smart-Home-Systemen zu kombinieren. (jow@ct.de) **ct**



Bild: Loxone

Damit Photovoltaik, Heizungen und das übrige Smart Home sinnvoll miteinander kommunizieren, kommt schnell deutlich mehr Technik zusammen, als man bei der ursprünglichen Planung dachte. Deren Anschaffungs- und Betriebskosten wollen erst einmal eingespart werden.



hat: Zum SoC-Tile gehören Monitorausgänge und Videoeinheiten. Die flächenmäßig viel größere Shader-Baugruppe mit ihren unzähligen identischen Rechenwerken, die nur bei gewissen Anwendungen wie Spielen, Videoschnitt oder generativer KI zum Einsatz kommen, wurde hingegen in ein eigenständiges GPU-Chiplet ausgelagert.

Mehr CPU-Kerne

Intel spendiert auch den CPU-Kernen ein eigenes Chiplet, das im Maximalausbau erneut sechs starke P- mit acht effizienteren E-Kernen kombiniert – so weit, so altbekannt. Das Problem: Obwohl die Kerne bei wenig Rechenlast, etwa beim Abspielen eines Videos oder dem Verfassen eines Textes, größtenteils nichts zu tun haben, müssen sie doch regelmäßig kurz aufwachen. Dieser Umstand wiegt bei einem Chiplet-Design noch schwerer, denn dort muss eben nicht nur ein CPU-Kern aufgeweckt werden, sondern ein ganzes Chiplet.

Intel löst das Dilemma, indem das SoC-Tile zwei zusätzliche E-Kerne bekommt. In den eben geschilderten Nutzungsszenarien kümmern sich diese um sämtliche Hintergrundaktivitäten, sodass das CPU-Tile vollständig schlafen kann, auch wenn man das System nutzt.

Wie alle anderen Kerne auch, sind die beiden zusätzlichen für das Betriebssystem sichtbar; im Geräte- und Taskmanager von Windows geht es künftig also noch etwas gedrängter zu. Intels Thread Director gibt dem Betriebssystem Hinweise, auf welche Kerne die momentane Last aus seiner Sicht optimal verteilt ist; das ist seit Alder Lake (12. Core-i-Generation) Usus.

Bislang starteten neue Threads auf den stärkeren P-Kernen. Mit Meteor Lake dreht sich die Reihenfolge um: Der Startpunkt sind nun die Low-Power-E-Kerne im SoC-Tile, und jeder Thread muss sich den Weg auf die E-Kerne im CPU-Tile und schlussendlich auf die dortigen P-Kerne erst „verdienen“.

Pikante Randnotiz: Intel verwendet zwar für das CPU-Chiplet den hauseigenen Fertigungsprozess Intel 4, doch das SoC-Tile samt darin enthaltener E-Kerne stammt von TSMC (N6). Auch das IO-Tile (N6) und das GPU-Tile (N5) kauft Intel bei TSMC zu; aus eigenen Fabs stammt sonst nur noch der Foveros getaufte Interposer, der vollflächig unter allen Chiplets liegt und diese miteinander sowie mit dem Package-Substrat verbindet. Weil er keine aktiven Schaltelemente enthält, sondern praktisch nur Leitungen, genügt für seine Herstellung ein 22-Nanometer-Prozess.

Fliesenprozessor

Technische Details zu Intels kommender Prozessorgeneration Meteor Lake

Die kommende Prozessorgeneration Meteor Lake macht nicht nur mit einem neuen Fertigungsprozess von sich reden: Sie besteht aus mehreren Chiplets anstatt aus einem großen CPU-Die, wie bisher üblich. Intel verspricht längere Akkulaufzeiten.

Von Florian Müssig

Sⁱet geraumer Zeit trommelt Intel zwar schon für die in Kürze anstehende Prozessorgeneration Meteor Lake und dessen Chiplet-Ansatz, geizte aber bislang mit konkreten Infos zur Umsetzung. Diese lieferte Intel nun auf einer Veranstaltung für Fachjournalisten und Analysten in Malaysia.

Die Chiplet-Bauweise bringt große Veränderungen, obwohl Intel seine Mobilprozessoren schon seit Jahren aus zwei Einzelchips zusammensetzt. So vereinte das Prozessor-Die die CPU-Kerne unter anderem mit dem Speichercontroller und der integrierten

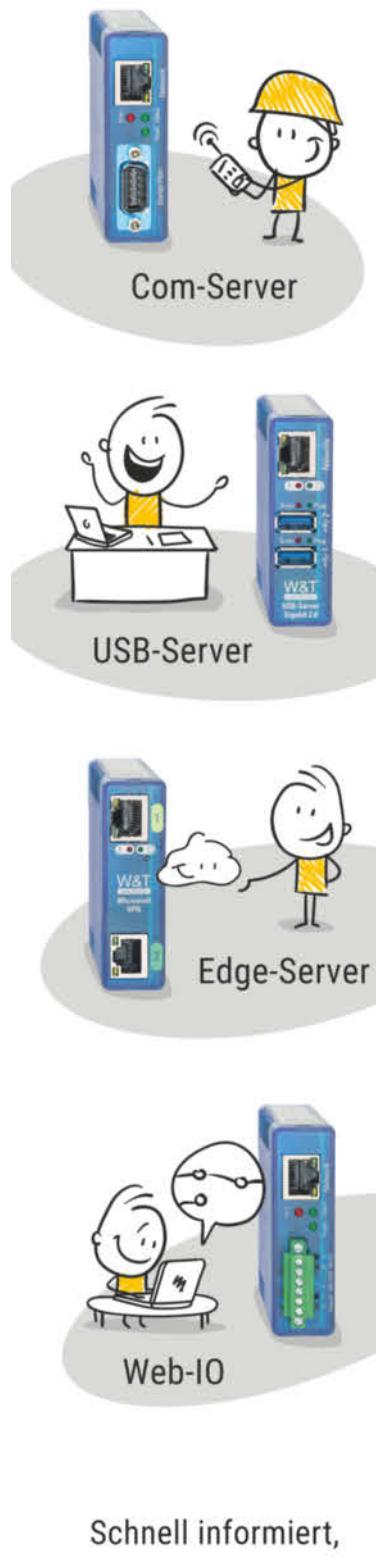
Grafikeinheit (GPU), aber auch mit deren Monitorausgängen und allen flotten Schnittstellen wie USB4/Thunderbolt und PCIe. Über die OPI-Schnittstelle wurde der von Intel als „Platform Controller Hub“ (PCH) bezeichnete Chipsatz angekoppelt. Im PCH stecken alle „langsamen“ Schnittstellen wie USB (2.0 und 3.x), WLAN, SATA und Audio sowie die Sensor-Hubs.

Blockumbau

Meteor Lake enthält weiterhin all diese Funktionsblöcke, doch sie sind nun nach anderen Gesichtspunkten in verschiedenen Chiplets gruppiert. Zu diesen Kriterien zählt Energieeffizienz, aber auch ein Blick nach vorne: Welcher Block ändert sich wegen technischer Fortschritte häufig, welcher hält länger durch? Zu ersterer Kategorie zählen etwa die CPU- und GPU-Rechenwerke und zu letzterer Schnittstellen wie PCIe, USB 2.0 oder SATA.

Bei Meteor Lake hat Intel alle häufig verwendeten Funktionen in das „SoC-Tile“ getaufte zentrale Chiplet verlagert (siehe Blockdiagramm). Ungewöhnlich ist an dieser Stelle, dass der Hersteller dabei die integrierte Grafikeinheit auseinandergerissen

W&T verbindet Ihre
Geräte und IOs.



Schnell informiert,
entspannt getestet,
langlebig im Einsatz:



Das gerade schon angesprochene IO-Chiplet enthält zusätzliche PCIe-Lanes, aber auch zwei weitere Monitorausgänge sowie USB4-beziehungsweise Thunderbolt-4-Controller. Diese Funktionsblöcke wurden aus zwei Gründen aus dem SoC-Chiplet ausgelagert. Einer ist wieder die Energiebilanz: Wenn ein Notebook per Thunderbolt an einem Dock hängt, tut es nicht weh, ein weiteres Chiplet mit Strom zu versorgen.

Andererseits benötigt Intel das IO-Chiplet, um überhaupt genügend Leitungen aus dem Gesamtpaket führen zu können. Die PHYs, die Verbindungen nach außen treiben, werden traditionell an den Rändern von Chips platziert. Bei einem Chiplet-Verbund sind aber bauartbedingt Verbinder zwischen den Chiplets notwendig, die Platz für Leitungen nach außen wegnehmen. Zudem haben weder GPU- noch CPU-Tile IO-Funktionsblöcke, sodass ihre Randbereiche nicht zur Verfügung stehen.

Baukastensystem

Für Intel hat der Chiplet-Ansatz einen weiteren Vorteil. Innerhalb einer Generation gab es zuletzt verschiedene CPU-Ausbaustufen, die modellspezifisch zwei, vier oder sechs P-Kerne hatten. Auch beim GPU-Ausbau gab es Differenzen. Für jede Variante musste Intel eigene Chips entwickeln, validieren und fertigen.

Der Chiplet-Ansatz vereinfacht das, denn es lassen sich separat CPU-, GPU- oder IO-Tiles entwerfen. Diese müssen dann nur ihrerseits validiert werden, während etwa das zentrale SoC-Tile unverändert bleibt. Insofern ist davon auszugehen, dass es nicht nur das große CPU-Tile mit sechs P-Kernen geben wird. IO-Tiles

können mit einer unterschiedlichen Anzahl an PCIe-Lanes aufgelegt werden und GPU-Tiles mit diversen Ausbaustufen an Xe-Cores.

Apropos: Anders als die CPU-Kerne, die eng an Raptor Lake angelehnt sind, wurde die integrierte GPU generalüberholt: Im Vollausbau sind 128 EUUs (die jetzt offiziell Vector Engines heißen) drin, die auf der Architektur Xe-LPG aufbauen und deutlich höher takten sollen.

Die Frage ist allerdings, in wie vielen Prozessoren das große GPU-Tile tatsächlich Verwendung finden wird. Für die meisten Notebooknutzer ist 3D-Power nebensächlich, sodass wir davon ausgehen, hauptsächlich ein kleineres GPU-Tile mit bestenfalls 64 EUUs zu sehen.

Ausblick

Dass in den vergangenen Absätzen viel spekuliert wurde, liegt daran, dass Intel konkrete Modellinformationen weiterhin unter Verschluss hält. Damit ist auch klar, dass dieses Jahr wohl keine Meteor-Lake-Notebooks mehr zu kaufen sein werden. Stattdessen dürfte auf der Technikmesse CES im Januar 2024 eine Flut von Notebookneuvorstellungen anstehen.

Und obwohl Intel das SoC-Chiplet mit Hinblick auf eine lange Haltbarkeit entwickelt hat, steht schon vor dem Start ein Wunsch für den Nachfolger fest: Der in Meteor Lake integrierte WLAN-Controller spricht nämlich nur Wi-Fi 6E. Modernes Wi-Fi 7 klappt also nur, wenn Notebooks ein klassisches PCIe-Modul bekommen, anstatt nur eines mit effizienterer CNVi-Schnittstelle, was Intel in den letzten Jahren gerne als Alleinstellungsmerkmal hervorgehoben hat.

(mue@ct.de) ct

Meteor Lake Disaggregation FOVEROS Cut Lines

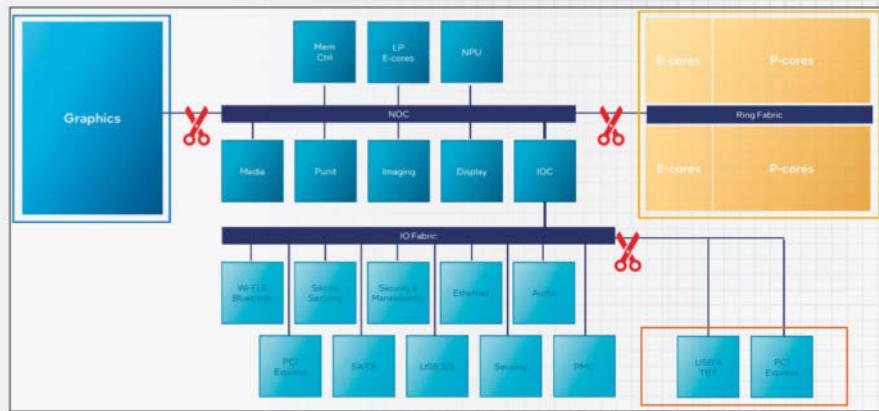


Bild: Intel

Intel Tech Tour: Meteor Lake

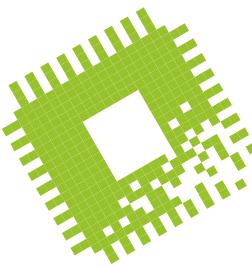
Intel Confidential

intel

Blockschaltbild: Bei bisherigen Notebookprozessoren steckten die oberen Funktionsblöcke im CPU-Die und die unteren im PCH-Chipsatz. Beim Chiplet-Prozessor Meteor Lake wurden sie ganz anders sortiert: Die Mitte entspricht dem SoC-Tile, an das links das GPU-Tile und rechts die CPU- und IO-Tiles angekoppelt werden.

Bit-Rauschen

Apple A17 Pro, Intel Meteor Lake und AMD Ryzen 7040



Apples brandneue Spitzen-iPhones enttäuschen bei der Rechenleistung, Intels kommende Notebook-CPUs zeigen sich. AMD verwirrt beim Ryzen 7040 und europäische Regionen balzen um Chipfirmen.

Von Christof Windeck

Nur 10 Prozent mehr Rechenleistung: Apples Versprechungen zu den starken CPU-Kernen des iPhone-15-Prozessors A17 Pro schlugen am 12. September Wellen bei Fans und Anlegern. Die Apple-Aktie sackte um 6,5 Prozent ab, die von Intel legte um denselben Anteil zu. Denn der A17 Pro ist der weltweit erste Großserienchip mit der TSMC-Fertigungstechnik N3, und der geringe Vorteil im Vergleich zum A16 Bionic mit N4-Technik – die eng mit N5 verwandt ist – enttäuschte. Umgekehrt ist das ein positives Zeichen für Intels Aufholjagd bei der Chipfertigungstechnik. Mehr zu den neuen iPhones mit USB-C-Buchsen lesen Sie auf Seite 39.

Bei Intel stehen die Meteor-Lake-Mobilprozessoren in den Startlöchern, deren CPU-Kachel Intel mit Intel-4-Technik produziert. Letztere dürfte laut Experten in vielen Aspekten zwischen den TSMC-Generationen N5 und N3 stehen. Allerdings deutet einiges darauf hin, dass die Meteor Lakes als erste Intel-4-Chips nicht problemlos so hohe Turbo-Taktfrequenzen erreichen wie ihre Vorgänger. Vermutlich deshalb verzichtet Intel auf Desktop-PC-Versionen und überbrückt das Jahr bis zur nächsten CPU-Generation Arrow Lake mit den erfrischten Raptor Lakes alias Core i-14000, die Ende Oktober erwartet werden. Das Leistungsplus soll aber recht mäßig ausfallen. Deutlich schnellere Desktopprozessoren sind erst

mit Arrow Lake-S aus Intels übernächster Fertigungstechnik 20A zu erwarten. Diese Chips könnten im Herbst 2024 auf Serie-800-Mainboards mit der neuen Fassung LGA1851 starten.

Mit den Meteor Lakes wechselt Intel das Namensschema, das kleine „i“ fällt weg. Von einem „Core Ultra 7 155H“ mit 16 Kernen und 22 Threads sind schon Ergebnisse des Benchmarks Geekbench 6.1.0 aufgetaucht. Demnach liefert er sehr ordentliche Performance auf dem Niveau des AMD Ryzen 7 7840HS (8 Kerne/16 Threads). Wie Intel die interessante CPU-Kernkombination 6P + 8E + 2E des Core Ultra 7 „zusammenfließt“, erklären wir auf Seite 32.

Derzeit bereiten wir einen Vergleichstest von Notebooks mit den von AMD im Mai angekündigten Ryzen-7040U-Prozessoren vor, von denen allerdings erst wenige in Deutschland lieferbar sind. Dabei sorgt AMD für Verwirrung. So tauchte in China plötzlich eine „Phoenix2“ genannte Variante des Ryzen 7040 auf, in der AMD (wie im Bit-Rauschen in c't 9/2023 spekuliert) zwei Zen-4- mit vier



Gruppenbild aus Brüssel mit Ministerpräsidenten jener Regionen, die sich zur European Semiconductor Regions Alliance (ESRA) zusammengeschlossen haben.

schlankeren Zen-4c-Kernen kombiniert. Angeblich könnte dieser Chip etwa als Ryzen 5 7540U kommen – obwohl es auch einen anderen Ryzen 5 7540U mit sechs gleichen Zen-4-Kernen gibt.

Außerdem tritt AMD in Intels Fußstapfen und bewirbt CPU-Funktionen, die nicht in allen Exemplaren einer Baureihe tatsächlich nutzbar sind. Bisher hatte AMD eher einheitliche Ausstattung betont. Doch der von der übernommenen Firma Xilinx stammende KI-Beschleuniger „Ryzen AI“ trägt nicht nur verwirrend viele Namen wie XDNA oder IPU, sondern ist längst nicht in jedem Notebook oder Mini-PC mit Ryzen 7040HS oder Ryzen 7040U aktiv. Das dürfte die Verbreitung von daran angepasster KI-Software nicht gerade fördern.

ARM-Jagd

Der relativ geringe Leistungszuwachs des Apple A17 Pro freut nicht nur Intel, sondern auch Qualcomm, Samsung und MediaTek. Denn kommende Smartphone-SoCs mit dem ARM-Prozessorkern Cortex-X4 könnten näher an die nach wie vor führende Singlethreading-Performance der Apple-Chips heranrücken. Um zu überholen, müssten die ARM-Konkurrenten aber ihre Taktfrequenz enorm steigern, denn ARM selbst verspricht nur etwa 15 Prozent Leistungsplus für den Cortex-X4 im Vergleich zum Cortex-X3, der als „Prime Core“ etwa im aktuellen Qualcomm Snapdragon 8 Gen 2 rechnet. Letzterer läuft den starken Kernen des Apple A16 jedoch um rund 25 Prozent hinterher und dürfte um mehr als 30 Prozent hinter dem A17 Pro liegen. MediaTek verspricht, dass im Herbst 2024 Smartphones mit ihrem Dimensity-Chip mit Cortex-X4 aus der 3-Nanometer-Fertigung von TSMC kommen.

Unter Federführung des sächsischen Ministerpräsidenten Michael Kretschmer hat sich am 7. September in Brüssel die Allianz der europäischen Halbleiterregionen gegründet, kurz ESRA für European Semiconductor Regions Alliance. 27 Regionen aus elf EU-Staaten sowie auch Wales aus dem Brexit-UK machen mit. Die Allianz will die schönen Fördermittel aus dem European Chips Act ausreizen und damit Investoren anlocken. Man möchte aber auch die Ausbildung von Fachkräften fördern und sich untereinander vernetzen, damit es die EU tatsächlich wie geplant schafft, die Halbleiterfertigung bis 2030 um ein Mehrfaches zu steigern.

(ciw@ct.de)

ICH WARTE NICHT AUF UPDATES. ICH PROGRAMMIERE SIE.

40 %
Rabatt!



c't MINIABO PLUS AUF EINEN BLICK:

- 6 Ausgaben als Heft, digital in der App, im Browser und als PDF
- Inklusive Geschenk nach Wahl
- Zugriff auf das Artikel-Archiv
- Im Abo weniger zahlen und mehr lesen

Jetzt bestellen:
ct.de/angebotplus



Freier Eintritt

Neues EU-Wettbewerbsrecht für Digitalkonzerne scharfgeschaltet

Der Digital Markets Act soll zuerst für die fünf größten US-Tech-Riesen und für den chinesischen TikTok-Betreiber ByteDance gelten. Auf sie kommen in der EU unangenehme Pflichten zu.

Von Holger Bleich

Für große US-Konzerne ändern sich die Marktbedingungen in der EU derzeit rasant. Jüngst sind mit dem Digital Services Act (DSA) neue Regeln für ihre Plattformen wirksam geworden. Nun beginnt die EU-Kommission, das weltweit rigideste Wettbewerbsrecht für Onlinedienste scharf zu schalten: Der Digital Markets Act (DMA, „Gesetz über digitale Märkte“) soll die Marktmacht der Datenriesen beschränken.

Dies soll die EU-Verordnung schaffen, indem sie besonders große, „zentrale digitale Plattformdienste“ an ein definiertes

Regelwerk bindet. Am 6. September hat die EU-Kommission die ersten sechs dieser Torwächter verbindlich benannt. Demnach müssen sich erwartungsgemäß Alphabet, Amazon, Apple, ByteDance, Meta und Microsoft den DMA-Vorschriften stellen – allerdings gilt diese Pflicht nicht für sämtliche angebotenen Dienste der Konzerne (siehe Grafik).

Nach der Prüfung fiel für Beobachter überraschend Samsung durchs Torwächter-Raster. Microsoft hat gegen die Einordnung der Suchmaschine Bing, des Browsers Edge und seiner Werbesparte Einspruch eingelegt. Apple war mit der Einordnung von iMessage sowie des Betriebssystems iPadOS nicht einverstanden. Bei diesen Produkten prüft die Kommission erneut und führt nach eigenen Angaben nun Marktuntersuchungen durch – solange sind sie von der DMA-Regulierung ausgenommen.

Torwächter-Pflichten

Die sechs Torwächter müssen dem DMA zufolge ab sofort jeden Unternehmens-

zukauf an die Kommission melden. Sie haben sechs Monate Zeit, ihre Dienste an die neuen Vorschriften anzupassen. Vor Ablauf dieser Frist müssen sie mit einem Compliance-Bericht darlegen, was sie verändern wollen, um die Anforderungen zu erfüllen.

Mit einigen Regeln zielt die EU augenscheinlich auf bestimmte Konzerne. So trifft das Verbot, Kundendaten aus verschiedenen Konzernsparten zusammenzuführen, sicherlich Alphabet/Google und Meta besonders hart. Dass sie gewerblichen Nutzern Zugriff auf die Daten gewähren müssen, die diese bei ihrer Geschäftstätigkeit auf der Gatekeeper-Plattform generieren, dürfte auf den Amazon Marketplace zugeschnitten sein. Torwächter-Plattformen dürfen zudem nicht die eigenen Dienstleistungen oder Produkte gegenüber denen der Konkurrenz herausheben. Dies spielt auf Google an.

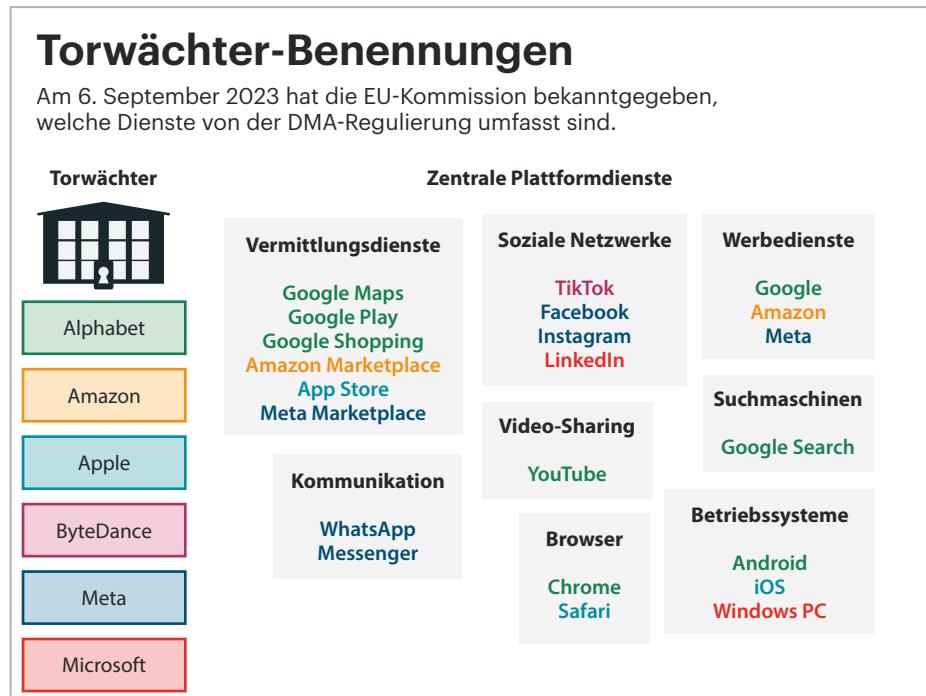
Die Interoperabilitätspflicht für Messenger-Dienste trifft dagegen nur Metas Services WhatsApp und Facebook Messenger. Sie müssen sich ab November 2024 für kleinere Mitbewerber öffnen. Wenn etwa Signal oder Threema dies verlangen würden, müsste WhatsApp innerhalb von drei Monaten eine Schnittstelle für Textnachrichten bereitstellen. In der neuen Beta-Version von WhatsApp ist bereits ein neuer Bereich namens „Third Party Chats“ aufgetaucht – ein Hinweis darauf, wie Meta die DMA-Pflicht umsetzen wird.

Laut DMA müssen Torwächterbetriebssysteme ihren Nutzern erlauben, fremde App-Stores und alternative Software zu installieren. In Apples hermetischen Ökosystem ist dies – anders als bei Android – bislang nicht vorgesehen, was der Konzern als Sicherheitsgewinn verkauft. Ab März 2024 muss Apple aber nun innerhalb der EU das sogenannte „Side-loading“ ermöglichen. Bislang gibt es keine Hinweise darauf, wie Apple die Forderung umsetzen will. Experten erwarten eine entsprechende Option frühestens in Version 17.2 von iOS.

Die EU-Kommission kontrolliert, wie die Torwächter ihren neuen Pflichten nachkommen. Bei Verstößen kann sie Geldbußen bis zu einem Höchstbetrag von 10 Prozent des weltweit erzielten Gesamtumsatzes des Unternehmens verhängen, den sie bei wiederholter Zuwidderhandlung auf bis zu 20 Prozent hochsetzen kann. Im Falle „systematischer Zuwidderhandlungen“ droht als Ultima Ratio sogar eine Zerschlagung des Konzerns. (hob@ct.de) ct

Torwächter-Benennungen

Am 6. September 2023 hat die EU-Kommission bekanntgegeben, welche Dienste von der DMA-Regulierung umfasst sind.



Ubuntu 23.10 testet neue App-Verwaltung

In der Entwicklungsversion von Ubuntu 23.10 debütiert eine neue Anwendungsverwaltung, mit der Nutzer Snap-Pakete suchen, installieren und aktualisieren können.

In den Daily Builds von Ubuntu 23.10, das im Oktober veröffentlicht werden soll, findet sich eine neue Softwareverwaltung namens „App Center“ (Anwendungszentrum). Der neue App-Store ist mit dem UI-Framework Flutter entwickelt, auf das Canonical seit 2021 im Desktop-Bereich setzt. Er könnte die in die Jahre gekommene Softwareverwaltung ablösen, die ein Fork von Gnome Software war.

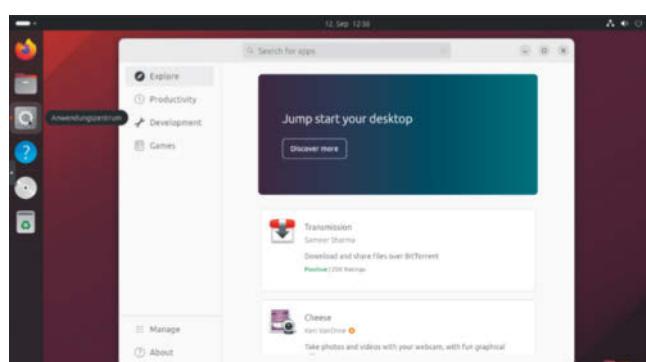
Das neue Anwendungszentrum ist ein Fork eines Projektes aus Ubuntus Flutter-Community (siehe ct.de/yepm), unterscheidet sich jedoch in einem wichtigen

Punkt: Klassische Debian-Pakete lassen sich damit derzeit nicht installieren. In unserem Testlauf konnten wir nur die von Canonical favorisierten Snap-Pakete suchen und installieren. Im GitHub-Repository des Projekts existiert jedoch ein Ticket, das die grundlegende Unterstützung von Debian-Paketen zum Ziel erklärt. Ob und wann das Feature nachgereicht wird, lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt nicht sagen.

Dass die mit Snap konkurrierenden Flatpak-Pakete außen vor bleiben, dürfte die meisten Nutzer kaum überraschen. Im GitHub-Repository des Anwendungszentrums schließt ein Entwickler aus, dass Flatpaks nachgerüstet werden.

(ndi@ct.de)

Ubuntu App Center bei GitHub: [ct.de/yepm](https://github.com/ct-de/yepm)



Das neue Anwendungszentrum wirkt schick und minimalistisch, kann bislang aber nur mit Snap-Paketen umgehen.

Gnome 45 bricht mit Extensions

Die Version 45 der Linux-Desktop-Umgebung Gnome hat den Status eines Release Candidate erreicht. Viel zu tun gibt es jedoch noch für Entwickler und Maintainer von Gnome-Erweiterungen, die den Desktop mit zusätzlichen Funktionen ausstatten.

Im Blog von Gnome Shell & Mutter schreibt der Gnome-Entwickler Florian Müllner, dass **bisherige Erweiterungen nicht in Gnome 45 funktionieren werden**, weil Gnome Shell vom GSJ-eigenen Importsystem (Gnome JavaScript) auf die Syntax von Standard-JavaScript-Modulen (ESM) umsteigt. Erweiterungen, die bereits für Gnome 45 angepasst wurden, sind nicht abwärtskompatibel.

Der Umstieg betrifft auch Linux-Distributionen, die einen modifizierten Gnome-Desktop ausliefern, beispielsweise Ubuntu oder Pop!_OS. Beim Ubuntu-Dock handelt es sich beispielsweise um eine angepasste Gnome-Erweiterung. Während viele populäre Extensions wie Desktop Icons bereits für Gnome 45 vorbereitet sind, dürfte die Portierung für Erweiterungen, die grundlegende Änderungen an der Shell vornehmen, schwieriger werden.

(ndi@ct.de)

Blogbeitrag, Anleitung zum Portieren von Extensions: ct.de/yepm

Unlock your potential
Mit gezielten Weiterbildungen zum IT-Experten von morgen!

Unser Angebot im Bereich IT:

- IT-Sicherheit
- Office Anwendungen
- Programmierung und Entwicklung
- Datenanalyse und -verwaltung
- ... und vieles mehr!

TZG
TECHNOLOGIEZENTRUM
GLEHN GMBH

Technologiezentrum Glehn GmbH
Hauptstraße 76
41352 Korschenbroich

Kontaktieren Sie uns gerne!
 02182 850 70
 akademie@tz-glehn.de

Herkunft von Microsofts geklauten Schlüssel geklärt

In einer Analyse hat Microsoft eruiert, wie die Hackergruppe Storm-0558 an den Generalschlüssel zur Microsoft-Cloud gelangten.

Microsoft geht in einer neuen Analyse der Frage nach, wie die mutmaßlich chinesische Hackergruppe Storm-0558 den Generalschlüssel zur Microsoft Cloud in die Hände bekam. Mit diesem hatte die Hackergruppe absolute Narrenfreiheit: Sie konnten Zugangstokens zu Clouddiensten ausstellen und damit unter anderem Mails von Regierungsbehörden auslesen (siehe c't 19/2023, S. 14). Mitte Juni sperrte Microsoft die Nutzung des Schlüssels.

Nun hat Microsoft bekannt gegeben, dass die Herkunft des Schlüssels geklärt sei: Schuld sei ein sogenannter Crash Dump gewesen. Wenn eine Anwendung abstürzt, werden deren Speicher in eine Datei geschrieben. Das geschah laut der Analyse von Microsoft (siehe ct.de/ymbt) im April 2021 in einer abgesicherten Produktionsumgebung für Mitarbeiter, die sehr hohe Sicherheitsstandards vorschreibt. Nach einem Absturz auf dem Consumer-Signing-System landete der Schlüssel in einem solchen Crash Dump. Üblicherweise darf das mit sensiblen Daten wie dem Schlüssel nicht passieren, aber aufgrund eines Speicherzugriffskonflikts (Race Condition) passierte es trotzdem. Als zur Analyse des Vorfalls die Datei ins weniger gut geschützte reguläre Firmen-Netzwerk verschoben wurde, schlugen Kontrollmechanismen nicht Alarm.

Die Storm-0558-Gruppe hatte damals Zugang zu einem kompromittierten Ac-

count eines Microsoft-Technikers, der Zugriff auf die Debugging-Umgebung hatte. Dass die Hacker den Schlüssel tatsächlich mithilfe des Kontos extrahierte, hält Microsoft für die wahrscheinlichste Option. Belege gibt es nicht, weil die Logs nicht mehr existieren. Mittlerweile hat Microsoft die Mechanismen repariert.

Insgesamt scheint es eine ziemliche Verkettung an Zufällen zu sein, an deren Ende Storm-0558 den mächtigen Schlüssel bekam. Das ist entweder sehr viel Zu-

fall oder sehr viel Pech auf Seiten von Microsoft. Laut einer Analyse der auf Cloud-Security spezialisierten Firma Wiz war der Schlüssel eigentlich schon im April 2021 abgelaufen (siehe ct.de/ymbt). Warum dieser zwei Jahre später noch Token erstellen konnte, die von anderen Diensten akzeptiert wurden, lässt Microsoft in seiner Analyse offen. (wid@ct.de)

**Analysen von Wiz und Microsoft:
ct.de/ymbt**

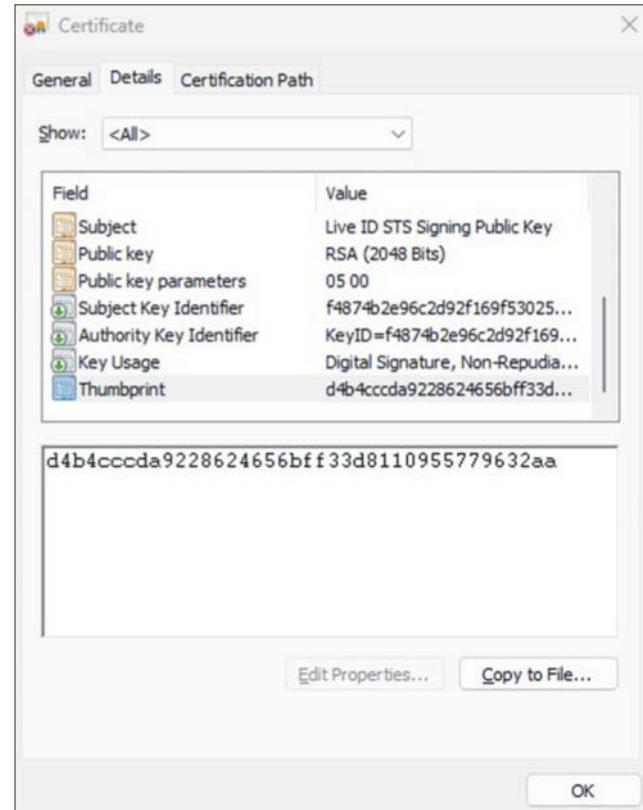


Bild: Wiz Research

Die Cloud-Security-Firma Wiz konnte den entwendeten Schlüssel identifizieren.

Sonderheft: Desinfec't 2023/24 ist da

Das neue c't-Sonderheft mit Desinfec't 2023/24 ist da. Mit dem Sicherheitstool untersuchen Sie Windows auf Trojaner und bringen wichtige Dateien wie Dokumente und Fotos in Sicherheit. Dank des Linux-Live-Systems startet es direkt von einem USB-Stick und Sie untersuchen Windows aus sicherer Entfernung. Viren spüren Sie mit Scannern von unter anderem Eset und WithSecure auf. Signatur-updates sind ein Jahr lang gratis. Malware-

Experten nutzen Profi-Tools wie FLOSS, um noch tiefer nach Trojanern zu graben. Wer Probleme bei der Bedienung oder der Einschätzung von möglichen Fehlalarmen hat, ruft den Familien-Admin über den integrierten TeamViewer-Cient zu Hilfe.

Das Sonderheft inklusive Desinfec't 2023/24 zum Download gibt es im heise Shop (Print 14,90 Euro, PDF 12,99 Euro, USB-Stick 19,90 Euro) oder am Kiosk.

(des@ct.de)



Apples Neuvorstellungen im September 2023

Viele Beobachter werten Apples Umstieg auf USB-C als die wichtigste Neuerung des iPhone 15. Doch die Kamera und Apples Chip A17 Pro enthalten mehr Bemerkenswertes.

Mitte September stellte Apple mehrere neue Produkte per Videoclip vor, darunter das neue iPhone in den Varianten iPhone 15 (6,1"-Display), 15 Plus (6,7"), 15 Pro (6,1") und 15 Pro Max (6,7"). Wie erwartet gab die Firma gemäß den EU-Richtlinien ihre proprietäre Lightning-Buchse auf und baut zur Datenübertragung und Stromversorgung nur noch USB-C-Buchsen ein.

Wer ein 15er Modell kauft (erhältlich ab 949 Euro), braucht ein USB-C-Netzteil und kann Lightning-Zubehör wie Lautsprecher nicht verwenden. Für die Gerätewahl dürfte aber wichtiger sein, dass mit USB-C auch USB 3 kommt: Die beiden Pro-Modelle liefern über ein optionales Kabel gemäß USB 3.2 Gen 2 bis zu 10 Gbit/s. Die Standardversionen iPhone 15 und 15 Plus übertragen wie die Lightning-Vorgänger höchstens 480 Mbit/s (USB 2.0).

USB 3 dürften Foto- und Video-Profis als Einladung verstehen, ein Pro-Modell am Set einzusetzen, denn es reicht selbst 4K-Videoaufnahmen mit bis zu 60 fps umgehend an eine Video-Workstation zur sofortigen Bearbeitung durch.

Mit der Dreifachkamera der Pro-Modelle führt Apple wie manche Mit-

bewerber vor, wie sich Sensor- und Fertigungstechnik vereinen lassen, um trotz flacher Gehäuse und ultrakurzer Objektive zu Kompaktkameras aufzuschließen. So lockt das iPhone 15 Pro mit Auflösungen bis 48 Megapixeln bei (kleinbildäquivalenten) Brennweiten von 24, 28 und 35 Millimetern.

Dabei nutzt Apple ein Mehrfachprisma, um für längere Brennweiten den Lichtweg innerhalb des Gehäuses zu verlängern. Zusammen mit viel KI-Schmalz erweitert Apple die Tele-Brennweite des Pro Max sogar auf 120 Millimeter (optischer 5-fach-Zoom). Bemerkenswert erscheint auch, dass das iPhone Bilder von zwei Kameras zu einer 3D-Videoaufnahme für das kommende Mixed-Reality-Headset Vision Pro kombinieren kann.

Die Grundlage dafür und für viele andere Funktionen bildet der A17 Pro, der erste Smartphone-Chip in 3-Nanometer-Fertigung. Dank der kleineren Strukturbreite nimmt er 35 Prozent weniger Energie auf als der Vorgänger A16. Auf die Pro-Version dürften auch Gamer gespannt blicken, weil seine verbesserte Grafikeinheit Ray-tracing per Hardware beschleunigt.

Weitere Änderungen gegenüber den Vormodellen sind beispielsweise ein Rahmen aus Titan (zuvor Edelstahl) und der neue Action Button an der iPhone-Seite, über den man konfigurierbare Funktionen auslösen kann.



Bild: Apple

Das neue iPhone 15 Pro Max lockt mit USB 3 und einer Kamera mit maximal 120 Millimeter Brennweite.

Außerdem stellte Apple die Watch Ultra 2 und die Series 9 mit verbessertem S9-Chip vor. Tippt man Zeigefinger und Daumen zweimal gegeneinander, kann man Telefonate annehmen und beenden – praktisch, wenn man nur eine Hand frei hat. Die Series 9 sei zugleich Apples erstes CO₂-neutral hergestelltes Produkt (CO₂-Zertifikate eingeschlossen). (dz@ct.de)

Spezifikationen iPhone 15: ct.de/y5mh



Streiche können teuer werden.

Wie Sie sich gegen Attacken auf Ihre IT-Infrastruktur wappnen können, erfahren Sie in unseren Seminaren und Workshops.

www.cyber-akademie.de

CAk
Cyber Akademie

Jetzt Kurse buchen!



Gelb-blaues Desaster

Finanzaufsicht rüffelt Postbank und Deutsche Bank

Durch die IT-Migration ihrer Tochter Postbank will die Deutsche Bank Hunderte Millionen Euro im Jahr sparen. Doch seit dem Umzug gibt es technische Probleme und schlecht erreichbare Kundenservice. Ange-sichts der Dimension hat sich die Aufsichtsbehörde eingeschaltet.

Von Markus Montz

Die Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht (BaFin) hat auf zahlreiche Beschwerden von Postbank-Kunden reagiert und ein vergleichsweise scharfes Statement veröffentlicht. Darin teilte sie mit, dass sie seit Januar 2023 „erhebliche Beeinträchtigungen bei der Abwicklung des Kundengeschäfts“ bei der Postbank beobachte.

Zu den Problemen bei der Postbank gehören laut BaFin Störungen beim Online- und Mobile-Banking sowie mangelnde Erreichbarkeit des Telefonsupports – Probleme, die sich mit Aussagen von c't-Lesern decken. Die BaFin sprach zudem von langen Bearbeitungszeiten in Pfändungs- und Nachlassangelegenheiten sowie Verzögerungen für Kunden, die Konten auflösen oder abwickeln und sich Sparguthaben auszahlen lassen wollen.

Gerade für Kunden, die Pfändungsschutzkonten einrichten und verwalten möchten, gebe es starke Beeinträchtigungen mit „massiven Auswirkungen“ auf die Betroffenen. In diesem Zuge griff die BaFin auch eine Pressemitteilung der Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen (VZ-NRW) auf. Diese hatte Ende August

eine Aufsichtsbeschwerde bei der BaFin eingereicht und von einem „katastrophalen Umgang mit gepfändeten Konten“ gesprochen. Solche Konten sichern Schuldner ein Guthaben vor dem Zugriff von Gläubigern.

Durch die Störungen fehle Betroffene das Geld für Lebensmittel oder Medikamente. Zudem würden Daueraufträge für Miete, Strom oder Telefon nicht ausgeführt. Außerdem erreichten Kunden die zuständigen Abteilungen nicht oder mussten wochenlang warten, bis ihre Anliegen bearbeitet würden.

Die VZ-NRW sieht darin gravierende Verstöße gegen die ordnungsgemäße Organisation der notwendigen Abläufe in Banken. Betroffene riet sie, einen Anwalt einzuschalten und eine einstweilige Verfügung zu erwirken, um sich ihr frei verfügbares Guthaben auszahlen zu lassen. Dafür stellt die VZ-NRW eine Formulierungshilfe bereit, siehe ct.de/ysqa.

Auch die BaFin verwies darauf, dass sie nicht selbst über Einzelfälle entscheiden könne. Stattdessen empfiehlt sie juristische Wege. Betroffene könnten zudem prüfen, ob ihnen zivilrechtlich eine Entschädigung zusteht. Je nach Fall komme auch eine Streitschlichtung durch den



Beim IT-Umzug der Postbank zur Deutschen Bank gab es massive Probleme, die nun auch die Behörden beschäftigen.

Ombudsmann der privaten Banken infra-ge, Details dazu siehe ct.de/ysqa.

Die Behörde habe die Postbank mittlerweile aufgefordert, die Einschränkungen im Kundenservice „schnellstmöglich“ abzustellen und ihre gesetzlichen Verpflichtungen zu erfüllen. Die BaFin prüfe zudem die Ursachen und wolle gegebenenfalls behördliche Maßnahmen einleiten.

Ein Sprecher der Konzernmutter Deutsche Bank räumte gegenüber c't ein, dass man unter Postbank-Kunden „nach wie vor ein deutlich erhöhtes Aufkommen an Anfragen und Aufträgen“ verzeichne. Dadurch komme es in einigen Serviceprozessen zu teils deutlich verlängerten Bearbeitungszeiten. Man bedauere die Unannehmlichkeiten und entschuldige sich dafür „in aller Form“. Zugleich arbeite man daran, die Bearbeitungszeiten wieder zu verkürzen, um den „berechtigten Erwartungen“ der Kunden nachzukommen. Dazu habe man unter anderem die Zahl der Service-Mitarbeiter erhöht. Zudem stehe man im regelmäßigen Dialog mit der BaFin.

Zur Frage der Ursache hielten sich sowohl die Deutsche Bank als auch die BaFin bedeckt. Der Verbraucherzentrale Bundesverband (vzbv) hatte aber bereits Mitte Juli von zahlreichen Beschwerden über die Postbank berichtet. Die Verbraucherschützer stellten dabei einen direkten Zusammenhang zur IT-Migration des Instituts auf die Systeme der Konzernmutter her (c't 19/2023, S. 39). Dies deckt sich mit Aussagen aus dem Konzern- und Verbraucherschutzmfeld, die c't bekannt sind. Die erhöhte Zahl der Beschwerden korreliert zudem zeitlich mit der IT-Migration der Postbankkunden.

Das tatsächliche Ausmaß und die technische Tiefe der Probleme sind weiterhin unbekannt. Die BaFin nannte keine Zahlen, der vzbv sprach von knapp 600 Beschwerden, die er von Januar bis Juni 2023 erhalten habe. Die Deutsche Bank hatte in diesem Zeitraum laut einer Mitteilung von Anfang Juli insgesamt 19 Millionen „Produktverträge“ von 12 Millionen Postbank-Kunden auf ihre IT-Systeme migriert. In zahlreichen c't bekannten Fällen verlief dies tatsächlich reibungslos. Diverse Mails von c't-Lesern wie auch Beschwerden in den sozialen Medien zeigen aber, dass Kunden bei Problemen lange Wartezeiten in Kauf nehmen müssen und Mitarbeiter oft überfordert sind. (mon@ct.de) c't

Formulierungshilfe, Adresse des Ombudsmanns: ct.de/ysqa

Kommentar: Zu wenig, zu spät

Von Markus Montz



Eins war bei der IT-Migration der Postbank zur Deutschen Bank von vornherein klar: Es handelt sich um ein extrem komplexes Projekt mit vielen Beteiligten sowie zwei Unternehmens- und vielen Abteilungskulturen. Universalbanken wie die Postbank und die Deutsche Bank benötigen ein Kernbankensystem sowie Systeme für die Zahlungsabwicklung, Wertpapiere, für Kredite, für regulatorische Pflichten und vieles mehr. All dies ist zudem historisch gewachsen und die ITler der ersten Generationen sind längst in Rente.

Selbst wenn die Konzernspitze das Projekt großzügig mit Ressourcen und schlauen Köpfen bedacht haben sollte: Fehler und Probleme sind unvermeidbar. Mit kundenfreundlichem Denken hätte sie dies in ein passendes Verhältnis zum Service gesetzt. Sprich: mehr und kleinere Migrationswellen statt vier Hauruck-Aktionen. Oder mehr kompetentes Personal. Oder beides.

So hat die Konzernleitung der Deutschen Bank aber wohl nicht gedacht. Gemessen an 12 Millionen Kunden wäre sogar ein absolut gesehen hoher Wert von 50.000 Einzelproblemen ein Beleg dafür, dass die IT-Spezialisten gut gearbeitet haben. Doch Banken müssen auch in der Lage sein, solche Einzelprobleme zügig zu lösen. Eine temporär auf das Minimum reduzierte App mag verschmerzbar sein. Nicht einsatzbereite Pfändungsschutzkonten oder wochenlang gesperrte Karten bedrohen jedoch Existenz. Das darf nicht sein.

Wenn die Konzernspitze solche Folgen nicht bedacht hat, ist sie ignorant und kurzsichtig. Wenn der Konzern die Serviceprobleme aus Kostenabwägungen bewusst in Kauf genommen hat, verhält er sich schäbig: den Kunden und übrigens auch den Servicemitarbeitern gegenüber. Leider passt das zu einer Servicekultur, die sich in beiden Häusern schon lange im Niedergang befindet – jedenfalls dann, wenn man dort kein Vermögenskunde ist.

itsa EXPO CONGRESS

PLAY HARD. PROTECT SMART.

HOME OF IT SECURITY

JETZT GRATIS-TICKET SICHERN!

10. – 12. Oktober 2023

Nürnberg, Germany

itsa365.de/itsa-expo-besuchen



NÜRNBERG MESSE

Verbraucherschützer sehen Defizite bei Debitkarten

Die Verbraucherzentralen haben nach einer Kundenbefragung scharfe Kritik an der Debitkarten-Strategie einiger Banken geübt. Unterdessen geben andere Institute länger als geplant Maestro-Karten heraus.

Die Verbraucherzentralen haben auf einen Aufruf hin innerhalb eines knappen halben Jahres 1853 Hinweise zu Problemen mit Bezahlkarten erhalten. 94 Prozent aller Meldungen betrafen Debitkarten von Visa und Mastercard, nur vier Prozent die Girocard (ehemals EC-Karte) und ein Prozent Kreditkarten. Bei den meisten Meldungen ging es um Karten der DKB, dahinter folgten Santander, Targobank, ING und Comdirect.

Die Inhaber der Karten von Visa und Mastercard berichteten vor allem, dass Ladenkassen ihre Karten nicht akzeptierten oder sie dort kein Bargeld mehr erhielten. In selteneren Fällen meldeten Verbraucher Ähnliches zur Girocard; betroffen waren insbesondere mobile Bezahlterminals in Kiosken und Restaurants.

Auf Akzeptanzprobleme stießen Kunden mit Visa und Mastercard außerdem in

Behörden, Arztpraxen, Kliniken oder an Parkautomaten. Mitunter zahlten Bankautomaten fremder Institute auch kein Bargeld aus oder Kunden kamen mit der Karte gar nicht erst in die Bank. Weitere Probleme drehten sich um Flug-, Hotel- und Mietwagenbuchungen mit Debitkarten der US-Firmen. Auch Meldungen zu Missbrauch und Onlinekriminalität betrafen hauptsächlich Karten von Visa und Mastercard.

Grund für die Umfrage war, dass diverse Direkt- und Filialbanken ihre Kartenstrategie geändert und damit unter anderem auf Mastercards Abkündigung des Zusatzsystems Maestro für die Girocard reagiert haben. Die Institute hatten die Girocard als kostenlose Zugabe zum Girokonto durch Visa- und Mastercard-Debitkarten ersetzt und die Girocard zum teils kostenpflichtigen Zusatzangebot gemacht. Die Präsidentin der Verbraucherzentrale Bundesverband, Ramona Pop, kritisierte nun, die Problemschilderungen der Kunden stünden „im absoluten Widerspruch zu den mitunter blumigen Versprechen der Banken, wonach die Debitkarten von Visa oder Mastercard die Funktionen von Giro- und Kreditkarte vereinen würden“.



Inhaber von Visa- und Mastercard-Debitkarten haben immer wieder mit Problemen zu kämpfen, vor allem bei der Akzeptanz im Laden.

Das für Mitte 2027 geplante endgültige Aus von Maestro verschiebt sich unterdessen. So haben Deutsche Bank, Commerzbank und HypoVereinsbank Fristverlängerungen mit Mastercard vereinbart und geben weiterhin Girocards mit Maestro-Zusatzfunktion heraus – ein Postbank-Kunde berichtete uns, dass seine neue Karte bis Dezember 2027 gültig sei. Andere Banken wie die Sparda Hessen hatten solche Karten kurz vor dem Stichtag 30. Juni 2023 für die letztmalige Ausgabe noch durch neue ersetzt. (mon@ct.de)

Schufa spielt ihre Bedeutung herunter

Nach Recherchen von NDR und Süddeutscher Zeitung (SZ) hat die Schufa großflächig solche Firmenkunden angeschrieben, die dort **Informationen zur Kreditwürdigkeit** von Verbrauchern abrufen dürfen. Die Unternehmen sollen unter einem zweiseitigen Papier bestätigen, dass der dabei gewöhnlich übermittelte Punktwert („Score“) nicht bereits automatisch darüber entschei-

de, ob sie ihren Kunden zum Beispiel einen Kredit, Mobilfunkvertrag oder Rechnungskauf gewähren. Die Schufa erklärte gegenüber NDR und SZ, dass der Score ihrer Kenntnis nach „in aller Regel nicht maßgeblich für die Entscheidungsfindung“ der Unternehmen sei. Allerdings könne es „spezifische Fälle“ mit anderer Handhabung geben, von denen sie wissen wolle.

Deutschlands größte Auskunftei reagiert damit auf ihre drohende Niederlage in einem Verfahren vor dem Europäischen Gerichtshof (EuGH). Dessen Generalanwalt hatte der Schufa vorgeworfen, dass ihre automatische Berechnung der Kreditwürdigkeit von Verbrauchern gegen Artikel 22 der DSGVO verstöße. Dieser untersagt, dass Menschen einer ausschließlich automatisierten Entscheidungsfindung unterworfen werden, wenn diese „rechtsliche Wirkung entfaltet oder sie in ähnlicher Weise erheblich beeinträchtigt“. Kritiker vermuten, dass dies in der Praxis häufig geschieht. (mon@ct.de)



Die Schufa will drohendes Unheil vor dem EuGH abwenden und redet ihre Rolle bei Kreditvergaben klein.

Bild: Jens Kalalene / dpa

Kurz & knapp

SEPA-Lastschriften in den Zahlungs-Apps von Payback, Edeka und Netto wickelt zukünftig die „Verifone Payments GmbH“ statt bisher „Paymorrow“ ab. Bestehende Lastschriftmandate gelten weiter.

Eine DDoS-Attacke hat die **Website der Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht** (BaFin) Anfang September für mehrere Tage lahmgelegt. Laut der Behörde waren die internen Systeme davon nicht betroffen.

Nach dem **Cyberangriff auf die Sparkassen-Tochter Deutsche Leasing** im Juni 2023 sind Daten von Mitarbeitern und Firmenkunden im Darknet aufgetaucht. Die Deutsche Leasing hat auf deutsche-leasing.com eine Infoseite freigeschaltet.

RISC-V-Einplatinencomputer von Milk-V

Die chinesische Firma Milk-V bringt RISC-V-Entwicklerboards im Raspi-Format auf den Markt, darunter ein Compute Module für I/O-Boards.

Seit Anfang 2023 ist der StarFive VisionFive 2 lieferbar: der erste Einplatinencomputer unter 100 Euro mit Linux-tauglichem und einigermaßen leistungsfähigem RISC-V-Prozessor. Nun wächst die Auswahl an solchen Boards. Die chinesische Firma Milk-V schickt das „Mars“ im Format eines Raspberry Pi 4 ins Rennen sowie das „Mars CM“, das auf dieselben I/O-Boards passt wie ein Raspberry Pi 4 Compute Module (CM4).

Auf den Mars-Boards sitzt jeweils das chinesische System-on-Chip (SoC) StarFive JH7110 mit vier RV64GC-Kernen; es ist dasselbe SoC wie beim erwähnten VisionFive 2, den wir in c't 5/2023 ab Seite 74 vorgestellt haben. Die M.2-Fassung auf dem Mars im Raspi-

Format ist für WLAN-Module gedacht und hat die Kodierkerbe „E“.

Die Mars-Preise beginnen bei 39 US-Dollar für die Versionen mit 2 GByte RAM; dazu kommen aber 12 US-Dollar für den Versand aus Hongkong plus 19

Prozent Einfuhrumsatzsteuer. Unterm Strich werden also mindestens 60 Euro fällig. Der VisionFive 2 mit 4 GByte RAM ist mittlerweile bei Online-Shops aus Deutschland ab etwa 80 Euro erhältlich.

(ciw@ct.de)

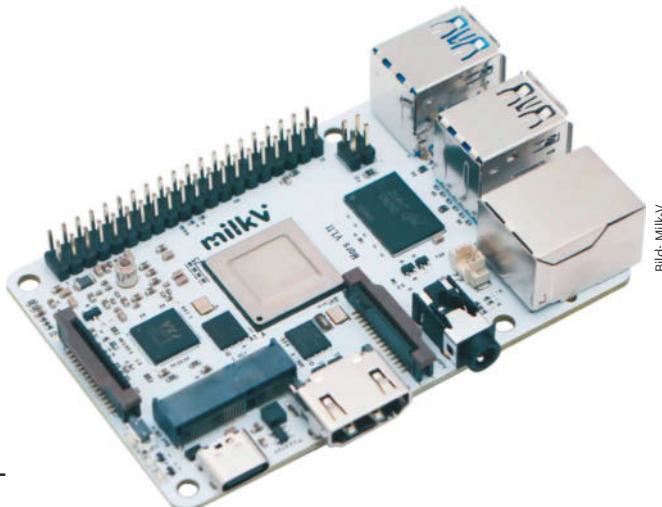


Bild: Milk-V

Die Firma Milk-V aus Hongkong liefert den „Mars“ im Raspi-Format, aber mit chinesischem RISC-V-Chip.



 **heise Academy**

Qualifizieren Sie Ihre Fachkräfte für die Zukunft der IT

Mit Ihrem Partner für digitale IT-Weiterbildung

- 80 relevante IT-Themen von über 100 renommierten IT-Experten
- Jeweils über 100 Webinare und digitale Kurse
- Interaktives Lernen durch Features wie Übungsaufgaben und Wissenstests
- Individuelle Lernumgebung für jeden Mitarbeiter
- Uneingeschränkter Zugriff und volle Kostenkontrolle
- Ausbau Ihres Employer Brandings

**JETZT
KOSTENLOS
TESTEN**

Jetzt 30-Tage-Test für Ihr Team anfragen: **heise-academy.de**



eGipfel

Der 8. Tallinn Digital Summit legt deutsche Defizite offen

In der estnischen Hauptstadt versammelten sich Anfang September hohe Regierungsvertreter aus aller Welt, um über Transparenz, Open-Government-Strategien und Digitalisierung der Verwaltungen zu sprechen. Die Bundesregierung schickte nur zwei ihrer Beamten. Dabei lässt sich nirgends besser studieren, woran es in Deutschland krankt.

Von Tim Gerber

Ein eindeutiger politischer Wille sei die wichtigste Grundvoraussetzung für eine effiziente Digitalisierung der Regierung und öffentlichen Verwaltung. Das sagte die frühere estnische Staatspräsidentin Kersti Kaljulaid am Rande des Gipfels im Gespräch mit Journalisten. Auf die Frage, inwieweit sich deutsche Politiker für die Erfolgsrezepte Estlands interessieren würden, schilderte Kaljulaid eine Begegnung mit Angela Merkel während der

deutschen Ratspräsidentschaft in Brüssel im Jahr 2020:

Die damalige Bundeskanzlerin sei mit der Bitte auf sie zugekommen, mit ihr darüber zu sprechen, wie man die Digitalisierung in der EU vorantreiben könne. Es habe dann ein Gespräch zwischen Merkel und ihr gegeben, begleitet von einem Tross an Regierungsexperten. Drei Stunden habe es gedauert, um klar zu machen, dass der Schlüssel eine EU-weit einheitliche elektronische Identität für jeden Einwohner wäre, wie es sie in Estland bereits seit Anfang des Jahrtausends gibt. Umgesetzt wurde das in der EU bis heute nicht.

eID-Babylon

Zwar ermöglicht bereits die eIDAS-Verordnung von 2014, Identifizierungsdienste grenzüberschreitend in der gesamten Union zu nutzen. Verpflichtend für die Mitgliedsstaaten ist das aber nicht. So müssen Ausländer selbst beim Musterdigitalisierer Estland einmal auf einer Behörde (etwa einem Konsulat) vorsprechen, wenn sie eine estnische eID beantragen, auch „e-Residency“ genannt.

Derzeit werde geprüft, ob dieses Verfahren vereinfacht werden könnte, hieß es von Vertretern des estnischen e-Residen-

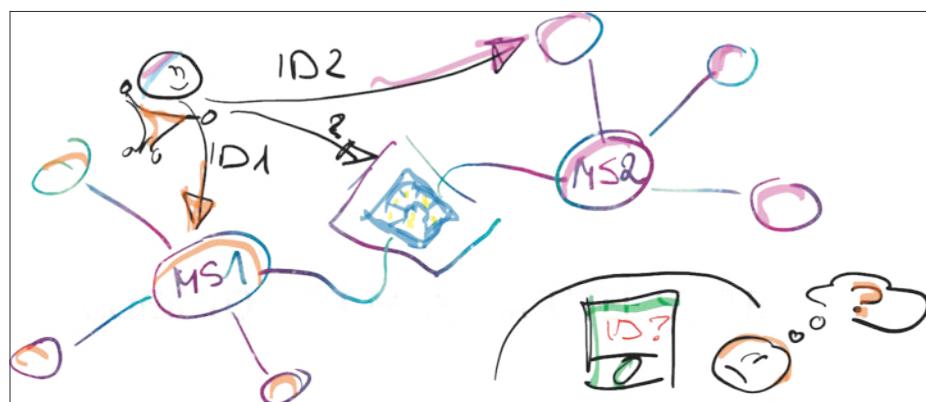
cy-Programms. Man strebe durchaus an, die Identifizierung für die e-Residency künftig auch mit der elektronischen Ausweisfunktion etwa des deutschen Personalausweises durchzuführen.

Ganz so einfach, wie man sich das wünschen möge, sei es mit den grenzübergreifenden eIDAS-Anwendungen dann leider doch nicht, erläuterte Kalev Pihl, CEO von SK ID Solutions. Denn dazu müssen die Mitgliedsstaaten noch einige Voraussetzungen schaffen, wie er mit nebenstehender Grafik illustrierte. Sein Unternehmen SK ID Solutions sitzt in Tallinn und entwickelt grenzübergreifende elektronische Identifizierungslösungen. Es ist Partner der estnischen Regierung für deren nationale Identitätsdokumente wie die eID-Karte oder die mobile eID per App.

Mehr Transparenz wagen

Offenheit und Transparenz beim Umgang mit den Daten der Bürger seien weitere Schlüssel bei der Digitalisierung von Regierung und Verwaltung, betonte auch die Ministerpräsidentin Estlands, Kaja Kallas (Reformpartei), bei ihrer Eröffnungsrede. Anwesende Besitzer der estnischen eID schwärmen während des Treffens denn auch von der hohen Transparenz, die ihnen das amtliche Portal unter anderem über die Nutzung ihrer persönlichen Daten gewähre. Transparent sei unter anderem, wie die Behörden deren persönliche Daten verwenden: Die Bürger erhielten nicht nur einen Überblick, welche Informationen in welchen staatlichen Datenbanken über sie gespeichert seien, sondern auch, welche Stelle wann und zu welchem Zweck darauf zugegriffen habe.

In Deutschland hört man oft, dass das Volkszählungsurteil von 1983 es verbiete, eine einheitliche eID als Zugang zu sämtlichen staatlichen Datenbanken einzurichten. In dem Urteil heißt es: „Mit dem Recht auf informationelle Selbstbestimmung wären eine Gesellschaftsordnung und eine diese ermöglichte Rechtsordnung nicht vereinbar, in der Bürger nicht mehr wissen können, wer was wann und bei welcher Gelegenheit über sie weiß.“ Den besseren Überblick über seine Daten und deren Verwendung hat man mittlerweile aber in Estland, obwohl das vierzig Jahre alte Urteil aus Karlsruhe dort gar nicht gilt.
(tig@ct.de) ct



„Sieht so etwa eine einheitliche Lösung aus?“, fragte Kalev Pihl, CEO von SK ID Solutions, zu seiner Illustration des eIDAS-Systems in der EU.

Estnisches e-Residency-Programm:
ct.de/yu8t

Bis zu 10.200 Euro für Photovoltaik von der KfW

Ein neues Förderprogramm des Verkehrsministers unterstützt Besitzer eines E-Autos, wenn sie eine Kombination aus Wallbox, Batteriespeicher und Photovoltaik kaufen. Wer nicht alles braucht, geht leer aus.

Digital- und Verkehrsminister Volker Wissing hat Details zu einem neuen Förderprogramm genannt, das er bereits im Juni vage angekündigt hatte. Am 4. September erschien im Bundesanzeiger die Bekanntmachung der Förderrichtlinie „Solarstrom für Elektrofahrzeuge“ (siehe ct.de/y4c7) .

Das Förderprogramm richtet sich an eine sehr spezielle Zielgruppe: Bei Antragstellung muss ein Elektroauto vorhanden oder verbindlich bestellt sein. Laut Homepage der KfW, die die Anträge abwickelt, reicht auch ein Leasingvertrag, um diese Voraussetzung zu erfüllen.

Gefördert wird nur ein Gesamtpaket aus Photovoltaikanlage, Speicher und Wallbox. Die neu gebaute PV-Anlage muss mindestens 5 Kilowatt Spitztleistung liefern, pro Kilowatt gibt es 600 Euro und insgesamt maximal 6000 Euro. Der Speicher muss mindestens 5 kWh fassen und wird mit 250 Euro je Kilowattstunde gefördert; das Limit beträgt 3000 Euro. Dazu kommen 600 Euro für eine Ladestation. Wenn sich diese für bidirektionales Laden eignet, sind es 1200 Euro. In Summe übernimmt der Staat also bis zu 10.200 Euro.

Laut Förderrichtlinie darf die Anlage erst installiert werden, nachdem der Antrag bewilligt ist. Ab 26. September können könnten Bürger ihren Antrag online bei der KfW stellen (siehe ct.de/y4c7). Ab März 2024 muss man die Nachweise in Form von Einkaufs- und Handwerkerrechnungen hochladen. Teile der Arbeiten in Eigenleistung zu erledigen, ist nicht explizit ausgeschlossen.

Weiter fordert die Richtlinie, dass „der selbsterzeugte erneuerbare Solarstrom vorrangig zum Laden des Elektrofahrzeugs genutzt“ wird. Diese Vorgabe ist technisch nicht umzusetzen. Vorrangig dürfte die Formulierung bezwecken, dass die berechneten CO₂-Einsparungen durch die Förderung dem Verkehrsministerium zugerechnet werden. Wichtig ist lediglich, dass die Wallbox eine Funktion für PV-Überschussladen hat, also das Auto ohne Netzbezug laden kann.
(jam@ct.de)

x

Machen Sie den Vorab-Check!

Sie planen den Kauf und die Installation einer Ladestation für Elektroautos in Kombination mit einer Photovoltaikanlage und einem Solarstromspeicher? Dann können Sie mit wenigen Klicks herausfinden, ob Sie die Voraussetzungen für den Zuschuss Solarstrom für Elektroautos erfüllen.

Ihre Zusammenfassung zu den bisherigen Fragen

- ✓ Ja, ich bin Eigentümerin oder Eigentümer einer bestehenden Immobilie und bewohne diese selbst.
- ✓ Ja, meine Immobilie befindet sich in Deutschland.
- ✓ Ja, ich bin in dieser Immobilie mit meinem Erst-, Haupt- oder alleinigem Wohnsitz gemeldet.
- ✓ Ja, ich besitze oder lease ein Elektroauto privat.
- ✓ Ja, ich werde den Kauf und Anschluss von Ladestation, Photovoltaikanlage und Solarstromspeicher gleichzeitig umsetzen.

Über den kurzen Online-Fragebogen der KfW finden Interessierte schnell heraus, ob sie die Kriterien des Förderprogramms erfüllt.



Thin Client as a Service inkl. HybridDesktop



3%



HD
Fon



HD
AppControl



HD
BrowserRedirection



HD
SoundControl

statt 14.90€

NUR 9.90€*

JETZT KOSTENFREI TESTEN



www.rangee.com · 0241 997 285-20 · vertrieb@rangee.com

*UVP netto ab Lager Aachen; Preis gilt pro Monat bei einer Mindestvertragslaufzeit von 24 Monaten; Rabatt gültig für alle Bestellungen bis 31.12.2023.

Starke und lüfterlose ZBox-Mini-PCs von Zotac

Zotacs neue Kompakt-PCs der ZBox-Reihen Magnus und Nano bekommen mehr Prozessor- und Grafikkartenpower: Die Magnus One gibt es jetzt mit GeForce-RTX-4070-Grafikkarte, die CI6x9 Nano mit geräuschlos passivgekühlter 10-Kern-CPU, und die Magnus EN liegt dazwischen.

Zotac steckt in die neue ZBox Magnus One den Intel-Core-Prozessor i7-13700 mit je acht P- und acht E-Kernen und die GeForce-Grafikkarte RTX 4070. Damit soll der kompakte PC Spieler und mit Thunderbolt 4 auch Kreative zufriedenstellen. Es gibt ihn in Weiß und Schwarz, als Barebone und Windows-Komplettsystem. Im Barebone muss man die beiden DDR5-Steckplätze sowie den SATA-6G- oder einen der beiden M.2-2280-Anschlüsse selbst bestücken und für ein Betriebssystem sorgen. Im Komplett-PC steckt bereits ein DDR5-DIMM mit 16 GByte sowie eine 1-TByte-M.2-SSD im NVMe-/SATA-Kombisockel. Die Preise beginnen bei 1619 Euro, das Komplettsystem kostet 1869 Euro, Weiß ist jeweils 70 Euro teurer.

In der wesentlich kleineren Magnus EN muss Zotac die Leistungsaufnahme begrenzen. Trotz ähnlich klangvoller Hardwaternamen wie in der Magnus One sind die sparsameren Mobilversionen vom Core i7-13700HX (55 statt 65 Watt) und RTX 4070 (115 statt 220 Watt) eingebaut. Der Thunderbolt-4-Port gibt kein Displaysignal aus. Die Windows-

Komplettsystemvariante ist vergleichbar bestückt wie bei der Magnus One, aber mit einem SO- anstelle eines Fullsize-DIMM-Riegels. Die flache schwarze Kiste kostet 1429 Euro, mit Windows, RAM und SSD sind es 1699 Euro.

Die ZBox CI6x9 Nano gibt es wahlweise mit Core i3-, i5- oder i7-CPU als CI629, 649 und 669. Da Zotac aber auf einen Lüfter verzichtet, dürfte die entstehende Hitze die Leistungsentfaltung am ehesten begrenzen. Die drei CPU-Modelle haben allesamt zwei P-Kerne mit 4,5, 4,6 und 5,0 GHz maximalem Turbo flankiert von vier E-Kernen beim i3 und derer jeweils

acht beim i5 und i7. Auch die integrierte Grafik ist sukzessive schwächer, von 96 über 80 auf 64 Ausführungseinheiten beim i3 – aber Gaming-Monster sollen die kleinen Kistchen eh nicht sein und die Media-Engine mit AV1-Unterstützung bleibt erhalten. Unter Dauerlast dürfen sie 15 Watt aufnehmen, im Turbo bis zu 55 Watt. Für die gesamte CI 6x9 Nano gibt Zotac 30 Watt an. Die nur als Barebone erhältlichen Nanos kosten 425 respektive 525 oder 639 Euro.

Alle drei neuen Modellreihen haben einen SDXC-Kartenleser – bei den Magnusen UHS-II-fähig – und Dual-LAN, davon einmal 2,5-GBit-Ethernet. (csp@ct.de)



Bilder: Zotac

Die kompakte ZBox Magnus One soll für ihre Größe reichlich Gaming-Performance zur Verfügung stellen.

Thunderbolt 5 final: 120 Gbit/s und 240 Watt Ladeleistung

Es nervt, dass bei USB4 2.0 die besten Funktionen nur optional und darum nicht überall vorhanden sind. **Thunderbolt 5 legt höhere Mindestanforderungen fest** und ist damit für Nutzer deutlich übersichtlicher.

Der Übertragungsmodus mit nunmehr 80 GBit/s pro Richtung, asymmetrische 120/40-GBit/s und die Bereitstellung von vier PCIe-4.0-Lanes schreibt Intel als Mindestanforderungen vor, ebenso eine Ladeleistung von mindestens 140 Watt – dem optionalen Maximum bei TB4. Bei TB5 können Hersteller bis zu 240 Watt erlauben. Über einen TB5-Anschluss müssen per Displayport 2.1 etwa

zwei in Reihe geschaltete 6K-Displays laufen.

Thunderbolt 5 verwendet dafür im Grunde die gleiche, bis zu USB3/TB3 abwärtskompatible Technik wie USB4 Version 2.0. Es erhöht die Datenrate durch PAM-3-Übertragung, bei der drei statt nur zwei Zustände ausgewertet werden (-1, 0, +1). Zusammen mit einer Takterhöhung verdoppelt sich die Datenrate auf 80 Gbit/s pro Richtung, alternativ kann Thunderbolt 5 in eine Richtung 120 Gbit/s übertragen, für die andere bleiben in diesem Modus dann 40 Gbit/s übrig. Intern verwendet Thunderbolt 5 für seine vier PCI-Express-Lanes PCIe 4.0 statt 3.0. Externen

SSDs oder eigenständigen Grafikkarten stehen somit knapp 8 GByte/s (64 Gbit/s) zur Verfügung.

Für ein TB5-Logo müssen Firmen ihre Geräte zwar von einem Labor zertifizieren lassen, es fallen aber keine Lizenzkosten an. Intel erwartet, dass passive TB4-Kabel mit einer Länge von bis zu einem Meter auch die höhere Übertragungsrate von TB5 schaffen. Aktive Kabel benötigen neue Bauteile zur Signalverstärkung und sollen bis zu zwei Meter lang sein. Erste TB5-Geräte erwartet Intel im Jahr 2024. Thunderbolt 4 soll als günstigere Alternative insbesondere für Geräte der Einstiegs- und Mittelklasse weiterlaufen. (mma@ct.de)

Abschied von TLS 1.0 und 1.1 – und von WordPad

Künftige Windows-Versionen werden die veralteten Versionen 1.0 und 1.1 des Verschlüsselungsprotokolls TLS im Grundzustand nicht mehr unterstützen.

Die Uralt-Versionen 1.0 und 1.1 des Transportverschlüsselungsprotokolls TLS (Transport Layer Security) gelten seit Jahren als hochgradig unsicher. So rät etwa die Internet Engineering Task Force (IETF) bereits seit 2021 dringend von der Verwendung ab. Microsoft beginnt nun zunächst bei Windows-Versionen in der Beta-test-Community Windows Insider damit, die Unterstützung für TLS 1.0 und 1.1 werksseitig abzuschalten. Alle künftigen Windows-Versionen werden die Änderung ebenfalls bekommen. Ausdrücklich erhalten bleibt bis auf Weiteres die Möglichkeit, die alten TLS-Protokolle von Hand wieder zu aktivieren.

Microsoft weist darauf hin, dass einzelne Anwendungen mit der Änderung Probleme bekommen können. In einem TechCommunity-

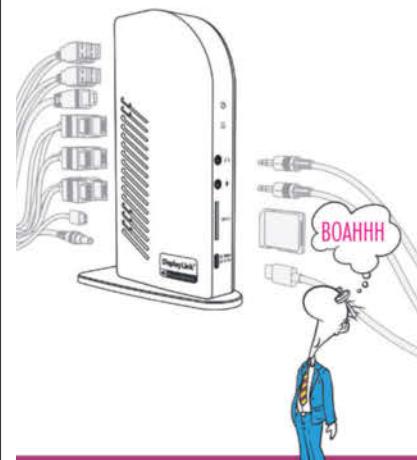
Beitrag (siehe [ct.de/yt9a](#)) gibt das Unternehmen Tipps, welche Ereignisprotokoll-Einträge Probleme erfassen und wie man den Support für TLS 1.0 und 1.1 notfalls wieder aktiviert.

Am 1. September hat Microsoft zudem den bislang in Windows enthaltenen Texteditor WordPad abgekündigt (Liste veralteter Funktionen via [ct.de/yt9a](#)). Die Textverarbeitung, deren Funktionsumfang zwischen dem des Windows-Editors (notepad.exe) und dem einer vollwertigen Word-Installation liegt, bekam schon nach Windows 8 kaum noch Pflege. Wann WordPad wirklich aus Windows herausfliegt, ist bislang offen – die Erfahrung zeigt, dass Microsoft in solchen Fällen nicht überhastet handelt, sondern das Programm noch einige Zeit ausliefert und es erst nach ein paar Jahren aktiv entfernt wird. Wer nach wie vor RTF-Support braucht, muss spätestens dann auf eine Alternative à la LibreOffice ausweichen.

(jss@ct.de)

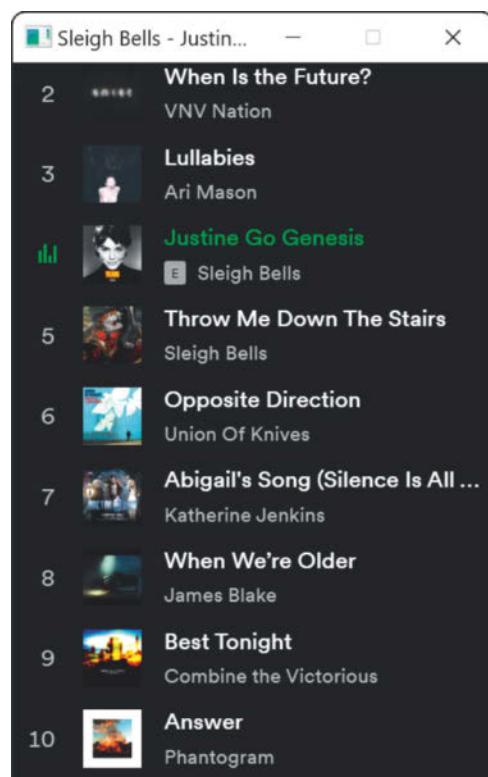
Dokumentationen: [ct.de/yt9a](#)

just
DOCK IT.
Revel in diversity



**14-in-1
DOCKINGSTATION MIT
3-FACHEM VIDEOAUSGANG**

- ✓ Für USB-C und USB-A Hostanschlüsse
- ✓ Für drei zusätzliche Monitore bis 4K@60 Hz
- ✓ Mit 4 USB-A Ports (5 Gbit/s)
- ✓ Mit 1 USB-C Port (10 Gbit/s)
- ✓ Mit SD 4.0 Kartenleser (300 MB/s)



PowerToy macht Fenster handlich

Mit Version 0.73.0 hat Microsoft seiner Tool-Sammlung PowerToys ein neues Werkzeug hinzugefügt. Mit **Zuschneiden und Sperren** (englisch: crop and lock) lässt sich ein Programmfenster auf einen frei wählbaren Ausschnitt zurechtstuzten. Der Inhalt des Ausschnitts bleibt bedien- und auch scrollbar. Das eignet sich zum Beispiel, um ein Browserfenster auf einen Ausschnitt zu reduzieren oder auch um die Lieblingslieder-Playlist in der Musikstreaming-App auf ein handliches kleines Fensterchen einzudampfen.

Die Standard-Tastenkombination für das neue Tool lautet Windows+Umschalt+Strg+R; sie lässt sich bei Bedarf ändern. Das Tool bedient sich eingängig: zuzuschneidendes Fenster in den Vordergrund holen, Tastenkombination drücken und mit der Maus einen Rahmen um den gewünschten Ausschnitt ziehen. Für die Rückkehr zur Vollansicht eines Fensters klickt man am Ausschnittsfenster einfach auf das Schließen-X.

(jss@ct.de)

Download PowerToys: [ct.de/yt9a](#)



IB-DK2256AC

CONRAD

cyberport

reichelt elektronik

computeruniverse

NBB

Hier erhältlich:



JETZT MEHR ERFAHREN:

www.icybox.de

[icyboxofficial](#) [ICY BOX](#)

[RaidSonic Technology GmbH](#)

Autonome Drohne überflügelt Meisterpiloten

Eine künstliche Intelligenz hat in First-Person-View-Drohnenrennen drei Weltklasse-Champions hinter sich gelassen – ohne Hilfe einer externen Positionsbestimmung. Trainiert wurde die KI zuvor in einer computersimulierten Umgebung.

Ein an der Universität Zürich (UZH) entwickelter autonomer Quadcopter hat in mehreren Vergleichsrennen gegen handgesteuerte Drohnen gleicher Bauart gewonnen. Diese wurden von mehrfach ausgezeichneten menschlichen Piloten geflogen. Die Teilnehmer maßen sich in First-Person-View-Drohnenrennen, das bedeutet, die Piloten bekommen über ein Headset die Bilder der Onboard-Kamera eingespielt. Auch das KI-System „Swift“ verarbeitete in Echtzeit ausschließlich Onboard-Daten und verzichtete auf ein zusätzliches externes Positionsbestimmungssystem. Als Ersatz dafür diente ihm die integrierte Trägheitsmessung, die Beschleunigungen und Geschwindigkeiten ermittelte.

In einem Parcours auf einer Fläche von 25×25 Metern sollten die Drohnen mehrere Tore in der richtigen Reihenfolge passieren, wobei sie Geschwindigkeiten von über 100 Kilometern pro

Stunde flogen. Physische Wettkämpfe zu bestreiten sei „für die KI eine größere Herausforderung als Brett- oder Videospiele, weil wir kein perfektes Wissen über die Drohne und die Umgebungsbedingungen haben“, sagt Davide Scaramuzza, Leiter der Robotik- und Wahrnehmungsgruppe an der UZH. Damit Swift während des Trainings nicht immer wieder die Drohne zerlegt, hat es zunächst als Autodidakt per Versuch und Irrtum in einer simulierten Umgebung zu fliegen gelernt.

Danach stand das System im Wettbewerb mit Alex Vanover, dem Drone Racing League Champion 2019, Tho-

mas Bitmatta, MultiGP Drone Racing Champion 2019, sowie dem dreifachen Schweizer Meister Marvin Schaepper – und gewann mit wenigstens einer halben Sekunde Vorsprung. Als Training genügte der KI ein Monat simulierter Flugzeit, die sie auf einem Desktop-PC in knapp einer Stunde absolvierte. Allerdings zeigten sich auch die Schwächen der künstlichen Intelligenz: An unbekannte oder wechselnde Bedingungen passten sich die menschlichen Piloten besser an. Die autonome Drohne versagte zum Beispiel, wenn es im Raum deutlich heller war als in der Trainingssimulation. (agr@ct.de)

Die autonome Drohne (blaue Flugbahn) bewältigte die abgesteckte Route am schnellsten. Selbst der beste menschliche Pilot brauchte eine halbe Sekunde länger.

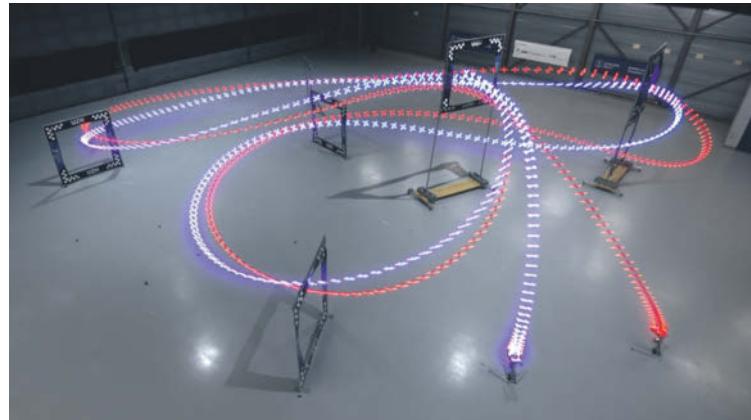


Bild: Leonard Bauerfeld / UZH

Zweiter Fraunhofer-Vorstand fliegt

Der Senat der Fraunhofer-Gesellschaft e.V. hat das Vorstandsmitglied Alexander Kurz Anfang September mit sofortiger Wirkung abberufen. Bereits Ende Mai hatte die Mitgliederversammlung der Fraunhofer-Gesellschaft dem Ex-Präsidenten Reimund Neugebauer und seinem Innovationsvorstand Kurz die Entlastung für das Rechnungsjahr 2022 verweigert, wie das der Senat der Forschungsorganisation vorgeschlagen hatte.

Senatsvorsitzende Hildegard Müller ließ verlauten, dass nach Neugebauers Vertragsaufhebung und weiteren Prüfungen nun „Sachverhalte bekannt wurden, die der Senat [...] auch als **schwerwiegende Pflichtverletzungen** durch Herrn Prof. Dr. Kurz zu Lasten der Fraunhofer-Gesellschaft bewertet“. Der Senat wolle prüfen, ob er Schadenersatzansprüche gegen

Neugebauer und Kurz geltend machen könne, und diese nötigenfalls auch vor Gericht durchsetzen. (agr@ct.de)



Bild: Fraunhofer
Der Senat der Fraunhofer-Gesellschaft hat Innovationsvorstand Alexander Kurz (Foto) abberufen und prüft Schadenersatzansprüche gegen ihn und Ex-Präsident Reimund Neugebauer.

Muskeln per 3D-Druck

Ein Forscherteam am Terasaki-Forschungsinstitut in Los Angeles ordnet Muskelgewebe im 3D-Druck so an, dass es sich dann im Körper ausrichten und anwachsen kann. Die eingesetzte **Biotinte** besteht vor allem aus lebenden **Muskelvorläuferzellen** und dem insulinähnlichen Wachstumsfaktor IGF-1, der diese anregt, Skelettmuskeln zu bilden. Wichtig war es dabei, mit IGF-1 beschichtete Mikropartikel beizumengen, die sich zersetzen und den Wachstumsfaktor über mehrere Tage kontinuierlich abgeben. In Versuchen an Mäusen gelang die Implantation von Muskelgewebekonstruktionen, die anwuchsen und die geschädigte Muskelmasse dauerhaft stärkten. (agr@ct.de)

Paper zur Forschung: ct.de/yq2p

Lithium für Jahrzehnte

Laut Analysen des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) könnten schon die bestehenden Geothermiekraftwerke im Norddeutschen Becken und im Oberrheingraben, versehen mit der notwendigen Abscheidetechnik, bis zu zwölf Prozent des jährlichen Lithiumbedarfs in Deutschland decken. Die Forscher um Valentin Goldberg am Institut für Angewandte Geowissenschaften des KIT berechneten, dass die **Lithiumkonzentration in den Förderbohrungen** zunächst binnen zehn Jahren um 30 bis 50 Prozent abnimmt und sich dann auf einem konstanten Wert eingepgelt. Nach den Modellannahmen ist dementsprechend eine kontinuierliche Lithiumförderung über Jahrzehnte möglich.

(agr@ct.de)

Eine Akkuladung: 2573 Kilometer

Studierende der TU München haben am Flughafen der bayerischen Hauptstadt **mit einem Elektroauto einen Weltrekord eingefahren**. Eine Akkuladung genügte ihnen, um 2573 Kilometer zurückzulegen; die bisherige Bestmarke lag bei 1609 Kilometern. Der Rekordwagen besitzt eine Akkukapazität von 15,5 Kilowattstunden und verbrauchte auf seiner 99-stündigen Rekordfahrt lediglich 0,6 Kilowattstunden auf 100 Kilometer. Das gelang unter anderem durch eine 170-Kilogramm-Leichtbaukonstruktion mit einem Luftwiderstandsbeiwert (cW) von lediglich 0,159.

(agr@ct.de)



Bild: TU München

Das E-Auto mit 170 Kilogramm plus Fahrer begnügte sich mit 0,6 Kilowattstunden auf 100 Kilometer.

The advertisement features a large, stylized blue logo where the letters 'EXTRA' are formed by a series of geometric shapes. Below the logo, there's a line drawing of a computer system consisting of a monitor, keyboard, and server tower. A QR code is located in the bottom right corner, with the website 'extracomputer.de' written next to it. The text 'IHR PARTNER FÜR BUSINESS- UND INDUSTRIE-IT' is overlaid on the bottom left of the illustration.

Unsere Eigenmarken:

exzone

calmo

Pokini

Vorratsdatenspeicherung gestoppt – wieder einmal

Das anlasslose Protokollieren von Telekommunikationsdaten ist nicht mit EU-Recht vereinbar, sagt das Bundesverwaltungsgericht. Justizminister Buschmann will nun rasch handeln.

Die in Deutschland gesetzlich verankerte Vorratsdatenspeicherung lässt sich „in vollem Umfang“ nicht mit EU-Recht vereinbaren. Dies hat das Bundesverwaltungsgericht (BVerwG) in Leipzig entschieden (Az. 6 C 6.22 und 7.22). Die zugrundeliegenden Vorschriften im Telekommunikationsgesetz (TKG) seien daher „nicht anwendbar“. Damit bekamen die Deutsche Telekom und der Münchner Provider Spacenet in zwei langjährigen Verfahren nun auch in letzter Instanz recht.

Die beiden Unternehmen hatten sich seit 2015 juristisch gegen die ihnen auferlegte Pflicht gewehrt, TK-Daten zu speichern. Die damals in Kraft getretene TKG-Änderung verlangte, dass Provider zum Beispiel Telefonverbindungsdaten und IP-Adressen zur Internetnutzung zehn Wochen lang anlasslos und verdachtsunabhängig speichern. Über das Verwaltungsgericht Köln gelangten die Verfahren zum BVerwG, das wiederum den Europäischen Gerichtshof (EuGH) um Klärung bat. Dieser bestätigte im Ende 2022, dass eine – wie in Deutschland gültige – allgemeine Vorratsdatenspeicherung gegen EU-Datenschutzbestimmungen verstößt.

Die Entscheidungen des BVerwG werfen Bundesinnenministerin Nancy Faeser (SPD) zurück, die auf einen neuen Anlauf zur Vorratsdatenspeicherung drängt. Bundesjustizminister Marco Buschmann (FDP) dagegen sieht sich bestätigt: „Die jetzigen Entscheidungen sind für uns ein klarer Auftrag, die Vorratsdatenspeicherung nun zügig aus dem Gesetz zu streichen – und die digitalen Bürgerrechte in unserem Land weiter zu stärken.“ Im Rechtsstaat dürften nicht alle Bürger unter Generalverdacht gestellt werden. Buschmann favorisiert das „Quick Freeze“-Ver-

fahren und will ein entsprechendes Gesetz vorschlagen. Beim Quick Freeze können Ermittlungsbehörden vorhandene und künftig anfallende Verkehrsdaten wie IP-Adressen oder Telefonnummern umgehend von Providern einfrieren lassen, wenn der Verdacht auf eine Straftat von erheblicher Bedeutung (etwa Totschlag oder Mord) besteht. Wenn sich im Verlauf der Ermittlungen zeigt, dass die Daten tatsächlich für das Verfahren relevant sind, dürfen die Ermittler in einem zweiten Schritt auf die relevanten Daten zugreifen. (hob@ct.de)



Bild: Carsten Koall/dpa

Bundesjustizminister Marco Buschmann (links, FDP) möchte anders als Bundesinnenministerin Nancy Faeser (SPD) die Vorratsdatenspeicherung komplett abschaffen.

Kartellprozess gegen Google läuft

Mitte September hat einer der größten Kartellprozesse in den USA seit Jahrzehnten begonnen. Das US-Justizministerium (Department of Justice, DOJ) und die Generalstaatsanwälte von 38 Bundesstaaten werfen Google **unlautere Geschäftspraktiken** vor. Das Unternehmen nutze seine Marktmacht missbräuchlich aus, um eine monopolartige Stellung einzunehmen. Das schade dem Markt und verdränge Konkurrenten, lautet einer der Vorwürfe.

Im Vorfeld hatte der zuständige Richter Amid P. Mehta am Bundesbezirks-

gericht für den District of Columbia mehrere Anklagepunkte abgewiesen. Er strich die Anschuldigung, der Internet-Konzern habe durch sein Verhalten spezialisierten Anbietern wie Expedia oder OpenTable geschadet.

Auch Vorwürfe im Zusammenhang mit den Regeln, die Gerätshersteller beim Einsatz des bei Google entwickelten Mobil-Betriebssystems Android einhalten müssen, lässt der Richter nicht zum Prozess zu. Der Prozess wird vermutlich zehn Wochen dauern und sich bis ins Jahr 2024 hinziehen. (jo@ct.de)

X: KI-Training mit Nutzerdaten

Der Kurznachrichtendienst X (vormals Twitter) will von Nutzern bereitgestellte Inhalte und solche aus anderen Quellen künftig auch dazu verwenden, KI-Modelle und Technik des maschinellen Lernens zu trainieren. Das geht aus den **aktualisierten Datenschutzrichtlinien** hervor, die zum 29. September in Kraft treten sollen. Nutzer sollen X künftig auch biometrische Informationen „zur Verfügung stellen“ können, etwa aus Fotos extrahierte Daten. (jo@ct.de)

Münchener Spielestudio Mimimi Games macht dicht

„Shadow Gambit: The Cursed Crew“, das neueste Spiel von Mimimi Games hat durchweg gute Kritiken erhalten. Trotzdem macht das Münchener Spielestudio jetzt dicht.

Kurz nach der Veröffentlichung von „Shadow Gambit: The Cursed Crew“ gab das Münchener Studio Mimimi Games überraschend die Schließung bekannt. Nach 15 Jahren Spieleentwicklung werde „Shadow Gambit“ das letzte Spiel des Studios sein, schreiben die Studiogründer Dominik Abé und Johannes Rothe auf der Mimimi-Website. Die zunehmend ambitionierten Projekte der letzten Dekade hätten einen hohen persönlichen Tribut von den Teammitgliedern und ihren Familien gefordert. Ein weiterer Grund

seien steigender finanzieller Druck und ein höheres Risiko, begründen die beiden Geschäftsführer ihre Entscheidung im Blogbeitrag, denn die Produktionskosten stiegen schneller als die zu erwartenden Einnahmen aus dem Genre.

Das Studio wird zwar kein weiteres großes Projekt beginnen, das gerade erst veröffentlichte Spiel aber weiter mit Updates versorgen. Noch in diesem Jahr soll außerdem ein großes Content-Update kommen. Die Aktivitäten werden aber in den nächsten Monaten langsam heruntergefahren. Zuletzt hatte Mimimi Games laut des Branchenmagazins Gameswirtschaft 37 Beschäftigte. Ein Bonus soll diesen nun den Übergang erleichtern. (lmd@ct.de)

Blogbeitrag & Spieldaten: ct.de/ywzp



Bild: Mimimi Games

Obwohl „Shadow Gambit“ beim Publikum sehr gut ankommt, schließt dessen Entwicklerstudio Mimimi Games nun.

Kurz & knapp

Neu bei c't zockt: In unserem Indie-Gaming-Kanal auf YouTube haben wir **das Cozy-Survival-Game I am Future angespielt**, das am 8. August in den Early Access gestartet ist. (Video siehe ct.de/ywzp). Protagonist Christopher hat die Apokalypse im Kälteschlaf verpasst und macht es sich nun auf einem Hochhausdach gemütlich. Aus dem verfügbaren Material stellt er alles Nötige her, baut Gemüse an, angelt und erkundet die überschwemmte Stadt. Niedliche Robotergehilfen leisten ihm Gesellschaft.



STEPHEN WOLFRAM
**Das Geheimnis hinter
CHATGPT**
 Wie die KI arbeitet
und warum sie funktioniert

Auch als E-Book oder Bundle
in unserem Shop erhältlich:
www.mitp.de/0745

CHARLES PETZOLD
CODE
 Wie Computer funktionieren
 Die Sprache von Hardware und Software verstehen

Auch als E-Book oder Bundle
in unserem Shop erhältlich:
www.mitp.de/0628

DAVID FARLEY
**MODERNES
SOFTWARE
ENGINEERING**
 Bessere Software schneller und effektiver entwickeln

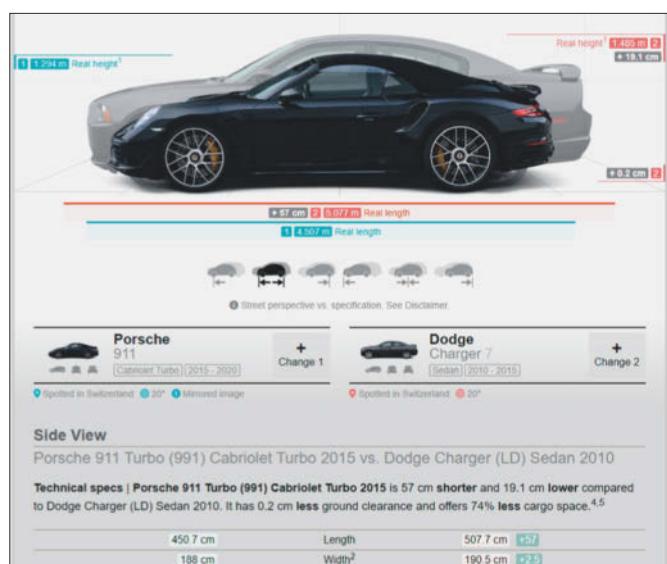
Auch als E-Book oder Bundle
in unserem Shop erhältlich:
www.mitp.de/0634

Wer hat den längsten ... Pkw?

carsized.com

Pkws werden von Jahr zu Jahr größer. So sind die in Europa gebauten Autos nach Daten des französischen Beratungsunternehmens Inovev im Durchschnitt heute sieben Zentimeter höher, zehn Zentimeter breiter und 20 Zentimeter länger als im Jahr 2000. Hauptursache sei die wachsende Nachfrage nach SUVs und Elektroautos. Aber auch dasselbe Modell eines Herstellers nimmt von Baureihe zu Baureihe zu.

Mit den maßstabsgetreuen Fotos auf der Website [carsized](http://carsized.com) können Sie sich die Größenentwicklung gut vor Augen führen und ganz generell diverse Autotypen miteinander vergleichen.



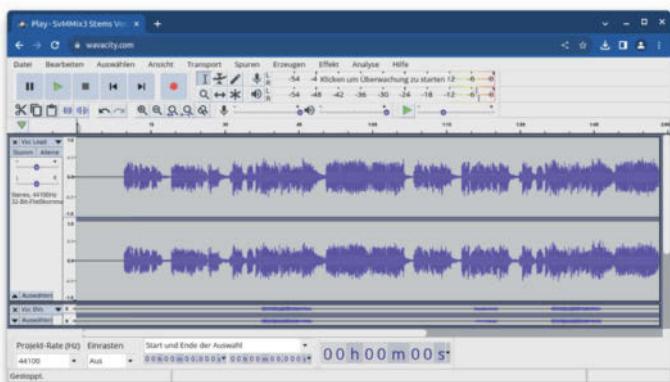
Je zwei Modelle stellt man dort in der Front- oder Heckansicht neben- oder in der Seitenansicht hintereinander. carsized reichert den optischen Vergleich mit ein paar Daten an, etwa den genauen Abmessungen, dem Gewicht und dem Preis. Die Datenbank enthält Hunderte Fahrzeuge. (jo@ct.de)

Schneidig

wavacity.com

Mal auf die Schnelle einen Audiokommentar einsprechen oder einen Song beschneiden? Kein Problem mit dem **Online-Audioeditor Wavacity**, einer Browserportierung des bekannten Open-Source-Audioeditors Audacity. Die Oberfläche ist täuschen echt nachempfunden; wer jemals Audacity benutzt hat, wird sich sofort zurechtfinden. Sogar die Tastenkürzel wie Strg+O zum Öffnen einer Datei wurden übernommen, kollidieren allerdings mit den Tastenkürzeln des Browsers. Rufen Sie Funktionen also lieber per Maus oder Stift über die Menüs auf.

Die Browseranwendung glänzt mit über zwei Dutzend Effekten zur Nachbearbeitung von Mikrofonaufnahmen oder



Audiodateien aller Art: MP3, Ogg, das namensgebende WAV-Format und sogar die Tonspuren von Videos lassen sich spielend leicht importieren, schneiden, neu arrangieren und zusammenmischen. Audacity-Projekte hingegen kann Wavacity nicht laden und auch nicht speichern, der größte Pferdefuß des Programms. Was man in Wavacity beginnt, muss man auch dort zu Ende bringen, denn selbst der WAV-Export funktionierte weder mit Chrome noch mit Firefox oder Safari zuverlässig. Wir konnten die Projekte lediglich als MP3- oder Ogg-Dateien speichern. Für umfangreichere Arbeiten ist deshalb ein lokal installiertes Audacity die bessere Wahl. (mid@ct.de)

TV-Zitreise

myretrotvs.com

Joey Cato arbeitet als Softwareentwickler bei Netflix und hat ein Faible für das Fernsehen vergangener Epochen. Dem hat er die Portale „**My 50s TV!**“ bis „**My 00s TV!**“ gewidmet, auf denen er Besucher in die Vergangenheit der Bewegtbildunterhaltung der jeweiligen Dekade schickt. Ein nachgebildeter Fernsehapparat berieselt einen dort mit einer bunten Mischung alter, vor allem US-amerikanischer Sendungen aus den verschiedensten Genres – Music, Sports, Soaps, Commercials und vielen weiteren. Man kann aber auch nach dem Sendejahr oder den Genres filtern. Die Inhalte stammen von YouTube. Die Retroportale geben mit ihren virtuellen Flimmerkisten auch beliebige YouTube-Playlisten wieder. (jo@ct.de)



ten Genres – Music, Sports, Soaps, Commercials und vielen weiteren. Man kann aber auch nach dem Sendejahr oder den Genres filtern. Die Inhalte stammen von YouTube. Die Retroportale geben mit ihren virtuellen Flimmerkisten auch beliebige YouTube-Playlisten wieder. (jo@ct.de)

Diese Seite mit klickbaren Links: ct.de/ydh3



WIR TEILEN KEIN HALBWISSEN WIR SCHAFFEN FACHWISSEN



17.10.



Internetausfälle kompensieren

Fällt die Internetanbindung im Unternehmen aus, steht oftmals der ganze Betrieb. Dieser Workshop vermittelt einen Überblick über aktuelle Techniken zu redundanten Internet-Anbindungen von Firmenstandorten.

18.10.



Einführung in den Kea DHCP Server

Der Workshop gibt eine vollständige Einführung in die neue Kea-DHCP-Software auf Unix- und Linux-Systemen. Sie lernen, wie man das Kea-DHCP-System installiert, konfiguriert und wartet.



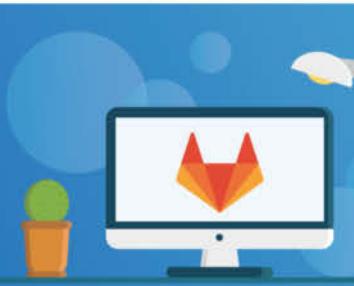
20. - 21.11.



Dienste mit SELinux absichern

SELinux einfach abzuschalten, wenn es Probleme gibt, ist üblich, aber unklug. Der Workshop zeigt, wie man das System stattdessen so nutzt, dass alles besser abgesichert ist und trotzdem funktioniert.

23.11.



Einführung in GitLab

Der Workshop bietet einen Einstieg in den Betrieb einer eigenen Gitlab-Instanz. Sie lernen GitLab initial aufzusetzen, sowie Ihre Instanz zu konfigurieren und an eigene Anforderungen anzupassen.



28. - 29.11.



Docker und Container in der Praxis

Der Workshop für Entwickler und Administrierende behandelt neben theoretischem Wissen über Container auch Herausforderungen im Alltag und eigene Container-Erfahrungen auf der Kommandozeile.

30.11.



WordPress für Einsteiger

Der praxisorientierte Workshop richtet sich an Neu- und Quereinsteiger in WordPress und bietet eine grundlegende und fundierte Einarbeitung in die aktuelle Version des populären CMS.

Sichern Sie sich Ihren Frühbucher-Rabatt:
heise.de/ct/Events

Inflationär

Fragwürdige Preiserhöhungen bei 1&1



Auf rechtsverbindliche Zusagen darf man sich als Kunde eigentlich verlassen. Es sei denn man ist bei 1&1.

Von Tim Gerber

Ulrich K. hatte im November einen DSL-Vertrag bei 1&1 abgeschlossen. Wesentliches Argument war für ihn ein günstiges Angebot, mit welchem der Provider um neue Kunden warb. Für die ersten zehn Monate sollten für DSL-100-Anschluss sowie einer Mobilfunk-Flatrate nur 20 Euro im Monat anfallen. In den verbleibenden 14 Monaten des insgesamt zwei Jahre laufenden Vertrages sollte das Internet-Paket dann knapp 60 Euro im Monat kosten.

Bis Mai lief alles zur Zufriedenheit des Kunden. Das änderte sich mit einem Schreiben im Juni über „Preisanpassun-

gen“, die ihm 1&1 ab 1. Juli in Rechnung stellen wollte. Das wunderte den Kunden sehr, denn in seinem Vertrag waren die Preise bis zum Ende der Vertragslaufzeit klar fixiert. Nun sollten sie sich plötzlich um 5 Euro im Monat erhöhen.

Am 26. Juni schickte Ulrich K. ein Einschreiben an 1&1, in welchem er der einseitigen Preiserhöhung durch den Provider dezidiert widersprach. Unmissverständlich forderte er darin die Einhaltung der vereinbarten Konditionen und eine schriftliche Bestätigung darüber. Am 30. Juni kontaktierte ihn der Kundenservice telefonisch und bot ihm die Fortsetzung

des Vertrages zu den bisherigen Konditionen an. Anschließend bestätigte der Provider die mündliche Vereinbarung auch per E-Mail.

Unangenehme Überraschung

So war Ulrich K. bass erstaunt, als 1&1 ihm Ende Juli eine Rechnung präsentierte, die entgegen allen bisherigen Zusagen eine um 5 Euro erhöhte Grundgebühr für den DSL-Anschluss auswies. Der höhere Betrag wurde kurz darauf von seinem Girokonto eingezogen. Am 14. August schrieb Ulrich K. deswegen ein weiteres Einschreiben an 1&1 und forderte das Unternehmen auf, ihm den zu viel berechneten und eingezogenen Betrag zu erstatten.

Eine Antwort erhielt Ulrich K. nicht. Dafür gab es Ende August wieder eine überhöhte Rechnung, deren Betrag umgehend von seinem Konto eingezogen wurde. Am 4. September schrieb Ulrich K. deshalb ein drittes Einschreiben an 1&1. Zeitgleich wandte er sich wegen der ungerechtfertigten einseitigen Preiserhöhung durch den Provider an c't.

Wir konfrontierten das Unternehmen am 8. September mit dem Vorgang und baten um rasche Stellungnahme, wie es trotz der uns vorliegenden Zusicherung alter Konditionen zu der Preiserhöhung kommen konnte. Nun kam etwas Bewegung in die Sache: Noch am selben Tag erhielt Ulrich K. mehrere Anrufe und Mails mit Angeboten vom „Escalation Management“ bei 1&1. Unter anderem sah es eine Erstattung der zu viel gezahlten 10 Euro vor. Außerdem sollte der Kunde „aufgrund der Unannehmlichkeiten“ von nun an einen weiteren Rabatt in Höhe von 10 Euro erhalten.

Am 11. September schrieb uns eine Unternehmenssprecherin von 1&1, der Widerruf habe trotz Bestätigung „aufgrund eines technischen Fehlers nicht gegriffen“. Da die Kundenzufriedenheit oberste Priorität habe, sei dem Kunden eine Tarifanpassung zu den vereinbarten Konditionen angeboten worden. Die angefallenen Mehrkosten habe man bereits erstattet.

Bekanntes Vorgehen

Nun war das Gebaren des Providers, seinen Kunden mit einseitigen Preiserhöhungen in die Tasche zu greifen, bereits Thema in Fachmedien (siehe ct.de/y2uq). Nach Ansicht der Rechtsexperten der Stif-

Noch immer bewirbt 1&1 seine DSL-Anschlüsse mit Sonderkonditionen, will dann aber während der Laufzeit Preise an die „allgemeine Kostensteigerung anpassen“.

tung Warentest ist das Vorgehen von 1&1 sehr wahrscheinlich vertragswidrig. Ein Widerspruch ist deshalb ratsam, oft gewährt der Provider daraufhin die alten Konditionen weiter. Zudem kann man die Chance nutzen und sich nach einem günstigeren DSL-Vertrag umsehen. Denn einseitige Vertragsänderungen lösen regelmäßig ein Sonderkündigungsrecht des Kunden aus.

Auf das Thema angeprochen nahm die Sprecherin gegenüber c't so Stellung: „Wir haben keine Preiserhöhungen vorgenommen, sondern vor einiger Zeit gewährte Sondertarife und Rabatte im Rahmen von Preisaktionen bei einigen Kundengruppen angepasst, deren Tarife deutlich unter unserem Listenpreis lagen.“ Die allgemeine Preisentwicklung betreffe

auch die Telekommunikationsbranche. Insbesondere die stark gestiegenen Energie- und Beschaffungskosten stellen 1&1 vor Herausforderungen. Deshalb könnte man zum aktuellen Zeitpunkt die gegenüber dem Listenpreis mitunter sehr hohen Preisvorteile nicht dauerhaft gewähren.

Das mag ja alles zutreffen, war aber Ende November 2022, als man den in der Tat erheblich rabattierten Vertrag mit Ulrich K. abschloss, bereits bekannt. Energiepreise sind seither eher gefallen und die Inflationsrate gesunken. Ein Telekommunikationskonzern dieser Größenordnung sollte rascher und flexibler auf absehbare Entwicklungen reagieren können. Kürzere Vertragslaufzeiten als die ewigen zwei Jahre sind übrigens auch nicht verboten. Wenn man zu lange an Lockangeboten festhält, heißt es am Ende eben: Wer zu spät kommt, den bestraft das Vertragsrecht. (tig@ct.de) ct

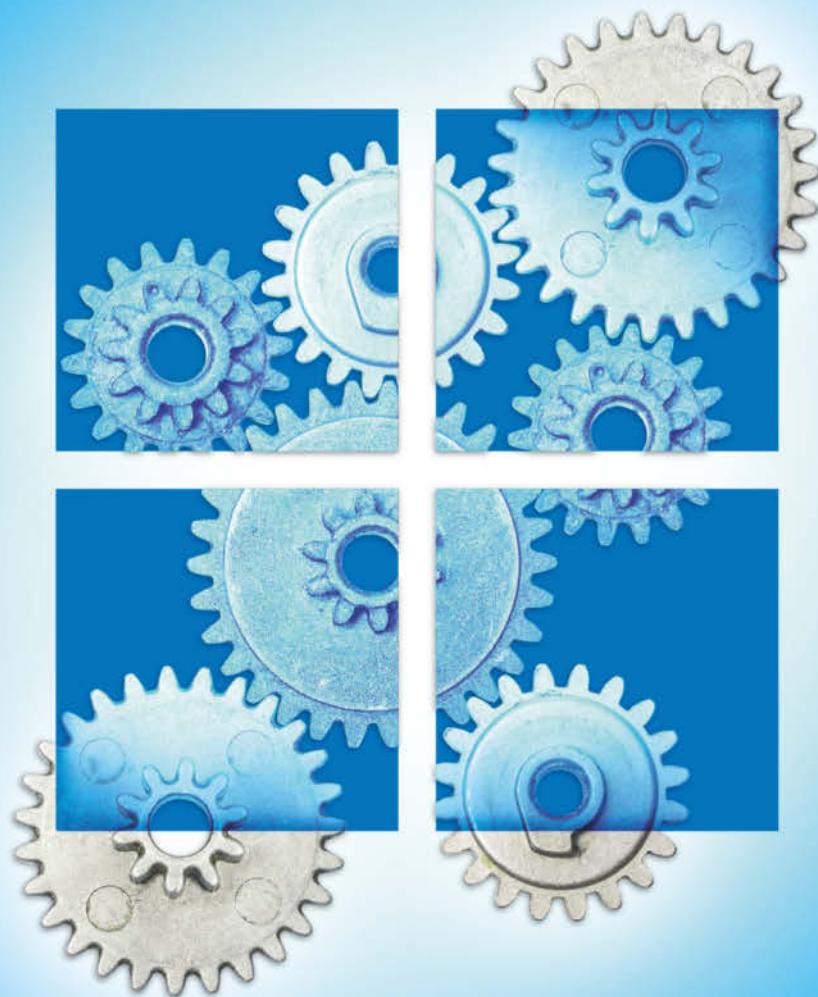
Vorsicht, Kunde: Nachgefragt

In Ausgabe 16/2023 auf Seite 50 hatten wir über ungerechtfertigte Mahnungen an Bahnkunden im Zusammenhang mit verpatzten Bestellungen des Deutschland-Tickets berichtet. Inzwischen leitet die Bahn bei den Betroffenen sogar Inkassoverfahren über den Geldeintreiber EOS ein, wie c't-Leser Heinz-Georg B. zu berichten wusste. Von uns mit dem Fall konfrontiert teilte ein Bahnsprecher mit: „In Einzelfällen kann sich die automatisierte Eröffnung eines Mahnverfahrens zeitlich mit der Bearbeitung einer per E-Mail eingereichten Kündigung überschneiden. In solchen Fällen stellen wir das Mahnverfahren selbstverständlich ein und erstatten zu viel gezahlte Beiträge zurück.“

Für überzeugend halten wir diese Begründung nicht. Der Betroffene hatte bereits Wochen vorher an die Bahn geschrieben. Überschritten hat sich da nichts. Die Probleme sind der Bahn zudem spätestens seit unserer Veröffentlichung bekannt. Vor Abgabe an ein Inkassounternehmen muss sie alle ihr zu dem jeweiligen Fall vorliegenden Informationen prüfen und würdigen. Ein automatisiertes Verfahren, dessen Unzulänglichkeiten den Verantwortlichen bekannt sind und mithin billigend in Kauf genommen werden, könnte direkt in die Strafbarkeit führen. Betroffene sollten sich beim Eisenbahn-Bundesamt als zuständige Aufsichtsbehörde beschweren.

Windows: Welche Treiber für wen?

Auswahl, Installation und drohende Fallen



Treiber für Windows: Warum? Welche? Woher? Seite 56

Sonderfall Notebooks Seite 62

Treiber fürs Windows-Setup Seite 66

SSDs: Nicht immer fehlt ein Treiber Seite 70

Im Idealfall brauchen Sie sich unter Windows um Hardware-Treiber nicht zu kümmern, denn die meisten stecken von Haus aus drin und der Rest kommt per Windows-Update. Doch sind wirklich alle da und dann auch noch die richtigen? Was, wenn nicht? Welche Fallen drohen?

Von Axel Vahldiek

Ob Desktop-PC, Notebook oder Tablet: Jeder Computer besteht aus verschiedenen Hardwarekomponenten, die intern verbaut oder von außen angeschlossen sind. Die Kommunikation zwischen diesen Geräten und dem Betriebssystem übernehmen Treiber. Solche Software reicht beispielsweise Ihre Tastatur- und Maus-Eingaben an Windows weiter, kümmert sich um ein- und ausgehenden Netzwerkverkehr und sagt Drucker oder Display, was sie ausgeben sollen. Für jedes Gerät ist ein speziell angepasster Treiber erforderlich, der sich von Modell zu Modell unterscheiden kann und dessen Details meist nur der jeweilige Hersteller kennt.

Ohne Treiber bleibt beispielsweise das Display schwarz oder Windows reagiert nicht auf Tastatureingaben. Um das zu vermeiden, bringt Windows von Haus aus haufenweise Treiber mit. Besteht eine Verbindung mit dem Internet, versucht es zudem, fehlende Treiber nachzuladen. Das funktioniert zwar bemerkenswert oft sehr gut, hat aber gleich zwei große Haken.

Der erste: Damit Windows möglichst viel Hardware ansteuern kann, bringt es viele sogenannte generische Treiber mit. Die können nicht nur ein einzelnes spezielles Modell einer Gerätekasse versorgen, sondern sehr viele. Der generische Treiber für USB-Tastaturen etwa kennt nicht nur Tastaturmodell XY von Hersteller ABC, sondern kann mehr oder weniger gut mit verschiedensten Modellen zahlloser Hersteller umgehen. Als Folge ist es fast egal, welche Tastatur Sie anschließen – sie wird schon irgendwie funktionieren. Mit „irgendwie“ ist gemeint, dass zwar die Standardtasten, die Sondertasten wie Alt, Strg, Tab, Entf und Esc sowie die Funkti-

onstasten F1 bis F12 funktionieren. Oft arbeiten auch Tasten zur Lautstärkesteuerung. Zusätzliche Tasten aber, die beispielsweise die Displayhelligkeit steuern oder ein vorab festgelegtes Programm aufrufen, kennt der generische Treiber nicht. Um solche Tasten nutzen zu können, müssen Sie also den generischen durch einen für Ihr Tastaturnodell angepassten Treiber ersetzen. Ein anderes Beispiel sind generische Druckertreiber: Mit denen können Sie zwar Text drucken, aber beispielsweise den Tintenfüllstand nicht auslesen. Dasselbe gilt analog auch für Grafikkarten, Monitore, Mäuse und viele weitere Geräteklassen.

Der zweite Haken: Sie können zwar an Ihren Windows-PC so ziemlich alles an Hardware anschließen, was auf dem Markt zu finden ist, müssen sich aber gegebenenfalls selbst um den Treiber kümmern, ihn also erst suchen, dann herunterladen und installieren. Das ist jedoch nicht immer trivial, weil der Treiber einerseits zu genau diesem Hardwaremodell und andererseits zu Ihrer Windows-Version passen muss.

Der Beitrag, den Sie gerade lesen, vermittelt grundsätzliches Wissen rund um das Nachinstallieren von Treibern. Der nachfolgende Artikel widmet sich den Besonderheiten von Notebooks (und das sind überraschend viele). Zwei weitere Artikel behandeln einen Sonderfall: Was ist zu tun, wenn Sie Windows frisch installieren wollen, das Setup-Programm aber das Ziellaufwerk nicht findet?

Handlungsbedarf?

Bei fertig mit vorinstalliertem Windows gekauften Desktop- und Mobilrechnern sind üblicherweise alle nötigen Treiber an Bord. Wenn Sie aber das Gefühl haben, dass etwas nicht wie erwartet funktioniert, beginnt die Diagnose mit Nachdenken. Denn wie so oft bei Windows gilt auch

hier: Ein Problem haben Sie nur dann, wenn Sie davon etwas merken.

Um das Tastaturenbeispiel erneut aufzugreifen: Falls alle von Ihnen genutzten Tasten korrekt funktionieren, ist es egal, ob unter der Haube ein generischer oder ein spezieller Treiber arbeitet. Und es geht wirklich nur um die Tasten, die Sie nutzen, nicht die vorhandenen. Bei der Rollentaste beispielsweise dürften viele heutzutage nicht mal mehr wissen, wie sich prüfen ließe, ob sie überhaupt funktioniert (Tipp: Tabellenkalkulationen reagieren oft auf Cursor-Tasten anders, wenn vorher Rollen gedrückt wurde).

Erst wenn also an Ihrer Tastatur eine Funktion, die Sie wirklich nutzen wollen, nicht wie erwartet arbeitet, haben Sie ein Problem. Und dasselbe gilt analog auch für alle anderen Geräte. Sie vermissen keine Funktion? Ihr Spiel läuft schnell genug und sieht so gut aus, wie es die Hardware verspricht? Prima, Thema erledigt, widmen Sie sich wieder anderen Angelegenheiten.

Bestandsaufnahme

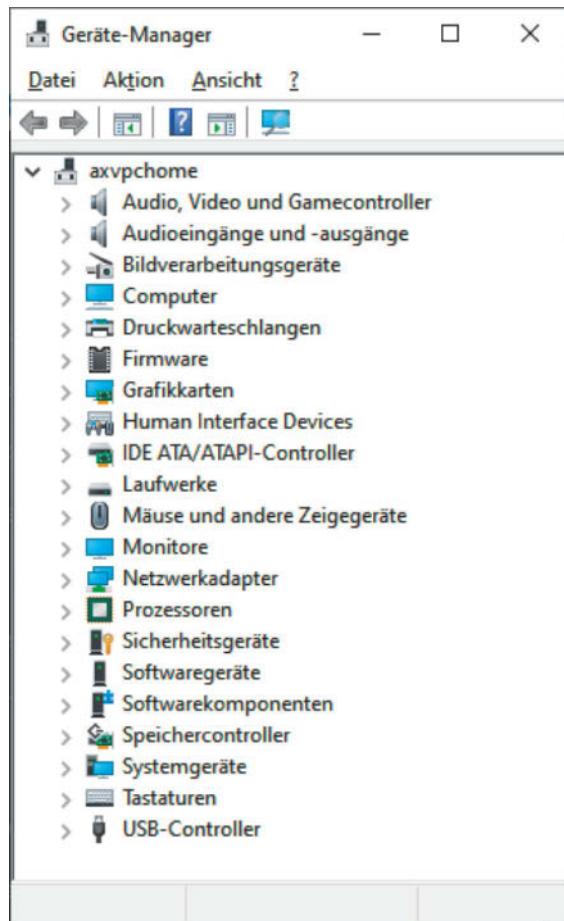
Die bekannteste und bequemste Art, eine Übersicht über die installierten Treiber zu bekommen, ist das Öffnen des „Gerätemangers“. Drücken Sie die Tastenkombination Windows+X und wählen Sie aus dem kleinen Systemmenü den gleichnamigen Eintrag aus.

Fehlende oder nicht funktionierende Treiber erkennen Sie an Frage- oder Ausrufezeichen. Sofern Sie die dazugehörige Hardware nutzen wollen, kommen Sie um das Nachinstallieren eines Treibers nicht herum.

Derselbe Handlungsbedarf kann auch dann bestehen, wenn für eine Hardware zwar ein Treiber vorhanden ist, den Win-

ct kompakt

- Treiber vermitteln zwischen den einzelnen Hardwarekomponenten und Windows. Ohne geht es nicht.
- Sie bekommen Treiber idealerweise per Windows-Update.
- Die Suche beim Hersteller der Hardware nach passenden Treiber ist nicht nur knifflig, sondern auch risikoreich.



So sollte es aussehen:
Im Gerätetool ist weder ein Ausrufe- noch ein Fragezeichen zu sehen, weil für sämtliche Hardware jeweils passende und funktionierende Treiber vorhanden sind.

Treiber, die Windows für wichtig hält, installiert es automatisch. Manche aber vermerkt es nur als installierbar in der Liste der optionalen Updates. Die finden Sie, sofern vorhanden, im Menü „Windows Update“ unter „Alle optionalen Updates anzeigen“. Falls die Liste lang sein sollte, suchen Sie darin den Abschnitt „Treiberupdates“. Wofür genau die angebotenen Treiber sind, ergibt sich hoffentlich aus deren Bezeichnungen. Das klappt aber nicht immer, denn die Bezeichnungen sind absurderweise bis heute nicht genormt und laufen zudem durch Microsofts maschinelle Übersetzung. Sie können für eine weitere Recherche eine Suchmaschine nutzen, müssen den angezeigten Treibernamen dort aber eintippen, weil er sich aus der Liste nicht kopieren lässt.

Fehlen immer noch Treiber? Es gibt eine weitere Variante, Windows Update zu bemühen. Darüber finden Sie mitunter weitere Treiber, ohne dass wir dabei bislang ein System erkennen konnten. Einen Versuch ist es dennoch wert: Markieren Sie im Gerätetool einen Eintrag mit Frage- oder Ausrufezeichen, wählen Sie aus dessen Kontextmenü „Treiber aktualisieren“ und dann erst „Automatisch nach Treibern suchen“ und anschließend „Aktualisierte Treiber auf Windows Update suchen“.

Microsoft stellt noch auf einem anderen Wege Treiber bereit: im Update-Katalog unter www.catalog.update.microsoft.com. Dort können Sie nach Treibern suchen, indem Sie den Namen des Geräts in das Suchfeld eintippen. Falls es Suchtreffer gibt, dann oft reichlich. In der Übersicht steht, für welche Windows-Versionen der Download jeweils taugt, für viele weitere Details (Sprache, Architektur ...) müs-

dows für okay hält, der allerdings nicht alle Funktionen unterstützt.

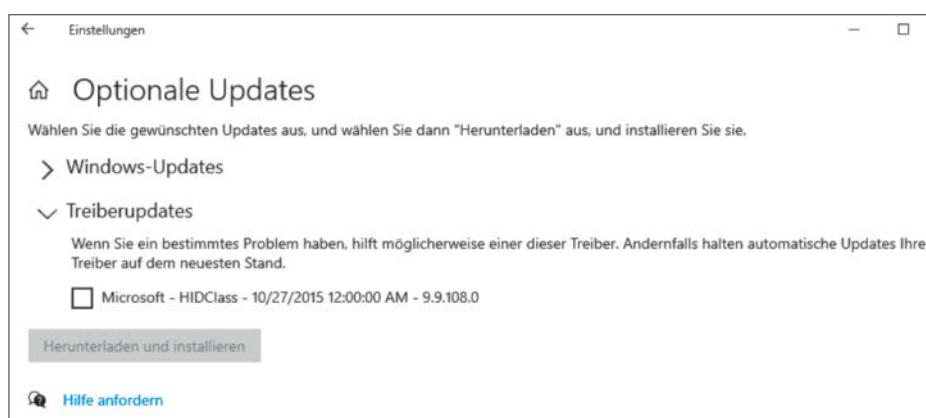
Beachten Sie aber eines: Windows versucht zwar, das Installieren eines falschen Treibers zu verhindern, doch es könnte Ihnen unabsichtlich dennoch gelingen. Und falls Windows danach nicht mehr korrekt läuft oder nicht mal mehr bootet, haben Sie ein Problem. Aber als treuer c't-Leser kennen Sie unseren Rat für solche Fälle: Fertigen Sie vor dem Installieren von Treibern ein Backup an, beispielsweise mit unserem Sicherungsskript c't-WImage. Sie finden es zusammen mit allen Anleitungen unter ct.de/wimage. Immer dran denken: Kein Backup, kein Mitleid!

Sie haben ein aktuelles und vollständiges Backup? Dann kann es losgehen. Wir empfehlen, beim Nachinstallieren fehlender Treiber die verfügbaren Quellen in einer bestimmten Reihenfolge zu durchsuchen. Der Reihe nach:

Nachinstallieren 1: Windows Update

Windows kann sich selbst um fehlende Treiber kümmern. Drücken Sie Windows+I zum Öffnen der Einstellungen, klicken Sie auf „Update & Sicherheit“, wo-

raufhin Sie im Menü „Windows Update“ landen. Dort klicken Sie auf „Nach Updates suchen“. Das startet nicht nur die Suche nach Sicherheits- und Funktionsupdates, sondern auch nach Treibern. Welche Treiber Windows findet, hängt in diesem Fall vor allem von den Hardwareherstellern ab: Was die Microsoft nicht zur Verfügung stellen, fehlt halt. Das bedeutet übrigens auch, dass die Update-Funktion morgen Treiber finden kann, die heute noch fehlen.



Manche Treiber installiert die Windows-Update-Funktion nicht automatisch, sondern bietet sie nur als optionales Update an.

sen Sie allerdings vorn auf den Namen eines Treffers klicken. Das ist mühsam, aber immerhin im Idealfall nur einmal und dann nie wieder nötig.

Nachinstallieren 2: Parallelinstallation/Image

Falls es auf dem internen Datenträger eine Parallelinstallation gibt, in der der nötige Treiber bereits installiert ist, können Sie den übernehmen. Booten Sie dafür jene Installation, in der der Treiber fehlt, suchen Sie das entsprechende Gerät im Gerätewandler, wählen Sie aus dessen Kontextmenü „Treiber aktualisieren“ und dann „Auf meinem Computer nach Treibern suchen“. Via „Durchsuchen“ wählen Sie das Laufwerk mit der Parallelinstallation und darauf \Windows\System32 und lassen Windows anschließend seine Arbeit machen. Es wird den Treiber erstaunlich oft finden und in die aktuell laufende Installation übernehmen.

Der Trick klappt auch, wenn Sie ein Image einer älteren Installation mitsamt dem gesuchten Treiber besitzen: Einfach das Image als Laufwerk einbinden (wie das geht, sollte die Hilfefunktion oder die Website des Imagers verraten).

Nachinstallieren 3: So nicht!

Als letzter Ausweg bleibt eine Online-Suche nach dem fehlenden Treiber, doch Achtung, dabei drohen diese Fallen!

Das Wichtigste vorweg: Lassen Sie Finger von allen (!) Programmen und Websites, die Ihnen versprechen, das Suchen und Installieren der Treiber automatisch für Sie zu erledigen! Das klappt bestenfalls unzuverlässig, weil niemand alle Treiber aller Hersteller für sämtliche Modelle aller Art kennen und dieses Wissen auch noch stets aktuell halten kann. Zudem ersetzt das pauschale Aktualisieren von Treibern bestens funktionierende Versionen durch solche, die zwar neuer sind, aber womöglich instabiler laufen. Wenn es noch dümmer läuft, dienen solche Angebote zudem dazu, Ihnen Werbetrojaner oder noch Schlimmeres unterzububeln.

Nachinstallieren 4: Hersteller

Was bleibt, ist der Download des fehlenden Treibers beim Hersteller, doch hier droht gleich die nächste Falle, denn: Wer ist das genau? Das unterscheidet sich je nach Gerät. Handelt es sich um ein Notebook, ein Tablet oder einen Komplett-PC, ist dessen Hersteller der erste Ansprech-

partner (mehr dazu im nachfolgenden Artikel).

Bei einem Selbstbau-PC sind Sie hingegen beim Hersteller der konkreten Hardwarekomponente richtig, doch auch hier heißt es aufpassen: Wenn beispielsweise die frisch erworbene SSD von Windows nicht erkannt wird, liegt das üblicherweise nicht etwa am fehlenden SSD-Treiber, sondern am fehlenden Chipsatztreiber für das Mainboard. Und selbst das muss nicht stimmen, wenn beispielsweise ein defektes Anschlusskabel schuld ist.

Das nächste Problem: Falls Sie nicht absolut sicher wissen, unter welcher Webadresse ein Hersteller zu finden ist, müssen Sie die erst mal herausfinden. Wenn Sie dazu jedoch Google oder eine andere Suchmaschine bemühen, landen Sie womöglich auf gefälschten Websites, die

Ihnen Schadsoftware unterschieben wollen. Bewährt hat sich, stattdessen die Wikipedia zu befragen. Dort finden Sie Artikel zu den meisten namhaften Herstellern, und dort ist auch jeweils die korrekte Webadresse genannt. Zwar ist auch die Wikipedia manipulierbar, bei unbedachtem Googeln ist die Gefahr aber erfahrungsgemäß deutlich größer. Meiden Sie alle Seiten, die nicht dem Hardwarehersteller gehören, auch (oder gerade) wenn Ihnen dort das Blaue vom Treiberhimmel versprochen wird!

Haben Sie die korrekte Website gefunden, können Sie dort oft Typenbezeichnungen oder gar Seriennummern eingeben, die Sie zielsicher zu den richtigen Downloads führen. Beachten Sie, dass Tippfehler bei solchen Bezeichnungen zu falschen Treibern führen können, weil

Treiberkunde

Betriebssysteme erkennen Geräte anhand von digitalen Identifikatoren (IDs) in deren jeweiliger Firmware. Jeder Hersteller (Vendor) von PCI-, PCIe- und USB-Geräten ist dazu mit seiner Vendor-ID bei den Industrieorganisationen PCI-SIG und USB-IF registriert. Das jeweilige Gerät ordnet er per ID außerdem einer Produktkategorie zu, die der jeweilige Standard beschreibt. USB-Tastaturen und -Mäuse gehören etwa zur Kategorie USB Human Interface Device (HID), USB-Sticks sind Mass Storage Devices, eine USB-Webcam kann kompatibel sein zur USB Video Class (UVC). Dafür bringt Windows (ebenso wie etwa auch Linux, Android und macOS) Standardtreiber mit. Das jeweilige Gerät hat üblicherweise auch noch eine vom Hersteller selbst vergebene Device-ID, die sich oft auf den Produktnamen oder die Generation bezieht – aber dafür gibt es keine klaren Regeln.

Sehr viele „Geräte“ sind auf dem PC-Mainboard nicht einzeln physisch vorhanden, sondern in anderen Chips integriert. So enthält ein typischer PC-Chipsatz etwa mehrere SATA- und USB-Controller mit jeweils eigenen PCIe-IDs. Außerdem gibt es virtuelle Geräte, die beispielsweise bestimmte BIOS-Funktionen zugänglich machen. Diese tragen eine ACPI-ID gemäß den Spezifikationen des Advanced Configuration and Power Management Interface (ACPI).

Wenn Sie zu einem „unbekannten Gerät“ partout keinen Treiber finden, können Sie es mit einer Internetsuche nach dessen Hardware-ID versuchen. Manchmal finden sich Hinweise auf die Problemlösung – aber Vorsicht vor Virenschleudern! Die ID finden Sie im Gerätewandler beim jeweiligen Gerät unter „Eigenschaften/Details/Hardware-IDs“. Suchen Sie dann einfach nach der Kombination aus den jeweiligen vierstelligen Zeichenketten hinter „VEN_“ und „DEV_“, beispielsweise nach „8086 A360“.

Viele Treiber, die Microsoft per Windows Update ausliefert, stammen nicht von Microsoft selbst, sondern vom Hersteller des jeweiligen Hardwarebauteils. Treiber, die Microsoft per Windows Update ausliefert, müssen eine Reihe von Kriterien erfüllen. Vor allem müssen sie digital signiert sein, aber Microsoft definiert auch Qualitätskriterien, die früher Windows Hardware Logo Requirements (WHQL) hießen. Daher nennen viele Hersteller ihre Treiber, die Microsoft-Kriterien erfüllen, WHQL-Treiber. Grafiktreiber für Windows 11 wiederum müssen den Vorgaben für „Declarative Componentized Hardware Supported Apps“ (DCH) entsprechen, die laut Microsoft Sicherheit, Stabilität und Wartungsfreundlichkeit der Treiber verbessern sollen.

(ciw@ct.de)

The screenshot shows the Intel Download Center homepage. At the top, there's a navigation bar with links for PRODUKTE, SUPPORT, LÖSUNGEN, and MEHR+. Below the navigation is a search bar with the placeholder "intel.com durchsuchen". A banner at the top says "Treiber und Software herunterladen" and "Laden Sie neue und zuvor veröffentlichte Treiber herunter, einschließlich Support-Software, BIOS, Utilities, Firmware, Patches und Tools für Intel® Produkte.". Below the banner is a search bar with the placeholder "Suche nach Treibern und Software". A section titled "Automatisches Update Ihrer Treiber und Software" with a sub-instruction "Verwenden Sie dieses Tool, um Ihre Produkte zu identifizieren und Treiber- und Software-Updates für Ihre Intel Hardware zu erhalten." has a blue button labeled "Legen Sie los". Below this is a section titled "Wählen Sie Ihr Produkt" with several categories: "Grafikprodukte" (with a monitor icon), "Wireless" (with a Wi-Fi icon), "Ethernet-Produkte" (with a network icon), "Server-Produkte" (with a server icon), "Intel® NUC" (with a computer icon), and "Chipsätze" (with a microchip icon).

Einige Hardware-Hersteller stellen „Treiberfindeautomaten“ für ihre jeweiligen Produkte und Geräte bereit, die im Browser laufen.

Das kann Ihnen übrigens auch dann passieren, wenn Sie sehr alte Hardware unter einer aktuellen Windows-Version betreiben wollen, die es zum Zeitpunkt des Erscheinens des Gerätes noch gar nicht gab. Sie finden dann zwar vielleicht Treiber für alte Windows-Versionen, aber nicht für Ihre aktuelle. Sofern dann wenigstens die Architektur stimmt (32/64 Bit), können Sie es mit älteren versuchen (die jeweils jüngsten zuerst probieren), doch rechnen Sie damit, dass diese Treiber nicht oder nicht zuverlässig laufen oder nicht den vollen Funktionsumfang bieten.

Den falschen gefunden

Es kann durchaus passieren, dass ein Treiber nicht hält, was er verspricht. Bestenfalls lassen sich doch nicht alle Funktionen nutzen, schlimmer ist es, wenn es plötzlich zu Abstürzen kommt, und wenn es ganz doof läuft, bootet Windows nicht mal mehr. Dann gilt es, den Treiber wieder loszuwerden. Das stellt für Sie zum Glück kein Problem dar, denn Sie haben ja wie oben erwähnt ein aktuelles, vollständiges und getestetes Backup, das Sie nun einfach wiederherstellen können, oder?

Oft klappt es aber noch einfacher, und zwar per Geräte-Manager: Sofern Sie einen Treiber für eine Hardware installiert haben, für die vorher schon ein anderer Treiber vorhanden war, öffnen Sie via Kontextmenü die „Eigenschaften“ des Geräts. Im Reiter „Treiber“ finden Sie die Schaltfläche „vorheriger Treiber“. Falls die nicht ausgegraut ist, war vor dem aktuellen schon ein anderer Treiber für diese Hardware installiert, und durch Anklicken der Schaltfläche reaktivieren Sie diesen Vorgänger.

viele Modelle sehr, sehr ähnlich heißen. Oft finden Sie nicht nur einen Treiber für Ihr Gerät, sondern gleich mehrere, etwa für verschiedene Betriebssysteme. Achten Sie darauf, dass die Architektur des Treibers (32/64 Bit) zu Ihrer Installation passt. Je nach Gerät müssen Sie zudem auf weitere Details achten, etwa die korrekte Chipsatz- und Prozessorgeneration.

Mitunter stehen Pakete mit ähnlichen Namen zum Download bereit, bei denen erst auf den zweiten Blick auffällt, dass das erste „Driver“ und das zweite „Utility“ im Namen trägt (oder ähnliche Bezeichnungen). Das Paket mit „Driver“ im Namen enthält dann den eigentlichen Treiber, im „Utility“-Paket steckt Konfigurations- oder andere Hilfssoftware für das Gerät. Manche Hersteller (etwa Intel) bieten auf ihren Download-Webseiten auch Treiber-Suchautomaten an. Die analysieren Ihren Rechner und empfehlen passende Downloads. Solchen Tools sollten Sie nur vertrauen, wenn Sie ganz sicher sind, dass Sie auf der offiziellen Herstellerwebsite gelandet sind.

Nichts gefunden

Es kann gerade bei älterer Hardware durchaus passieren, dass ein Hersteller keinen passenden Treiber mehr anbietet und auch sonst keiner zu finden ist. Sofern nicht noch eine passende Treiber-CD/

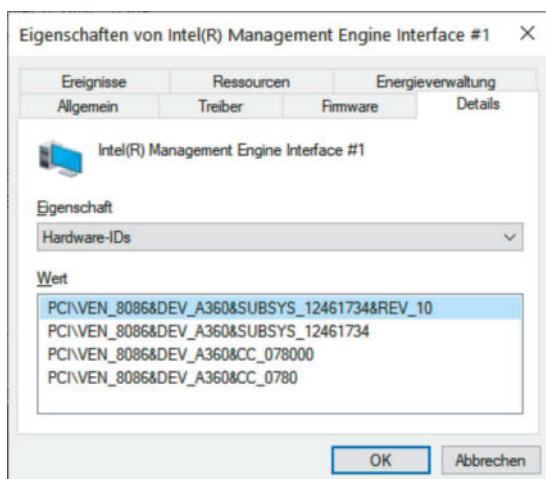
NVIDIA Treiber Downloads

Wählen Sie aus der untenstehenden Drop-down-Liste, um den passenden Treiber für Ihr NVIDIA-Produkt zu ermitteln. Tipps

Produktyp:	GeForce
Produktserie:	GeForce RTX 30 Series
Produktfamilie:	GeForce RTX 3090 Ti
Betriebssystem:	Windows 11
Download-Typ:	Game-Ready-Treiber (GRD)
Sprache:	Deutsch

Suche

Auf der Nvidia-Website finden Sie Grafiktreiber über Dropdown-Menüs; müssen dazu den Namen der Grafikkarte kennen.



Der Geräte-Manager verrät die Vendor- und Device-IDs, anhand derer Windows das jeweilige Gerät erkennt und den passenden Treiber lädt.

Falls Sie jedoch weder ein Backup haben noch Windows einen vorherigen Treiber anbietet, wird es knifflig. Die Systemwiederherstellung, die früher mal in solchen Situationen gute Dienste leistete, hat Microsoft bei allen aktuellen Windows-Versionen standardmäßig deaktiviert (Hilfe beim Reaktivieren finden Sie in [1]). Die Option, die „zuletzt als funktionierend bekannte Konfiguration“ zu restaurieren (setzte die Registry-Einträge aller Treiber und Dienste zurück), hat Microsoft mittlerweile ganz aus Windows ausgebaut.

Was dann bleibt, ist das radikale Vorgehen mit dem Windows-eigenen Dism.exe. Doch in aller Deutlichkeit: Das ist nur was für Hartgesottene ohne Angst vor langen und kryptischen Kommandozeilenbefehlen (eine Einführung zu Dism.exe finden Sie in [2]). Ein zuvor erstelltes Backup wiederherzustellen dürfte in praktisch allen Fällen leichter sein.

Viel gefunden!

Zum Abschluss zur Frage, welchen Treiber für ein Gerät Sie denn nehmen sollen, falls Sie sowohl via Windows Update als auch auf der Herstellerseite welche finden. Darauf gibt es leider keine pauschale Antwort, stattdessen heißt es wieder mal: Es kommt drauf an.

Was per Windows-Update kommt, hat durchaus Vorteile. Es lässt sich leicht verwalten (was Admins freut), alle Treiber sind signiert, und sie passen garantiert sowohl zur Hardware als auch zu Ihrer Windows-Version – das spart Ratespiele beim Download. Falls in einem Treiber Sicherheitslücken entdeckt werden, besteht zudem die Hoffnung, dass die Windows-Update-Funktion ihn automatisch durch eine reparierte Version ersetzt.

Wenn es hingegen um das Ausreizen der Fähigkeiten der Hardware geht, sind Sie mit den Treibern des Herstellers meist besser bedient. Die sind neuer und unterstützen oft mehr Funktionen. Ob sie aber beispielsweise eine Updatefunktion bieten, entscheidet jeder Hersteller für sich. Bei Notebooks kommen Sie allerdings ohnehin kaum um die Hersteller-Treiber herum, wenn Sie den Computer wie beworben nutzen wollen. Mehr dazu im nachfolgenden Artikel. (axv@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Axel Vahldiek, Pannenhilfe für Windows, Windows-Probleme lösen einfach per Mausklick, c't 10/2021, S. 12
- [2] Axel Vahldiek, Strippenzieher, Tipps zum Bearbeiten von Windows-Images mit DISM, c't 24/2020, S. 156

Grafiktreiber

Windows Update beschafft für Grafikprozessoren (GPU) von AMD, Intel und Nvidia normalerweise automatisch ordentliche Treiber. Sie sind die optimale Wahl für Mini-PCs, Bürocomputer und Notebooks mit relativ leistungsschwachen integrierten GPUs (Integrated Graphics Processor, IGP) wie Intels UHD Graphics.

Wer hingegen eine starke 3D-Grafikkarte für PC-Spiele ausreizen möchte, beschafft sich lieber die jüngsten Treiber direkt vom jeweiligen GPU-Hersteller. Diese überarbeiten ihre Grafiktreiber sehr häufig, um Optimierungen für neue Spiele einzupflegen, und rüsten auch immer wieder neue Funktionen nach. (ciw@ct.de)

Spart bei Strom, Platzbedarf & jetzt auch beim Preis!

**Neue Edition:
Low Energy Server v4**



**Jetzt sparen
thomas-krenn.com/v4**

+49 (0) 8551.9150-300

**THOMAS
KRENN®**



Treiber to go

So finden Sie die richtigen Treiber für Ihr Notebook

Nach der Windows-Installation auf Ihrem Notebook quillt der Gerätemanager mit gelben Ausrufezeichen über? So finden Sie passende Treiber, mit denen sämtliche Hardware-Bauteile optimal funktionieren.

Von Florian Müssig

Nach der Installation von Windows (siehe auch S. 66) bootet ein Computer zwar in der Regel bis zum

Desktop durch. Das heißt jedoch nicht, dass er optimal läuft, und das gilt vor allem für Notebooks: Ein Blick in den Gerätemanager bringt in der Regel etliche gelbe Ausrufezeichen ans Tageslicht, die „hier stimmt etwas noch nicht“ signalisieren.

Die erste Hürde ist, dass Sie in diesem Zustand womöglich noch nicht einmal ins Internet kommen, um Abhilfe zu schaffen, weil Windows den Netzwerkadapter nicht erkannt hat. Kaum ein Notebook hat noch eine LAN-Buchse, und wenn, dann gerne bereits mit den neuesten Adapterchips. Die übertragen zwar rasante 2,5 Gbit/s, werden aber selbst von aktuellen Windows-Installationsmedien nicht unterstützt. Ähnlich sieht es bei WLAN aus: Modernes Wi-Fi 6E hat erst im vergangenen Jahr an Verbreitung gewonnen.

In solchen Fällen bleibt Ihnen nichts anderes übrig, als über einen anderen PC die Herstellerwebseite aufzusuchen (achten Sie dabei unbedingt die Tipps aus dem voranstehenden Beitrag) und dort die zu Ihrem Gerät passenden (W)LAN-Treiber auf einen USB-Stick herunterzuladen. Leider jedoch verkaufen die Hersteller nicht nur Ihr individuelles Notebookmodell, sondern auch zig andere. Um auf den Supportwebseiten an die richtige Stelle zu kommen, müssen Sie die exakte Modellbezeichnung Ihres Notebooks kennen. In manchen Fällen, etwa bei Acer, geht es schneller, wenn Sie die Seriennummer Ihres Notebooks zur Hand haben; mitunter ist deren Eingabe auch die Voraussetzung, um überhaupt etwas herunterladen zu können. Beide Informationen finden Sie in der Regel auf der Unterseite des

Notebooks auf einem (hoffentlich noch lesbaren) Aufkleber. Bei Dell steht dort häufig auch ein alphanumerischer Service-Tag, der Sie ebenfalls schnell an die richtige (Download-)Stelle bringt.

Ab hier wird es dann kleinteilig, weil die Website häufig mehrere Treiber für dieselbe Komponente auflistet. Manchmal sind es „nur“ alle Versionen, die im bisherigen Lebenszyklus des Notebooks erschienen sind. Es gibt aber auch Fälle, in denen je nach Ausstattungsvariante unterschiedliche WLAN-Adapter zum Einsatz kommen – mitunter sogar von verschiedenen Zulieferern. Wenn Ihnen unklar ist, welcher zu Ihrem Notebook gehört: Laden Sie alle herunter und probieren Sie sie der Reihe nach durch. Passt der Treiber nicht zur Hardware, bricht das Installationsprogramm den Vorgang mit einer Fehlermeldung ab.

Sobald die frische Windows-Installation online gehen kann, sollten Sie als Erstes Windows Update starten. Denn es beschafft außer (Sicherheits-)Updates für das Betriebssystem auch aktualisierte Treiber, was die Anzahl gelber Ausrufezeichen im Gerätemanager reduziert. Es gibt aber keine Garantie, dass alle Ausrufezeichen verschwinden.

Wenn Sie kleinteilige Sisyphusarbeit mögen, können Sie sich nun Schritt für Schritt durch die Downloadseiten klicken, jeden Download ausführen, die Installa-

tion starten und nach dem obligatorischen Neustart mit dem nächsten fortfahren. Nur sehr wenige Hersteller bieten einen Single-Click-Download aller Treiber für ein bestimmtes Notebookmodell. Und nur Microsoft aktualisiert das hinterlegte Sammelarchiv für seine Surface-Geräte regelmäßig mit neueren Treibern. Bei anderen wie etwa Framework gibt es lediglich das initiale Paket, das auch in der Herstellervorinstallation zum Einsatz kommt, aber nicht zwangsläufig auch jüngere Versionen.

Mitunter finden Sie auf den Downloadwebseiten der Hersteller auch Treiber für Komponenten, von denen Sie vorher noch nie etwas gehört haben. Denn Notebooks sind sehr spezifische Komplettsysteme, bei denen manche Funktionen mithilfe spezieller Controller umgesetzt werden. Damit alles wie vom Hersteller vorgesehen klappt, müssen diese auch laufen. Ein einziges verbliebenes gelbes Ausrufezeichen kann deshalb dafür sorgen, dass der Lüfter ständig rauscht oder sich der Akku rasant leert, weil das Gesamtsystem nicht energieeffizient agieren kann.

Update-Tools

Falls Sie es bequem mögen, führt ein weit aus komfortablerer Weg zu den nötigen Treibern, sobald Ihr Notebook das Internet erreicht: das Update-Hilfsprogramm des jeweiligen Herstellers. Ein solches ge-

Update-Hilfsprogramme (Auswahl)

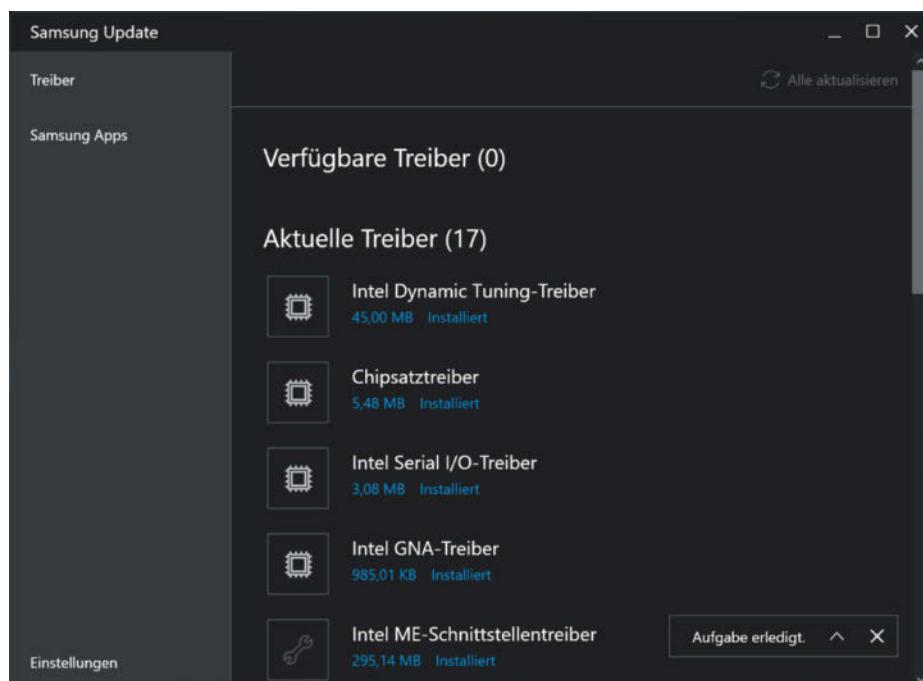
Hersteller	Programm
Acer	Care Center
Asus	MyAsus
Dell	Command Update, SupportAssist
HP	Support Assistant
Huawei	PC Manager
Lenovo	Vantage
LG	Update & Recovery
Microsoft	— (Updates per Windows Update)
MSI	Center
Samsung	Update

hört seit Jahren zu allen Windows-Vorinstalltionen, mit denen Notebooks ausgeliefert werden; typische Namen hält oben stehende Tabelle für Sie bereit. Sie finden den Updater entweder im Microsoft Store oder im Downloadbereich der Servicewebsite.

Die herstellereigenen Updater nehmen Ihnen die beschriebene Sisyphusarbeit ab: Sie lesen aus, um welches Notebook mit welchen Komponenten es sich im konkreten Fall handelt, und laden alle passenden Treiber in der neusten Version automatisch herunter. Man kann dort auch festlegen, dass die Tools regelmäßig nach Updates suchen und sie installieren.

Leider jedoch fanden sich zuletzt in solchen Update-Tools immer wieder Sicherheitslücken, über die potenziell Malware auf den Rechner gelangen konnte. Wenn Sie das Risiko minimieren wollen, können Sie die Updater nach getaner Arbeit wieder deinstallieren. Aber Vorsicht: Dann müssen Sie sich selbst darum kümmern, das Notebook auf dem Laufenden zu halten, denn frische Updates schließen ihrerseits ja Sicherheitslücken in Treibern und im (UEFI)-BIOS, die nicht offen bleiben sollten. Der komfortable Weg ist also, die Updater drauf zu lassen – zumal diese sich auch selbst aktualisieren können.

Ein weiterer Vorteil der Hersteller-Tools: Viele steuern auch hardwarenahe Funktionen, die im Notebookalltag wichtig sind. So kann man darüber häufig den Ladestand auf einen geringeren Wert als 100 Prozent begrenzen, um den Akku zu schonen, wenn das Notebook am Netzteil hängt. Einige Hersteller wie etwa Huawei rüsten solche Funktionen über einen recht verqueren automatischen Mechanismus nach: Die Akkuschonung lässt sich nicht manuell oder per BIOS-Setup steuern, stattdessen wurde sie bei einem Testgerät erst nach fünf Tagen am Netzteil durch



Hersteller-Tools wie Samsung Update suchen alle zum Notebook passenden Treiber zusammen.

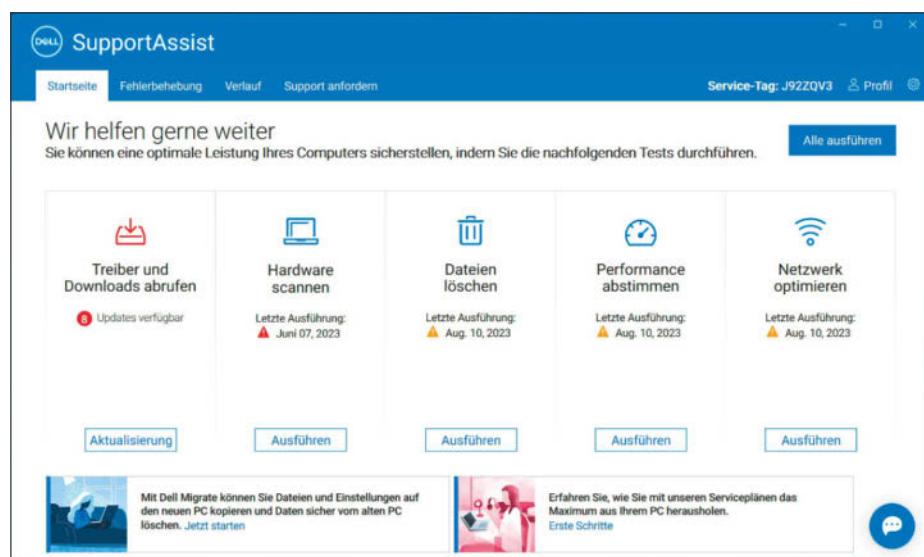
eine Pop-up-Benachrichtigung als Option angeboten.

Auch einige andere Funktionen kann Windows nicht von sich aus nutzen. My-Asus enthält bei Asus-Notebooks mit OLED-Bildschirmen den Bereich OLED Care, der Pixel-Shift aktiviert und bei langer Inaktivität einen speziellen Bildschirmschoner startet, was einer übermäßigen Alterung vorbeugen soll. Dell, Lenovo und andere verkaufen Notebooks mit Annäherungssensoren, die den Funktionsumfang einer Windows-Hello-Kamera erweitern – Microsoft selbst hat Hello seit dem Windows-10-Launch nicht mehr nennenswert überarbeitet.

Aber Vorsicht: Installieren Sie unbedingt nur das vom jeweiligen Notebookhersteller angebotene Update-Tool direkt von dessen Website. Lassen Sie die Finger von allen anderen Updatern sowie Download-Webseiten, auf die Sie bei einer Onlinetreibersuche schnell stoßen. Manche dieser kostenlosen Tools schleppen Malware ein und einige empfehlen aktuellere Treiber, die auf Ihrem Notebook aber möglicherweise Probleme verursachen. Davon können die Supportabteilungen der Hersteller ein Liedchen singen und wir dank der Erfahrungen mit Leseranfragen auch.

Sonderfälle

Nur in wenigen Sonderfällen ist es sinnvoll, andere als die Originaltreiber des Notebookherstellers zu verwenden. Dazu



Häufig organisieren die Hersteller-Tools – wie hier Dells SupportAssist – nicht nur Updates. Sie rufen auch Diagnosefunktionen auf oder steuern Hardwarefunktionen.

gehören etwa Grafiktreiber für Gaming-Notebooks (nicht für Business-Notebooks), weil AMD, Intel und Nvidia ihre Grafiktreiber häufig aktualisieren, um Optimierungen für neue Spiele einzubauen. Nvidia hat es nach unserer Erfahrung geschafft, die gerätespezifischen Informationen so gut von Spieleoptimierungen zu trennen, dass PC-Spieler problemlos Updates von der Nvidia-Webseite auf ihren Gaming-Notebooks installieren können; bei AMD und Intel hakelt es eher mal.

Das liegt aber auch daran, dass viele Notebooks die Nvidia-GPU aus Energie-

spargründen nur für Spiele und andere fordernde 3D-Anwendungen zuschalten, aber ansonsten die integrierte GPU (IGP) des jeweiligen AMD- oder Intel-Prozessors nutzen. Hersteller solcher Geräte warnen davor, neuere Referenztreiber über schon vorhandene, gerätespezifische Treiber zu installieren. Zu möglichen Nebenwirkungen zählen Spezialfunktionen besonderer Panels (etwa OLED oder Privacy), aber auch Dockingfähigkeiten und Monitorausgänge – oder auch ein höherer Energieverbrauch.

(mue@ct.de) **ct**

Ein Plädoyer für die Vorinstallation

Anstatt Windows „frisch“ vom Setup-Medium zu installieren, raten wir bei Notebooks zur Verwendung der werksseitig vorinstallierten Version. Die Zeiten, in denen letztere mit unsinnigen Softwarebeigaben (Bloatware) aufgeblättert waren, sind glücklicherweise lange vorbei. Natürlich nimmt so mancher Notebookhersteller noch immer gerne die Marketinggelder mit, die Anbieter von Antivirensoftware dafür zahlen, dass die Vorinstallation eine Testversion ihres Scanners enthält – in der Hoffnung auf kostenpflichtige Abos. Mitunter findet man auf dem Desktop oder in der Taskleiste auch prominent platzierte Icons für Webdienste oder Casual Games.

Derartige unerwünschte Beigaben werden Sie mit wenigen Mausklicks aber meistens viel schneller los, als wenn Sie Windows frisch installieren. Einfaches Deinstallieren reicht, anstelle des entsorgten Virenscanners übernimmt nach einem Neustart der Windows Defender. Bei einigen Werbebeigaben handelt es sich nur um Links, die auf die Webseite des Dienstanbieters führen. Dann reicht es, die Verknüpfung zu löschen. Andere Beigaben sind gekapselte Apps aus dem Microsoft-Store, die sich ohne Nebenwirkungen entfernen lassen.

Umgekehrt gibt es nicht alle Programme, die Notebookfirmen in ihre Vorinstallationen packen, auch einzeln zum Nachinstallieren. So verteilen beispiels-

weise Lenovo und LG das Webcam-Assistentenprogramm Glance nur in Vorinstallationsen. Glance legt unter anderem das Notebook schlafen, wenn niemand mehr davorsitzt, und warnt, wenn es erkennt, dass einem an öffentlichen Orten länger über die Schulter geguckt wird.

Bei Notebooktests verwendet c't grundsätzlich die jeweilige Vorinstallation, gegebenenfalls befreit von der Virenscanner-testversion. So fällt uns auch auf, was die Hersteller bei der Vorinstallation vermurkst haben. Ein weiterer positiver Effekt der Vorinstallation: Bei einem Garantiefall kann sich der Hersteller nicht damit herausreden, dass es an Ihrer individuellen Windows-Installation liegt.



» Continuous Lifecycle »

[Container] Conf

15. – 16. November 2023
in Mannheim

Software effizienter entwickeln und betreiben

Die **Continuous Lifecycle/ContainerConf** liefert vertiefende Einblicke in relevante Fachthemen entlang des gesamten Softwarelebenszyklus – mit einem Fokus auf **Developer Experience** und optimal integriertes **Platform Engineering**.

Workshops und Vorträge widmen sich Prozessen und Tools von der Containerisierung über **Continuous Delivery** und **DevOps** – inklusive **DevSecOps** und **GitOps** – bis hin zum professionellen Betrieb der Anwendungen. Unter anderem geht es um:

- **Internal Developer Platforms:** Konzepte und Berichte aus der Unternehmensspraxis
- **Observability:** Mit Logging, Monitoring und Tracing das Gesamtsystem im Griff behalten
- **Lessons learned:** Erfahrungen aus dem Aufbau und Betrieb von Kubernetes-Umgebungen
- **Security:** Von der Infrastruktur über Secrets bis zu Dependencies
- **Kubernetes im Umbruch:** Vorstoß in neue Anwendungsbereiche



www.continuouslifecycle.de

Vor-Ort-Workshops am 14. November: CI/CD mit GitLab, Observability, Site Reliability Engineering, WebAssembly, Serverless Computing

Veranstalter



Gold-Sponsoren



T Systems

Silber-Sponsoren



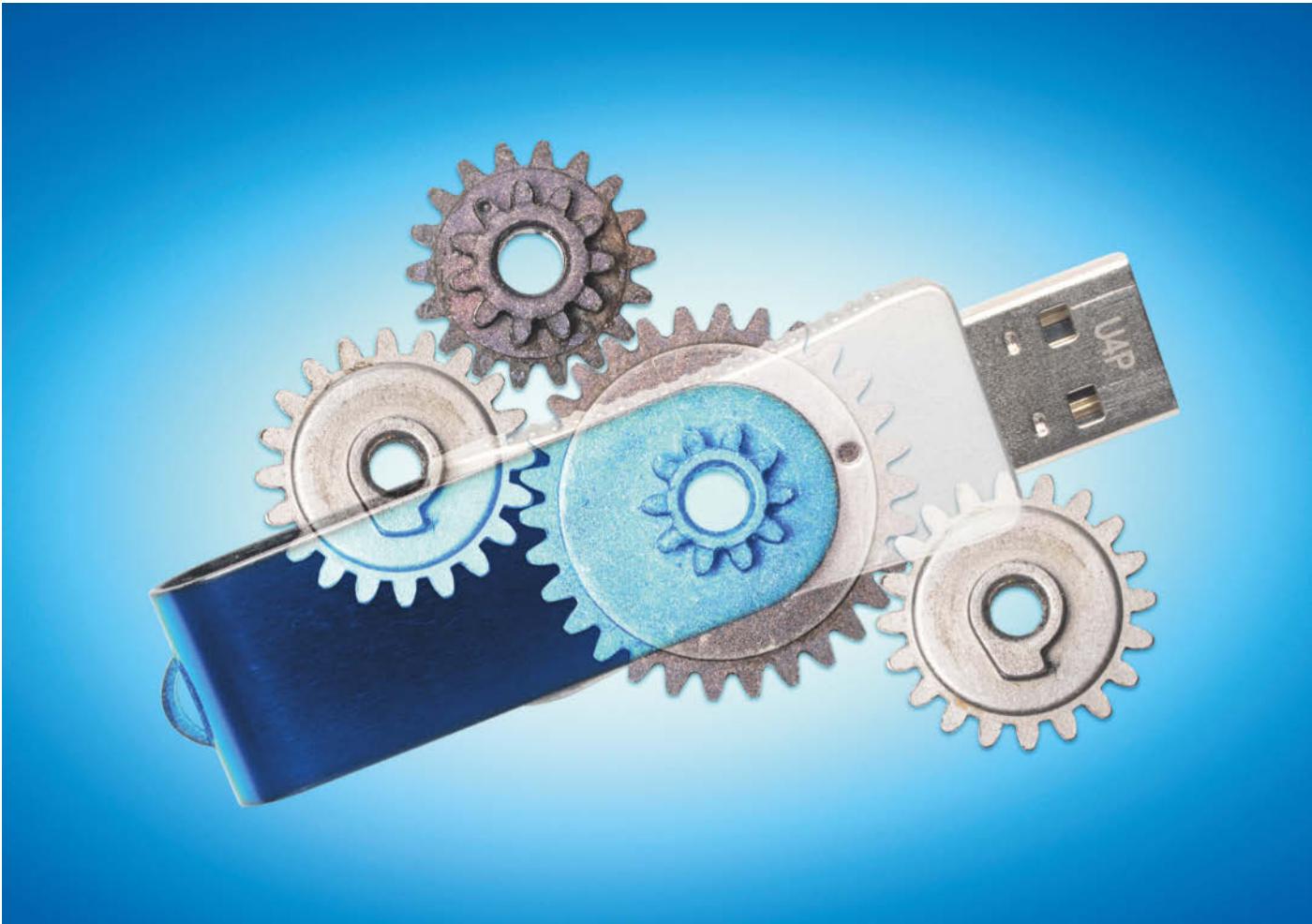
Giant Swarm

INNOQ

ISOVALENT

StormForge

SysEleven



Kontaktvermittlung

Windows-Setup ein nicht erkanntes Ziellaufwerk bekannt machen

Sie wollen Windows frisch installieren, doch das Setup-Programm findet das Ziellaufwerk nicht? Wir haben da einige Tipps für Sie.

Von Axel Vahldiek

Eigentlich ist das Installieren von Windows ganz einfach: vom Setup-Stick booten, ein paar Fragen beantworten,

Ziellaufwerk auswählen, etwas warten, fertig. Manchmal scheitert das allerdings, weil das Setup-Programm das Laufwerk nicht erkennt, auf dem Sie Windows installieren wollen. Im Auswahldialog erscheint es einfach nicht. Stattdessen erscheint am unteren Rand des Dialogs der Hinweis, dass Sie auf „Treiber laden“ klicken können, um einen „Speichertreiber“ abzurufen. Als Ursache kommt zweierlei infrage: Entweder liegt es an der Hardware oder dessen Einstellungen im BIOS-Setup, dann hilft der nachfolgende Beitrag mit vielen Tipps weiter. Oder es fehlt tatsächlich ein Treiber, und was dann zu tun ist, erläutert der Beitrag, den Sie gerade lesen.

Ein Hinweis vorab: Im Nachfolgenden ist zwar stets von einer Installation von

einem USB-Stick oder kurz Stick die Rede. Doch das dient bloß als Beispiel, das wir gewählt haben, weil ein Stick für viele (Familien-)Admins das am häufigsten genutzte Setup-Medium darstellt. Es spielt für unsere Tipps letztlich keine Rolle, ob Sie wirklich von einem Stick oder stattdessen von einer USB-Festplatte/-SSD, von DVD oder aus Ihrem lokalen Netz installieren. Es spielt auch keine Rolle, ob Sie den Stick von Hand zusammengestellt oder ihn beispielsweise mit Microsofts kostenlosem Programm „Media Creation Tool“ (MCT) eingerichtet haben.

Treiber suchen

Da das Windows-Setup-Programm über keine Funktion verfügt, die den Treiber

aus dem Internet nachladen könnte, müssen Sie ihn an einem anderen PC selbst herunterladen. Was dabei zu beachten ist, steht ausführlich im Beitrag auf Seite 56 in dieser Ausgabe, hier noch mal als kurze Zusammenfassung: Wo Sie den Treiber finden, unterscheidet sich je nach Gerät. Handelt es sich um ein Notebook, ein Tablet oder einen Komplett-PC, ist dessen Hersteller der erste Ansprechpartner. Bei Selbstbau-PCs sind Sie hingegen nicht etwa beim Hersteller des Datenträgers richtig, sondern bei dem des Mainboards.

Bei der Suche nach Treibern im Internet besteht die Gefahr, auf gefälschten Websites zu landen, die Ihnen Schadsoftware unterschieben wollen. Bewährt hat sich, statt Google die Wikipedia zu befragen. Die ist zwar ebenfalls manipulierbar, bei einer Suchmaschine ist das Risiko aber erfahrungsgemäß deutlich größer.

Haben Sie die korrekte Website gefunden, können Sie dort oft Typenbezeichnungen oder gar Seriennummern eingeben, die Sie zielsicher zu den richtigen Downloads führen. Meist finden Sie allerdings nicht nur einen Treiber für Ihr Gerät, sondern gleich mehrere. Falls die Namen nicht selbsterklärend sind, helfen oft diese und ähnliche Stichworte beim Identifizieren: Storage, Intel Rapid Storage Technology (IRST oder RST), VMD, NVMe, SATA, RAID. Bei Intel-Treibern müssen Sie zudem mitunter auf die korrekte Chipsatz- und Prozessorgeneration achten. Falls Treiber für verschiedene Betriebssysteme angeboten werden: Sie be-

ct kompakt

- Wenn das Windows-Setup-Programm das Ziellaufwerk für die Installation nicht findet, kann es an einem fehlenden Treiber liegen.
- Treiber können Sie während der Installation nachladen oder vorab in das Setup-Medium einbauen.
- Um das Hantieren mit Treibern kommen Sie mitunter herum, wenn Sie das Setup-Medium kurzerhand neu erstellen.

nötigen einen für Windows. Achten Sie darauf, dass die Architektur des Treibers (32/64 Bit) zum Setup-Stick passt.

Mitunter stehen Pakete mit ähnlichem Namen zum Download bereit, beispielsweise „IRST (Intel Rapid Storage Technology) Utility“ und „IRST (Intel Rapid Storage Technology) Driver“. Der entscheidende Unterschied findet sich am Ende: Während das Paket mit „Driver“ im Namen den eigentlichen Treiber enthält, geht es bei dem „Utility“ um die Verwaltungssoftware für die Hardware, und damit können Sie während des Installierens von Windows nichts anfangen.

Treiber vorbereiten

Ein Treiber, den Sie während der Windows-Installation nachladen können, be-

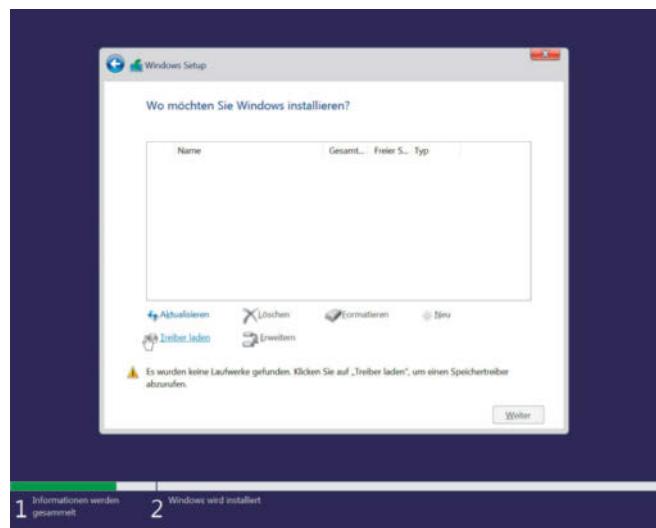
steht aus mindestens drei Dateien: Eine mit der Endung .sys enthält den eigentlichen Treiber, eine Katalogdatei (.cat) dient als digitale Signatur und eine Datei mit .inf am Ende enthält die für die Installation nötige Konfiguration. Womit Sie hingegen nichts anfangen können, ist eine monolithische ausführbare Datei etwa namens Treiberinstall.exe, denn die ist nur für den Einsatz in einer bereits laufenden Windows-Installation gedacht, und so weit sind Sie ja noch nicht.

Im Idealfall landet der Treiber als ZIP-Archiv in Ihrem Download-Ordner. Entpacken Sie es und prüfen Sie, ob die gesuchten Dateien drinstecken. Es können jeweils mehrere sein, zusätzliche Lies-mich-Textdateien sind üblich, und wenn noch mehr im Paket steckt, stört das nicht weiter. Liegt im Download-Ordner stattdessen eine einzelne ausführbare .exe-Datei, versuchen Sie, die mit dem Open-Source-Packprogramm 7-Zip (7-zip.org) zu entpacken. Hilft auch das nicht, fragen Sie beim Hersteller nach, ob Sie wirklich den richtigen Treiber erwischt haben. Windows zu installieren ist ja keine exotische Idee, also sollte der Hersteller auch passende Treiber anbieten.

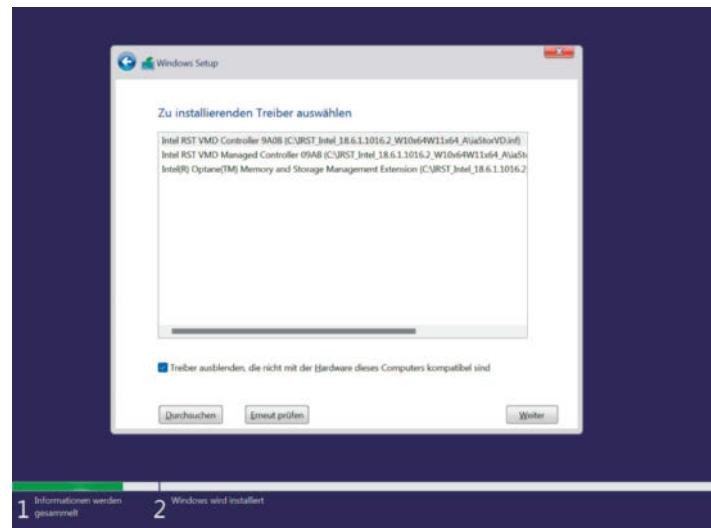
Kopieren Sie den entpackten Treiber in einen separaten Ordner auf dem USB-Stick. Kontrollieren Sie, dass dieser Ordner anschließend mindestens je eine INF-, SYS- und CAT-Datei enthält.

Einzeln nachladen

Es gibt zwei Wege, den Treiber nachzurüsten. Entweder laden Sie den fehlenden



Wenn das Setup-Programm das Laufwerk nicht findet, auf dem es Windows installieren soll, fehlt meist ein passender Treiber. Dann hilft, ihn von Hand nachzuladen.



Sollten im Downloadpaket vom Hardwarehersteller mehrere Treiber stecken, bietet Setup eine Auswahl. Welcher der richtige ist, probieren Sie notfalls einfach durch.

Treiber einmalig während der laufenden Installation nach. Oder Sie impfen ihn dauerhaft in den Unterbau des Setup-Programms ein. Letzteres ist aufwendiger, erspart aber Zeit, wenn auf derselben oder auf baugleicher Hardware weitere Installationen anstehen. Zuerst zum einmaligen Nachladen.

Befindet sich der Treiber erst mal auf dem Stick, ist das Nachladen recht simpel: Starten Sie einen erneuten Installationsversuch. Sobald das Setup-Programm das Fenster anzeigt, in dem kein Laufwerk zu sehen ist, klicken Sie unten auf „Treiber laden“. Im nächsten Dialog suchen Sie den Ordner auf dem Stick, der den entpackten Treiber enthält. Das Setup-Programm installiert den Treiber automatisch. Sollten mehrere Treiber enthalten sein, erscheint eine Nachfrage, welchen Sie denn gern hätten. Sofern das nicht eindeutig ist, halten Sie sich nicht mit dem mühseligen Identifizieren auf, sondern nehmen kurzerhand den ersten. Entpuppt der sich als falsch, spielen Sie das Laden des Treibers mit dem zweiten (oder dritten oder ...) erneut durch.

Nach dem Installieren können Sie das Ziellaufwerk für die Installation auswählen. Falls es nicht im Auswahldialog erscheint, klicken Sie auf „Aktualisieren“.

Treiber-Impfung 1: Stick-Update

Sie wollen oder müssen Windows auf demselben PC immer wieder neu installieren oder betreuen mehrere baugleiche Rechner? Dann ist es auf Dauer lästig, den fehlenden Treiber immer wieder von Hand nachzuladen. Integrieren Sie ihn stattdessen dauerhaft. Dazu gibt es wieder zwei Wege: Entweder Sie aktualisieren den kompletten Setup-Stick oder Sie impfen stattdessen nur den Treiber ein. Zuerst zum Aktualisieren des Sticks, weil das einfacher ist und zusätzliche Vorteile bietet.

Wenn Sie vom Stick booten, sieht es zwar so aus, als starte direkt das Setup-Programm, doch in Wirklichkeit bootet ein schlankes Betriebssystem, und erst das startet das Setup-Programm. Dieses Betriebssystem heißt „Windows PE“ oder kurz „PE“. Die beiden Buchstaben stehen für „Preinstallation Environment“, also sinngemäß für Installationsumgebung. PE ist letztlich auch bloß Windows. Es versucht während des Bootens, die Hardware zu erkennen, und lädt die dafür passenden Treiber. Die hat es

```

Administrator: Eingabeaufforderung

C:\Windows\system32>Dism /Mount-Image /ImageFile:K:\Sources\Boot.wim /Index:2 /MountDir:H:\Mount
Tool zur Imageverwaltung für die Bereitstellung
Version: 10.0.19041.844

Abbild wird bereitgestellt
[=====100.0%=====]
Der Vorgang wurde erfolgreich beendet.

C:\Windows\system32>Dism /Image:H:\Mount /Add-Driver /Driver:K:\Treiber /Recurse
Tool zur Imageverwaltung für die Bereitstellung
Version: 10.0.19041.844

Abbildungsversion: 10.0.22621.1702

Searching for driver packages to install...
Found 3 driver package(s) to install.
Installing 1 of 3 - oem0.inf: The driver package was successfully installed.
Installing 2 of 3 - oem1.inf: The driver package was successfully installed.
Installing 3 of 3 - oem2.inf: The driver package was successfully installed.
Der Vorgang wurde erfolgreich beendet.

C:\Windows\system32>Dism /UnMount-Image /MountDir:H:\Mount /Commit
Tool zur Imageverwaltung für die Bereitstellung
Version: 10.0.19041.844

Abbild wird gespeichert
[=====100.0%=====]
Bereitstellung des Abbilds wird aufgehoben
[=====100.0%=====]
Der Vorgang wurde erfolgreich beendet.
  
```

Mit drei Kommandozeilenbefehlen lässt sich ein Treiber dauerhaft in den Setup-Stick einbauen.

von Haus aus dabei, aber nicht für sämtliche Hardware, die jemals erschienen ist, sondern nur für jene Hardware, die Microsoft für den Betrieb von PE für erforderlich hält (Drucker, Webcam & Co. also eher nicht).

Microsoft entwickelt nicht nur die Desktop-Version von Windows ständig weiter und versorgt sie mit weiteren Treibern für neu erschienene Hardware, sondern auch PE. Sprich: je neuer PE, umso größer die Wahrscheinlichkeit, dass das Erkennen des Ziellaufwerks klappt. Womöglich erledigt sich Ihr Problem mit dem fehlenden Treiber also, wenn Sie PE aktualisieren. Eine Garantie dafür gibt es zwar nicht, aber einen Versuch ist es wert, allein schon, weil das noch einen weiteren Vorteil hat: Bei der Gelegenheit wird auch das aktualisiert, was das Setup-Programm auf die Festplatte/SSD installiert, die frische Installation braucht also anschließend weniger Updates und Upgrades nachzuinstallieren.

Um Ihren Stick zu aktualisieren, laden Sie von Microsofts Website die aktuelle Version des Media Creation Tool herunter und richten den Stick damit neu ein. Auch hier gilt: Verzichten Sie auf eine Google-Suche. Besuchen Sie stattdessen unsere Website ct.de/yw7y und verwenden Sie die dort hinterlegten Links. So stellen Sie sicher, die richtige Version des MCT zu er-

wischen (es gibt verschiedene je nach Windows-Version). Probieren Sie nach dem Neueinrichten des Sticks, ob das Laufwerk nun erkannt wird.

Treiber-Impfung 2: Boot.wim

Hilft das Aktualisieren von PE per MCT nicht, können Sie den Treiber auch von Hand dauerhaft einimpfen. Das ist allerdings mit länglichen Kommandozeilenbefehlen verbunden. Das nötige Werkzeug DISM steckt von Haus aus in Windows. Die Abkürzung DISM steht für „Deployment Image Servicing and Management“, Microsoft übersetzt das als „Tool zur Imageverwaltung für die Bereitstellung“. Eine detaillierte Einführung haben wir in [1] veröffentlicht.

Was genau ist zu tun? Windows PE steckt auf dem Stick im Ordner Sources in einer Datei namens Boot.wim. Zum Bearbeiten brauchen Sie einen funktionierenden Windows-PC. Sie starten diesen, stöpseln den Stick an, entpacken die Datei Boot.wim auf den internen Datenträger, ergänzen den Treiber und packen die Datei wieder ein.

Das Nachfolgende geht davon aus, dass der Treiber auf dem Stick in einem Ordner namens „Treiber“ liegt. Beachten Sie, dass die Befehle alles in einem Rutsch in die Boot.wim einbauen, was an Treibern in diesem Ordner steckt. Sie sollten

der Versuchung widerstehen, dabei mit der Gießkanne vorzugehen. Bauen Sie stattdessen nur jene Treiber ein, die Sie während der Installation unbedingt brauchen.

Treiber nur sparsam nachzurüsten ist dabei keineswegs Kosmetik: Wenn Sie PE booten, landet es während der Laufzeit komplett(!) in einer RAM-Disk, also im Arbeitsspeicher. Je mehr Platz PE belegt, umso mehr RAM muss daher im Computer eingebaut sein, damit das Booten klappt. Und jeder zusätzliche Treiber vergrößert den Platzbedarf. Anders formuliert: Je mehr Treiber Sie in PE einbauen, umso mehr RAM muss im Computer stecken, damit PE noch bootet.

Die nachfolgenden Befehle entpacken die Boot.wim vom Stick K: in den Ordner H:\Mount. Laufwerksbuchstabe und Ordnername müssen Sie gegebenenfalls anpassen. Der Ordner muss existieren, aber leer sein. Die Befehle sind jeweils in einer Zeile in einer mit Administratorrechten laufenden Eingabeaufforderung

oder PowerShell einzugeben. Los geht es mit dem Entpacken:

```
Dism /Mount-Image ↴
  ↵/ImageFile:K:\Sources\Boot.wim ↴
  ↵/Index:2 /MountDir:H:\Mount
```

Für die Erklärung der DISM-Optionen sei erneut auf [1] verwiesen. Hinweis für Kenner: Die Index-Nummer „2“ ist kein Tippfehler, denn bei MCT-Sticks enthält die Boot.wim stets zwei Images, und das zweite ist das mit dem Setup-Programm. Das erste Image ist bloß eine Basisversion von PE ohne Setup.exe.

Der zweite Befehl ergänzt alle Treiber, die im Ordner K:\Treiber liegen:

```
Dism /Image:H:\Mount /Add-Driver ↴
  ↵/Driver:K:\Treiber /Recurse
```

Der dritte Befehl packt das Ganze wieder ein:

```
Dism /UnMount-Image ↴
  ↵/MountDir:H:\Mount /Commit
```

Sollte etwas schiefgegangen sein, können Sie beim Einpacken am Ende /Commit durch /Discard ersetzen, dann verwirft DISM beim Einpacken alle Änderungen.

Nach dem Einpacken sind die neuen Treiber integriert.

Fertig

Sie haben nun einen Setup-Stick mitsamt Treiber für das Ziellaufwerk, Sie können dem Setup-Programm also endlich mitteilen, wohin es Windows installieren soll.

Nur in einem Fall hilft der Treiber nicht weiter: wenn das Setup-Programm stattdessen über die Hardware stolpert. Dazu mehr im nachfolgenden Beitrag.

(axv@ct.de) 

Literatur

[1] Axel Vahldiek, Strippenzieher, Tipps zum Bearbeiten von Windows-Images mit DISM, c't 24/2020, S. 156

Media Creation Toolkit: ct.de/yw7y

Die Oracle
Anwenderkonferenz

DOAG Konferenz + Ausstellung 2023
21.-24. November in Nürnberg

Deep Dives am Thementag

Development & Middleware

Data Analytics & KI

Strategie & Softskills

Datenbank & Infrastruktur

INKLUSIVE
KI Navigator 2023
Konferenz zur Praxis der KI
in IT, Wirtschaft und Gesellschaft
ki-navigator.doag.org

Early Bird bis zum
29. September

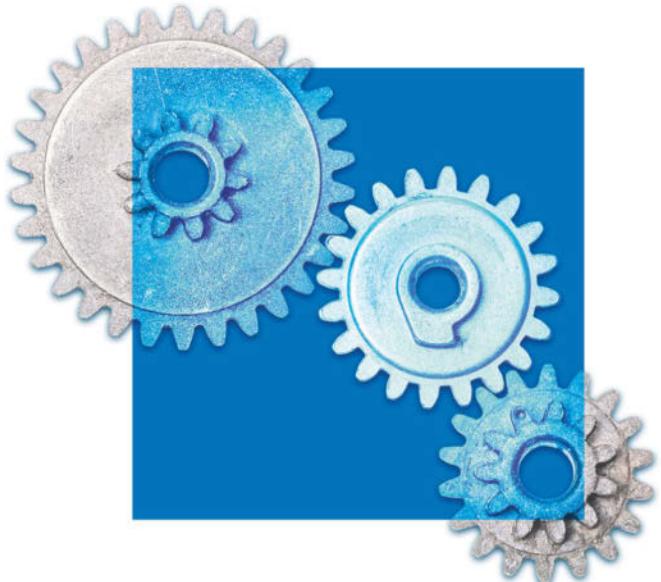
Eventpartner: **AOU** AUSTRIAN ORACLE USER GROUP **SOUG** SWISS ORACLE USER GROUP

anwenderkonferenz.doag.org

Anschlusshilfe

Windows-Setup: Probleme mit Datenträgern lösen

Wenn das Windows-Setup das vorgesehene Zielaufwerk nicht erkennen will, kann das viele verschiedene Ursachen haben. Systematische Fehlersuche führt häufig zum Ziel.



Von Lutz Labs

Windows-Setup starten und nach ein paar Klicks bootet das Betriebssystem – so einfach könnte es sein. Aber das klappt nicht immer. Manchmal fehlt ein Treiber, eine Einstellung im BIOS-Setup passt nicht oder ein Hardware-Problem behindert die Installation. Vielleicht will Windows die SSD auch deshalb nicht nutzen, weil ein unbekanntes Dateisystem darauf ist oder weil sie schlachtweg defekt ist.

Wir haben in diesem Artikel eine Reihe typischer Pannen zusammengestellt, die die Windows- oder Linux-Installation verhindern. Im Folgenden reden wir übrigens immer von einer Installation auf einer SSD, denn es gibt kaum noch einen Grund, ein Betriebssystem auf einer Festplatte zu installieren.

Jemand da?

Zunächst zu den Basics: Steckt überhaupt eine SSD im Rechner? Sind Strom- und Datenkabel angeschlossen? Funktioniert die SSD überhaupt, beispielsweise in einem anderen Rechner oder über einen USB-Adapter?

Falls es sich um eine SATA-SSD handelt, kann der Austausch des Datenkabels helfen, aber auch am Stromanschluss lautet Ungemach: In unserem Fundus befinden sich einige Laufwerke, deren Stromanschlüsse Schmauchspuren aufweisen; selbst wenn sie noch funktionieren, sollte man sie aufgrund der Brandgefahr besser nicht mehr verwenden.

Gängige M.2-SSDs sind 22 Millimeter breit und 80 Millimeter lang, die Bezeich-

nung dafür lautet M.2-2280. Sie werden im M.2-Slot mit einer Schraube am Ende fixiert, in den meisten Fällen sitzt die zugehörige Gewindehülse bereits an der richtigen Position. Falls die SSD jedoch irgendwie schräg über dem Mainboard hängt, schauen Sie mal, ob die Hülse nicht etwa unter der SSD klemmt und Kurzschlüsse verursacht.

Noch ein Hinweis zu M.2-SSDs: Es gibt sie mit SATA- und mit PCIe-Controller. In vielen Mainboards laufen beide Versionen, doch nicht in allen. Ein falscher Anschluss passt auch mit Gewalt nicht hinreichend und die SSD funktioniert dann auch nicht. Schauen Sie vor dem Kauf einer neuen SSD sicherheitshalber ins Handbuch – wenn das nicht mehr auffindbar ist, hilft das Internet weiter: Der Name des Mainboards ist meistens darauf aufgedruckt; tippen Sie ihn einfach in eine Suchmaschine ein.

BIOS-Kapriolen

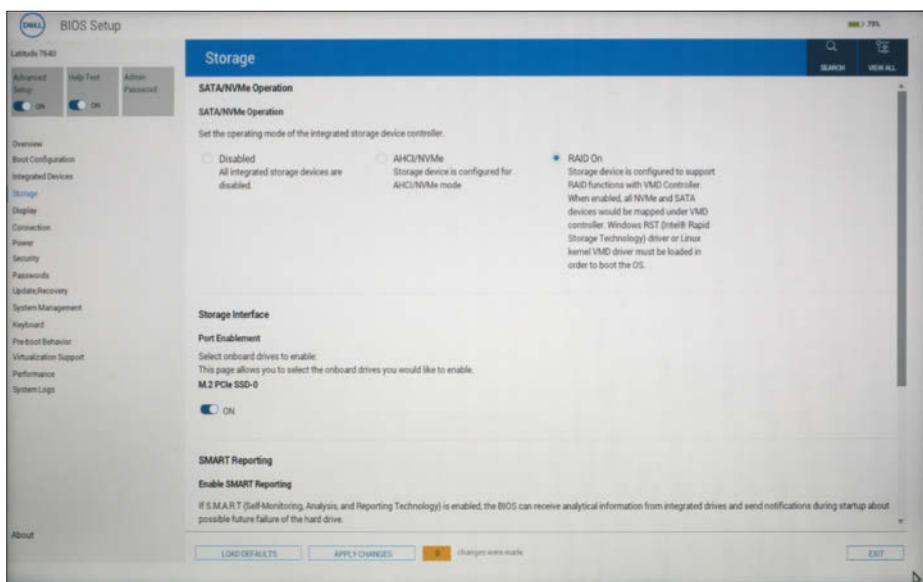
Nun geht es im BIOS-Setup weiter. Starten Sie den Rechner und springen Sie mit den Funktionstasten F2 oder F10 ins BIOS, oft klappt es auch mit der Entf- oder der Esc-Taste.

Das BIOS-Setup zeigt erkannte Laufwerke an. Haben Sie eine PCIe-SSD eingebaut, die nicht angezeigt wird, haben Sie möglicherweise ein modernes Notebook: Dell etwa versteckt PCIe-SSDs hinter Intels VMD-Controller (Volume Management Device). Mit dem Setup vom Dell-Image klappt die Windows-Installation, weil der passende Treiber bereits eingebunden ist – nicht aber mit einem Windows von der Stange oder unserem Notfall-Windows [1]. Die Installation funktioniert dann über das Einbinden des passenden Treibers bei der Installation oder die Integration in das Image; beides beschreiben wir im vorangehenden Artikel auf Seite 66. Das Problem tritt bei Windows 10 auf, bei Windows 11 wahrscheinlich auch – laden Sie zur Sicherheit immer ein frisches Installations-Image herunter.

Bei SATA-SSDs lauern andere Stolperfallen: Vor allem günstige Prozessoren haben so wenige PCIe-Lanes, dass die vorhandenen Peripheriegeräte sich um sie streiten müssen. Dann teilen sich beispielsweise die SATA-Anschlüsse 5 und 6 die Lanes mit einem belegten M.2-SSD-Slot oder einer PCIe-Karte. Die konkrete Beschaltung verrät das Mainboard-Hand-

Ein Laufwerk mit solchen Schmauchsputren gehört in den Elektroschrott. Zum sicheren Löschen der persönlichen Daten eignen sich wohl am besten Blechscheren und Hammer.





In diesem BIOS-Setup versteckt Dell die PCIe-SSD hinter Intels VMD-Controller. Ohne passenden Treiber klappt es nicht mit der Windows-Installation.

buch. Falls ein SATA-Laufwerk nicht erscheint, versuchen Sie es mit einem anderen Anschluss. Und schauen Sie zur Sicherheit nach, ob der SATA-Controller überhaupt im BIOS-Setup aktiviert ist.

Die Flexibilität der Beschaltung von PCIe-Lanes und SATA-Ports verwirrt und manchmal braucht man Hintergrundwissen für die Fehlersuche: Der erste M.2-Slot auf einem Mainboard mit B560-Chipsatz etwa lässt sich nur mit einer Intel-CPU der elften Generation nutzen, die CPUs der zehnten Generation führen einfach zu wenigen PCIe-Lanes heraus – der Slot liegt brach.

Wenn die SSD im BIOS-Setup auftaucht, das Windows-Setup sie aber immer noch nicht nutzen möchte, liegt das vielleicht an einer alten Linux-Installation:

Wenn das Windows-Setup nicht ausreichend freien Platz findet oder das Dateisystem nicht kennt, dann will es die möglicherweise vorhandenen Daten sicherheitshalber nicht löschen. Am einfachsten versetzen Sie solche SSDs über das BIOS-Setup in den Ursprungszustand. Das AMI-BIOS etwa bietet dazu im Tools-Bereich den Punkt „Secure Erase“ an – spätestens jetzt sollten alle nicht benötigten Laufwerke ausgebaut sein, damit Sie nicht das falsche auswählen. Denn die Daten sind nach dem sicheren Löschen definitiv weg. Falls das Board das sichere Löschen nicht beherrscht, können Sie störende Partitionen unter einem laufenden Windows oder sogar aus dem Windows-Setup heraus mit dem Microsoft-Tool diskpart beseitigen [2].

Geht doch (nicht)

Wenn sich die SSD dennoch nicht im Windows-Setup zeigen sollte, dann ist sie womöglich einfach kaputt. Unter Speicherexperten geht der Witz um, dass es nur zwei Typen von Laufwerken gebe: solche, die bereits ausgefallen sind, und solche, die noch ausfallen werden.

Vor der Verwendung zickender Laufwerke für wichtige Daten möchten wir an dieser Stelle noch einmal abraten; zumindest sollten Sie regelmäßig eine Sicherung erstellen – aber das gilt natürlich auch für neue Laufwerke.

(ll@ct.de) ct

Literatur

- [1] c't-Notfall-Windows 2023: heise.de/-7346497
- [2] Axel Vahldiek, Tipp-Schnippler, Partitionieren mit Windows-Bordmitteln – Teil 2: Diskpart, c't 3/2018, S. 144



SATA-SSDs im M.2-Format (links) haben zwei Kerben, schnelle PCIe-SSDs erkennt man an der einzelnen Kerbe. Meistens passen beide Versionen in die Slots, aber nicht immer.

Jetzt gibt's eine aufs Dach!

SOLARSTROM-GUIDE
Kleine Photovoltaik-Anlagen planen und aufbauen

Das eigene Balkonkraftwerk
Wechselrichter, Module und Befestigungen organisieren
Technik, Anmeldungen und Regulatoren durchschauen

Ertrag und Verbrauch im Blick
Mit und ohne Smart Meter Leistung beobachten,
erfassen und auswerten

Heft + PDF mit 26 % Rabatt

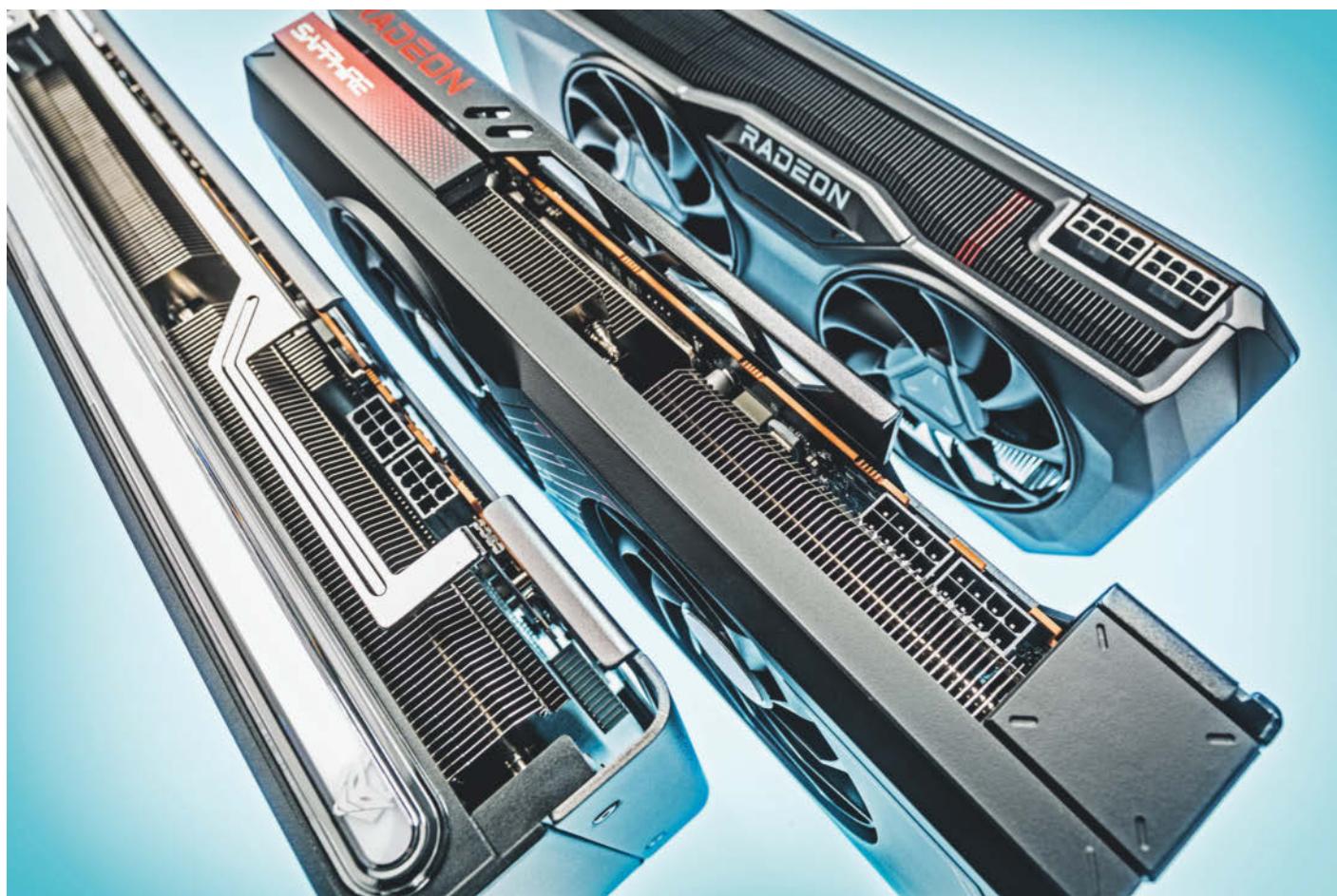
So kann jeder Stromkosten senken

Jetzt gibt's eine aufs Dach!

- So kann jeder Stromkosten senken
- Das eigene Balkonkraftwerk
- Mikrowechselrichter kaufen und einsetzen
- Photovoltaik für alle
- Ertrag und Verbrauch im Blick
- Auch als Angebots-Paket Heft + PDF + Buch „Photovoltaik – Grundlagen, Planung, Betrieb“ erhältlich!

Heft für 19,90 € • PDF für 16,90 € • Bundle Heft + PDF 26,90 €

shop.heise.de/ct-solarstromguide23



Kleine Dickschiffe

AMD Radeon RX 7700 XT und RX 7800 XT im Test

AMDs neue Radeon RX 7700 XT und 7800 XT sorgen für flüssiges Spielvergnügen auch in WQHD-Auflösung. Aber reicht das, um gegenüber Nvidias GeForce-RTX-Aufgebot zu bestehen?

Von Carsten Spille

AMDS neueste Oberklassegrafikkarten, die Radeon RX 7800 XT und RX 7700 XT, komplettieren die RDNA3-Modellreihe. Das schwächere Modell 7700 XT gibt es ausschließlich von den Board-Partnern ab rund 490 Euro, und die schnellere Radeon RX 7800 XT kommt auch von AMD direkt in dezent-schwarzer Referenzausführung ab 550 Euro. Wem diese Preisklasse zu hoch ist, der findet in der Übersicht ab Seite 98 günstigere, aber schwächere Alternativen.

Mit 12 GByte Grafikspeicher soll die Radeon RX 7700 XT die GeForce RTX 4060 Ti von Nvidia unter Druck setzen: Die meisten günstigeren Versionen der RTX 4060 Ti haben nur 8 GByte Speicher, erst seit einer Last-Minute-Preissenkung

sind die 16-GByte-Varianten ab rund 460 Euro zu haben. Die Radeon RX 7800 XT für 550 Euro muss sich mit Nvidias teurerer GeForce RTX 4070 messen und hat ihr auf dem Papier mit 16 zu 12 GByte schon mal ein dickeres Speicherpolster voraus. AMD will Kunden die Grafikkarten überdies mit einem „Starfield“-Spielebundle schmackhaft machen. Mit ihren großen Speichern sind die Karten nicht nur attraktiv für Spieler, sondern eignen sich auch für KI-Experimente – dazu bald mehr in der c't.

Die neuen Radeon-Grafikkarten sind wie alle RDNA3-Modelle zu DirectX 12 Ultimate samt DirectML sowie zu Vulkan, OpenCL und OpenGL kompatibel. Auch Raytracing beherrschen sie in der Hardware. Die Display-Engine bietet Display-



AMD Radeon RX 7800 XT

Anders als von der Radeon RX 7700 XT verkauft AMD von der 7800er ein eigenes Referenzmodell. Die Leistung genügt für flüssiges Spielen auch optisch anspruchsvollerer Titel in WQHD-Auflösung. Schaltet man alle Raytracing-Effekte zu, wird es im Einzelfall aber bereits knapp. Mit 16 GByte ist das Speicherpolster dick genug für die nächsten Jahre.

Die schlicht gestylte Karte ist einigermaßen kurz, die Lüfter ragen allerdings über den zweiten Slot hinaus und blockieren so einen Extra-Steckplatz. Um die gemessenen rund 250 Watt wegzupesten, müssen sie ganz schön aufdrehen und stechen dann mit 2,3 sone Lautheit störend heraus. Im Leerlauf halten sie an, die Karte zieht an einem 4K-Display rund 9 Watt.

- ⬆️ genug Leistung für WHQD
- ⬇️ dickes Speicherpolster
- ⬇️ lauter Kühler

Preis: circa 550 Euro



Sapphire Nitro+ Radeon RX 7800 XT

Die Nitro+ hat dank voreingestelltem OC-BIOS ein paar Reserven mehr. Die wenige Zusatz-fps im Vergleich zur Referenzkarte kann man messen, aber kaum spüren. Dafür schafft Sapphire es, selbst die entstehende Extrahitze mit dem ausladenden ARGB-beleuchteten Kühler angenehm ruhig wegzufächeln, mit sekundärem BIOS ohne OC hört man die Karte kaum. Wer mag, schaltet komfortabel per Trixx-Software zwischen den BIOS-Profilen um, ohne dabei in den Rechner langen zu müssen.

Anders als die Referenzkarte montiert Sapphire je zwei DisplayPorts und HDMI-Anschlüsse und legt eine Stützschiene bei, um die schwere Karte im Steckplatz zu stabilisieren.

- ⬆️ schnellste Karte im Test
- ⬇️ leiser Kühler
- ⬇️ erhöhter Stromdurst

Preis: circa 620 Euro



Sapphire Pulse Radeon RX 7700 XT

Die einzige RX-7700-XT-Vertreterin ist je nach Spiel rund 10 bis 15 Prozent langsamer als ihre größeren Geschwister, spart dabei aber nur circa 5 Prozent elektrische Leistung ein. Dafür gibt es sie bereits für weniger als 500 Euro. Die ragt, wie die beiden anderen Modelle, über den zweiten Slot hinaus, ist also kein echtes Dual-Slot-Modell.

Dem Kühler hätte ein dritter Lüfter gutgetan, so müssen sich die beiden im Leerlauf stillstehenden 95-Millimeter-Gebläse ordentlich abmühen. Sie erzeugen unter Volllast bis zu 1,6 sone, die man aus dem Gehäuse durchaus heraushört. Anstelle von drei DisplayPorts und einmal HDMI gibt es hier je zwei Anschlüsse.

- ⬆️ gute Performance
- ⬇️ Kühler könnte leiser sein
- ⬇️ hohe Lastspitzen

Preis: circa 490 Euro

port 2.1 und HDMI 2.1, sodass hohe Refreshraten in Auflösungen jenseits von 4K auch ohne Farbkomprimierung möglich sind. Damit schaffen sie zum Beispiel etwa viermal 4K144 oder einmal 8K165, wenn es denn endlich mal entsprechende Bildschirme gibt. Auch die Videohardware ist auf dem aktuellen Stand der Technik; die De- und Encoder unterstützen außer H.265 und VP9 auch das moderne, lizenzierte AV1.

Neues RDNA3-Technikpaket

Die beiden neuen Karten sortieren sich leistungsmäßig deutlich unter den High-End-Modellen Radeon RX 7900 (XTX) ein. Bei allen setzt AMD Chiplet-Technik ein. Das Graphics Compute Die (GCD)

stellt TSMC in moderner 5-Nanometer-Technik her, die flankierenden bis zu vier Memory Cache Dies (MCDs) in billigerer 6-Nanometer-Fertigung. Das GCD enthält 60 Compute Units, die bei der 7800 XT aktiv sind. Bei der RX 7700 XT schaltet AMD nur 54 davon frei. Zusammen mit den etwas höheren Nominaltaktfrequenzen der RX7700 XT ergibt sich so ein dicht zusammenliegendes Leistungsbild. Nicht einmal 10 Prozent Rechenleistung trennen die beiden neuen Karten voneinander. Zur GeForce RTX 4060 Ti hat die Radeon RX 7700 XT auf dem Papier einen Vorsprung von rund 33 Prozent und erreicht knapp die RTX 4070. Die RX 7800 XT hat auf diese folglich auch nur einen Vorsprung von 10 Prozent. Genauso wie die

Speicherschnittstelle schrumpft auch der Last-Level-Cache von 7800 zu 7700 XT um ein Viertel von 64 auf 48 MByte und fällt damit wesentlich kleiner aus als in der Vorgängergeneration 6700. Mit drei aktiven MCDs kommt aber selbst die kleine Radeon-Variante noch auf 192 parallele Datenleitungen zum Speicher und erreicht eine Transferrate von 432 GByte/s - 50 Prozent mehr als die RTX 4060 Ti. Die RX 7800 XT kommt gegenüber der RTX 4070 auf knapp 24 Prozent mehr Speichertransferrate.

Gaming- und Renderleistung

In Spielen schaffen beide Radeon-Karten ruckfreie Darstellung bis zur WQHD-Auflösung mit 2560 × 1440 Pixeln. Der Ab-



Im Action-Adventure Hogwarts Legacy schnauft selbst die Radeon RX 7800 XT, wenn sie volle Details in WQHD-Auflösung bringen muss (35 fps Durchschnitt). Ohne Raytracing sind es schon knapp 80 fps und selbst in Ultra HD noch 51 Bilder pro Sekunde.

stand zwischen ihnen ist dabei etwas größer, als es die lediglich 10 Prozent Unterschied bei der Chiprechenleistung vermuten ließen. In unserer sehr anspruchsvollen Testszene aus „A Plague Tale: Requiem“ etwa kommt die RX 7800 XT knapp an die 60-fps-Marke heran, die RX 7700 XT bleibt knapp unter 50 Bildern pro Sekunde. Auch für Raytracing sind die Karten gut gerüstet, brechen hier aber bei den

Bildraten deutlich ein. Das gut optimierte „Metro Exodus Enhanced Edition“ schaffen beide mit deutlich über 60 fps, ebenso das ältere „Shadow of the Tomb Raider“. Das Formel-1-Rennspiel „F1 22“ schaffen sie mit um die 50 fps – die RX 7700 XT erreichte 48 fps, die RX 7800 XT 53 fps. Im eher gemächlichen Mystery-Shooter „Control“ muss man sich mit Durchschnittsbildraten um die 40 zufriedenge-

ben, während einzelne Abschnitte auch Richtung 30 fps sinken.

Das prachtvolle „Cyberpunk 2077“ in Ultra-Raytracing-Detailstufe, aber ohne noch forderndere Pathtracing-Einstellung, zwingt hingegen beide in den unspielbaren Bereich knapp über 20 Bilder pro Sekunde. Reserven für 4K-Auflösung bleiben bei einigen Spielen durchaus, sofern diese entweder auf Raytracing oder die höchste Detailstufe verzichten.

Vergleicht man die RX 7800 XT mit der Konkurrenz und der Vorgängergeneration, so liegt sie bei moderneren Spielen oder beim Einsatz von Raytracing zum Teil deutlich vor der RX 6800 XT, die nur in F1 22 oder Shadow of the Tomb Raider ohne RT-Einsatz gut mithält. Gegenüber der teureren GeForce RTX 4070 liegt die RX 7800 XT meist ein wenig zurück, steckt die günstigere RTX 4060 Ti aber deutlich in die Tasche. Die Radeon RX 7700 XT kommt gegen Nvidias RTX 4060 Ti mit 8 GByte gut zurecht. In konventionellen Spielen ist sie meist fühlbar flotter unterwegs, so etwa in „A Plague Tale: Requiem“ mit 49 zu 40 Durchschnitts-fps und kommt auch in der GeForce-Domäne Raytracing auf dasselbe Leistungs niveau – ein bis zwei fps hin oder her.

Im 3D-Rendering-Programm Blender, das seit Version 3.6 auch offiziell

Gaminggrafikkarten der Oberklasse

Hersteller, URL	AMD, amd.com/de	Sapphire , sapphiretech.com/de-de	Sapphire , sapphiretech.com/de-de
Modell	Radeon RX 7800 XT	Nitro+ Radeon RX 7800 XT (11330-01-20G)	Pulse Radeon RX 7700 XT (11335-04-20G)
GPU / Fertigung / Transistoren	Navi 32 XTX / TSMC N5 (GCD) & N6 (MCDs) / 28,1 Mrd.	Navi 32 XTX / TSMC N5 (GCD) & N6 (MCDs) / 28,1 Mrd.	Navi 32 XL / TSMC N5 (GCD) & N6 (MCDs) / 28,1 Mrd.
BIOS-Version / UEFI-tauglich	022.002.001.019.000001 / ✓	022.002.001.019.000001 / ✓	022.002.001.019.000001 / ✓
Shader / TMU / ROP / RT / Tensor	3840 / 240 / 96 / ✓ ¹ / ✓ ¹	3840 / 240 / 96 / ✓ ¹ / ✓ ¹	3456 / 216 / 96 / ✓ ¹ / ✓ ¹
GPU-Takt: Basis / Game / Boost	1295 / 2124 / 2430 MHz	1624 / 2254 / 2565 MHz ⁴	1435 / 2171 / 2544 MHz
Rechenleistung ² FP32 / FP16 / FP64	65,2 / 32,6 / 0,51 TFlops	69,2 / 34,6 / 0,54 TFlops ⁴	60,0 / 30,0 / 0,47 TFlops
Last-Level-Cache	65.536 kByte (Infinity-Cache)	65.536 kByte (Infinity-Cache)	49.152 kByte (Infinity-Cache)
Speichergröße / -typ (-durchsatz)	16 GByte GDDR6 (624 GByte/s)	16 GByte GDDR6 (624 GByte/s)	12 GByte GDDR6 (432 GByte/s)
TDP ³ / Stromversorgung / PCIe	263 W / 2 × 8-Pin / PCIe 4.0 x16	288 W ⁴ / 2 × 8-Pin / PCIe 4.0 x16	245 W / 2 × 8-Pin / PCIe 4.0 x16
Länge × Höhe × Breite / Gewicht	270 mm × 110 mm × 50mm / 1116 g	322 mm × 132 mm × 60 mm / 1610 g	282 mm × 129 mm × 50 mm / 1012 g
Ausstattung			
Displayausgänge	3 × DP 2.1, 1 × HDMI 2.1a	2 × DP 2.1, 2 × HDMI 2.1a	2 × DP 2.1, 2 × HDMI 2.1a
Lüfter / Stillstand im Leerlauf	2 × 85 mm / ✓	3 × 95mm / ✓	2 × 95mm / ✓
Besonderheiten	Backplate (Metall)	Backplate (Metall), Stützstrebe	Backplate (Metall)
Technische Prüfungen			
3DMark Fire Strike Extreme / Time Spy / Port Royal	37.308 / 17.276 / 10.371 Punkte	38.460 / 17.870 / 10.763 Punkte ⁴	34.337 / 15.539 / 8895 Punkte
Blender 3.6. LTS „Classroom“-Szene	31,8 s / 27,2 s (HIP / HIP+RT)	31,2 s / 27,2 s (HIP / HIP+RT) ⁴	36,7 s / 31,4 s (HIP / HIP+RT)
Leistungsaufnahme ⁵ Leerlauf / 3D / Peak	9 (12 / 15) / 248 / 417 W	16 (20 / 59) / 283 / 427 ⁴	8 (11 / 42) / 235 / 407 W
Lautheit 2D / 3D	<0,1 / 2,3 sone	<0,1 / 0,7 sone ⁴	<0,1 / 1,6 sone
Bewertungen			
3D-Leistung FHD / WQHD / UHQ (mit RT) ⁶	⊕⊕ (⊕⊕) / ⊕⊕ (⊕) / ○ (⊖)	⊕⊕ (⊕⊕) / ⊕⊕ (⊕) / ○ (⊖)	⊕⊕ (⊕⊕) / ⊕ (⊖) / ○ (⊖)
Geräuschentwicklung Leerlauf / Last	⊕⊕ / ⊖⊖	⊕⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊖
Straßenpreis / Garantie	550 € / 2 Jahre	620 € / 2 Jahre	490 € / 3 Jahre

¹ bei AMD AI-Beschleuniger genannt, nicht direkt vergleichbar mit Nvidias Tensorkernen ² mit Game-Takt unter Last: 0,3 sone ³ ruhender Windows-Desktop mit einem 4K60-Monitor (1 × 4K120 / 1 × 4K60 + 3 × FHD60) / Mittelwert im 3DMark 11 GT1 / kurzzeitig auftretende Spitzenwerte ⁴ bezogen auf die gewählten Einstellungen ⁵ sehr gut ⁶ gut ⁷ zufriedenstellend ⁸ schlecht ⁹ sehr schlecht ¹⁰ funktioniert ¹¹ funktioniert nicht ¹² n. v. nicht vorhanden ¹³ k.A. keine Angabe

AMDs Raytracing-Kerne unterstützt, sieht die Sache speziell gegenüber den Vorgängern allerdings etwas anders aus. Selbst die übertaktete RX 7800 XT Nitro+ ist nur in der Classroom-Szene mit RT-Einsatz einen Tick schneller. In unseren restlichen drei Szenen, die allesamt deutlich aufwendiger sind, liegt sie bis zu 10 Prozent zurück. Möglicherweise rächt sich hier der verkleinerte Last-Level-Cache.

Der Vergleich RX 7700 XT gegen die RX 6800 fällt besser für den Neuling aus. Nur in der Benchmark-Szene Gooseberry muss die neuere der älteren Radeon den

Vortritt lassen. Gegenüber Nvidias GeForce-Garde liegen die Navi-32-Radeons in Blender jedoch deutlich zurück. Speziell wenn das optimierte Optix-Backend gegen die noch relativ frische Hip+RT-Implementierung für die Radeons antritt, versagt sogar die RTX 4060 Ti die RX 7800 XT, mit CUDA versus HIP reicht es immerhin zu einem knappen Sieg der teureren Radeon über die günstigere GeForce.

Fazit

Die beiden Radeon-Modelle schlagen sich gegenüber Nvidias GeForce-Karten der

Baureihen RTX 4060 Ti und RTX 4070 sehr ordentlich, sowohl was den Preis als auch was die Leistung angeht. Anders als Nvidia hat AMD den Speicher vernünftig dimensioniert – die schnellere Karte hat hier mehr Grafikspeicher –, sodass man auch künftigen Speicherfresserspielen gelassen entgegensehen kann. Die Leistungsaufnahme im Leerlauf an High-Refresh-Bildschirmen bekommt AMD offenbar zunehmend besser in den Griff. Der Stromdurst unter Last ist allerdings deutlich höher als bei vergleichbaren Nvidia-Karten.

(csp@ct.de) ct

Spieleleistung in WQHD und Ultra HD

Grafikkarte	A Plague Tale: Requiem ¹ [fps]	F1 22 ² [fps]	F1 22 (RT) ³ [fps]	Shadow of the Tomb Raider ⁴ [fps]	Shadow of the Tomb Raider (RT) ⁵ [fps]	Metro Exodus Enhanced (RT) ⁶ [fps]	Control (RT) ⁷ [fps]	Cyberpunk 2077 (RT) ⁸ [fps]
besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►
Bildschirmauflösung Full HD (1920 × 1080)								
GeForce RTX 4070 Ti	69/85	188/298	94/126	140/237	110/180	61/125	85/107	61/73
Radeon RX 7800 XT	68/84	205/294	66/84	146/221	88/136	64/105	60/74	32/39
GeForce RTX 4070	67/80	167/264	85/103	135/216	109/161	55/108	72/86	49/57
Radeon RX 7700 XT	62/75	183/252	60/76	143/195	79/119	58/93	51/62	27/33
Radeon RX 6800 XT	55/69	207/308	68/81	148/225	91/138	63/101	57/70	28/35
Geforce RTX 2080 Ti	49/63	161/222	68/76	116/173	80/115	49/87	48/64	33/41
Geforce RTX 4060 Ti	51/62	147/223	70/78	132/183	79/119	44/83	51/61	36/44
Geforce RTX 3070	51/62	164/222	67/76	129/177	77/114	46/79	54/64	37/43
GeForce RTX 2070	35/43	122/154	41/47	87/121	54/77	34/56	34/41	22/26
Radeon RX Vega 64	28/34	67/82	0/0	75/100	0/0	0/0	0/0	0/0
Bildschirmauflösung WQHD (2560 × 1440)								
GeForce RTX 4070 Ti	55/67	158/222	73/82	138/199	97/133	57/100	57/66	39/45
Radeon RX 7800 XT	57/57	162/215	43/53	121/155	63/94	53/78	37/45	20/24
GeForce RTX 4070	44/55	147/201	58/64	127/166	82/109	48/81	46/57	31/35
Radeon RX 7700 XT	40/49	138/177	38/48	105/131	54/79	46/67	32/38	18/21
Radeon RX 6800 XT	35/45	169/223	43/51	123/159	64/95	51/74	36/44	18/21
Geforce RTX 2080 Ti	33/41	129/163	42/48	92/123	60/80	43/65	32/42	22/26
Geforce RTX 4060 Ti	34/40	122/155	44/49	95/120	55/77	39/62	33/39	18/21
Bildschirmauflösung Ultra HD (3840 × 2160)								
GeForce RTX 4070 Ti	29/35	108/132	35/40	87/105	54/69	43/60	28/32	19/22
Radeon RX 7800 XT	23/29	103/124	20/26	67/81	35/49	34/45	18/22	10/12
GeForce RTX 4070	22/28	94/110	27/30	71/86	44/56	34/48	22/25	11/15
Radeon RX 7700 XT	21/25	84/98	18/22	54/64	27/39	29/37	15/19	6/7
Radeon RX 6800 XT	21/26	102/122	20/24	68/83	35/50	31/41	18/21	8/10

Angaben in Bildern pro Sekunde (fps). Dunkler Balken: P1-Perzentil, d. h. 99 Prozent der Bildrate ist höher; heller Balken: Durchschnittswert.

Gemessen auf Ryzen 9 5900X, 32 GB DDR4-3600; Windows 11 22H2, VSync aus, RX 7800 XT, 6800 XT, Vega 64: AMD Referenz; RX 7700 XT: Sapphire Pulse, RTX 4060 Ti, 2080 Ti: Founders Edition; RTX 2070: Asus ROG Strix, RTX 4070 Ti: Inno3D, RTX 3070: MSI Ventus 2X, RTX 4070: Zotac Trinity

¹ Detailstufe „Ultrahoch“, HBAO+, Raytracing aus, TAA+ FFX-Sharpen, 16:1 aniso. Filter ² s. links + RT „Hoch“ ³ „Ultrahoch“, exkl. Vollbild, DLSS aus, Anti-Aliasing: SMAA ⁴ s. links + Raytracing-Schatten „Ultrahoch“ ⁵ „Ultra“, Raytracing „High“ ⁶ „Ultra“, DLSS aus, Resolution scale: 100 %, RT aus ⁷ „High“, RT „High“ ⁸ „RT Ultra“, FSR/DLSS aus

Spielegrafikkarten mit Radeon RX 7800 XT und 7700 XT – Leistungsaufnahme und Lautheit

Grafikkarte	Lautheit		Leistungsaufnahme			
	Leerlauf [sone ¹]	3D-Vollast [sone ²]	Leerlauf [Watt ³]	3D-Dauervollast [Watt]	Spitzenwerte [Watt ⁴]	
AMD Radeon RX 7800 XT	<0,1	2,3	9/12/15 ⁵		248	417
Sapphire Radeon RX 7700 XT Pulse	<0,1	1,6	8/11/42		235	407
Sapphire Radeon RX 7800 XT Nitro+	<0,1	0,7	5/29/23		163	253

gemessen unter Windows 11 22H2, VSync aus, rBar an, geschlossenes Gehäuse

¹ im Leerlauf stehen die Lüfter still und bleiben daher unter unserer Messgrenze von 0,1 sone/ca. 17 dB(A) ² nach Aufwärmphase, RX 7800 XT Nitro+ mit sekundärem BIOS (ohne OC): 0,3 sone

³ mit 1 x UHD, 60 Hz / 1 x UHD, 120 Hz / 1 x UHD + 3 x FHD 60 Hz

⁴ Spitzenausschläge im Millisekundenbereich

⁵ mit 144 Hz: 32 Watt

E-Books im heise Shop

Jetzt viele Titel als **ePub, mobi und PDF** erhältlich.

Sofort im Zugriff, dauerhaft in Ihrem Account gespeichert.

shop.heise.de/e-books

Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abo-Neukunden oder ab einem Einkaufswert von 20 € (innerhalb Deutschlands). Nur solange der Vorrat reicht. Preisänderungen vorbehalten. E-Books können einem DRM-Schutz unterliegen.



Mit Drehring

Die Samsung Galaxy Watch 6 Classic bringt den Drehring zurück. Jede Menge Sport- und Gesundheitsfunktionen finden ihren Weg ans Handgelenk. Besonders ausdauernd ist die Uhr aber nicht.

Samsung bringt die drehbare Lünette bei der Galaxy Watch 6 Classic zurück. Die Smartwatch, die mit 43 und 47 Millimeter Durchmesser erhältlich ist, bietet damit neben dem Touchscreen und den beiden Knöpfen rechts ein weiteres Bedienelement. Die drehbare Lünette fasst das kreisrunde Display ein, was vor allem beim Scrollen enorm praktisch ist: Man blättert durch verschiedene Nachrichten und Informationen, ohne mit dem Finger den Inhalt zu verdecken.

Der Bildschirm strahlt auch in voller Sommersonne hell genug, im Taschenlampenmodus erreicht er eine maximale Helligkeit von 538 cd/m². Das ist für die kleine Fläche vollkommen ausreichend. Das Display durchmisst bei der 47-Millimeter-Variante 1,5 Zoll, bei der kleineren 1,3 Zoll. Die Ränder drumherum fallen deutlich schmäler aus als beim Vorgänger.

Mit ihrem 425-mAh-Akku hält die größere Galaxy Watch 6 Classic in unseren Tests zwei Tage ohne Aufladen durch. Dabei verzichteten wir auf Schlauftracking und zeichneten nur eine Sporteinheit von etwa einer Stunde auf. Wer seine Uhr sehr intensiv nutzt, muss früher das Ladekabel rauskramen. Verzicht verlängert die Laufzeit. Displayhelligkeit reduzieren, Always-on-Display und Pulsmessung abschalten und keine eSIM in der Uhr verwenden: All

das wirkt sich deutlich auf die Laufzeit aus, degradiert die Smartwatch aber irgendwann zum profanen Zeitmesser. Die kleinere Variante dürfte mit ihren um 125 mAh schwächeren Akku jeden Tag das Ladekabel einfordern.

Die WearOS-Smartwatch bringt jede Menge Funktionen mit: Man kann mit ihr telefonieren, Nachrichten lesen sowie beantworten und zahlreiche Gesundheitsparameter erfassen. Manche davon, etwa die Blutdruckmessung, erfordern außer der Uhr ein kompatibles Samsung-Smartphone.

Die Galaxy Watch überwacht nicht nur die Vitalwerte, sondern unterstützt auch bei zahlreichen Sportarten: Dank IP68 und erweiterter Wasserdichtigkeit bis 5 ATM darf ihr Besitzer damit auch schwimmen gehen. Die automatische Erkennung von Trainingseinheiten funktionierte im Test nicht zuverlässig; immer wieder bemerkte die Uhr viel zu spät, dass wir mit dem Training begonnen hatten.

Die Pulsmessung war im Test meist akkurat und lag nur ein bis zwei Schläge entfernt von dem, was der genauere Brustgurt meldete. Selten irritierte die Galaxy Watch mit kurzen Ausreißern, bei denen der Puls für einige Sekunden viel zu hoch angezeigt wurde. Am Ende eines Workouts waren sich die Galaxy Watch und die parallel getragene Garmin Fenix 5 mit gekoppeltem Brustgurt allerdings stets einig über die Belastungszonen und Pulskurven. Auffällig: Die GPS-Messung der Samsung-Uhr verzeichnet bei den Workouts meist zwischen drei und fünf Prozent kürzere Wege als die der Garmin. Näher an der Realität lag die Messung der Fenix 5.

Die Galaxy Watch 6 Classic ist top verarbeitet und überzeugt mit ihrem scharfen, hellen Display sowie den vielen Funktionen. Beim Akku liefert sie WearOS-Durchschnitt, also deutlich weniger als spezialisierte Fitnessuhren. Je nach Größe und Konnektivität kostet die Classic zwischen 419 und 499 Euro; eine Variante ohne Lünette gibt es ab 319 Euro. (sht@ct.de)

Samsung Galaxy Watch 6 Classic

Smartwatch

Hersteller, URL	Samsung, samsung.de
Display	1,5 Zoll, OLED, 480 × 480 Pixel
Akku	425 mAh
Konnektivität	Wi-Fi 4, NFC, Bluetooth 5.3, eSIM optional
Preis	47 mm: 449 €, 43 mm: 419 €; Aufpreis eSIM: 50 €

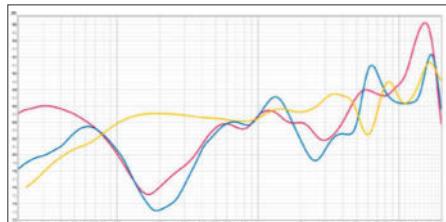


Ganz dicht

Die Jabra Elite 8 Active sind besonders widerstandsfähige In-Ears und wasserdicht gemäß IP68. Klanglich überzeugen sie mit neutraler Abstimmung.

Die Silikonummantelung der Jabra Elite 8 Active weist auf den Einsatzzweck der Kopfhörer hin: Sie sind gemäß IP68 wasser- und staubdicht und richten sich vornehmlich an Sportler. Nicht nur den IP68-Test haben sie durchlaufen, auch neun Tests der für militärische Ausrüstung entwickelten MIL-STD810H-Prüfung haben sie bestanden. Unter anderem sollen sie auch sehr hohe und niedrige Temperaturen vertragen. Ungewöhnlich: In der Jabra-Garantie sind ausdrücklich auch Staub- und Wasserschäden abgedeckt. Das Case ist gemäß IP54 spritzwassergeschützt.

Die Steuerung der In-Ears erfolgt wie gehabt bei Jabra-Kopfhörern nicht über Touch-, sondern über Druckflächen. Das funktioniert sehr intuitiv. In der zugehörigen



Die Jabra Elite 8 Active (blaue Kurve) sind recht neutral abgestimmt, während ihr teureres Schwestermodell Elite 10 (rot) Bass und Höhen stärker betont. Im Vergleich die neutral abgestimmten Sennheiser HD600 (gelb).

gen App passt man die Bedienung an die eigenen Vorstellungen an.

Jabra stattet die Elite 8 Active mit 6-mm-Treibern aus. Insgesamt spielen sie für In-Ear-Kopfhörer überraschend neutral auf – wenngleich der mittlere Bassbereich um 200 Hz im Vergleich zu unserem Referenzhörer Sennheiser HD600 stark abfällt. Die Mitten spielen die Jabras ausgewogen und betonen die Höhen nicht so stark wie das Schwestermodell Elite 10. Den Klang kann man in der Sound+-App per Equalizer anpassen. Den wuchtigen Subbass der Elite 10 erreichen die Elite 8 Active aber auch mit Bassboost nicht ganz.

Die aktive Geräuschunterdrückung arbeitet auf hohem Niveau – sofern die beigelegten Silikonstopfen den Ohrkanal luftdicht verschließen. Jabra legt drei verschiedene Größen bei. Gleichbleibende Störgeräusche dämmen die Elite 8 Active wirkungsvoll herunter. Menschliche Stimmen und plötzlich auftretende Töne kaschieren die etwas teureren Spezialisten von Apple, Bose und Sony besser. Mit den ähnlich teuren Beyerdynamic Free Byrd halten die Jabras mit, allerdings filtert die passive Dämmung der Beyerdynamic-Kopfhörer mit ihren Schaumstoffaufsätzen wirkungsvoller. Telefonaute mit den In-Ears sind für den Träger angenehmer als für das Gegenüber. Zwar übertragen die Kopfhörer die Stimme meist verständlich, jedoch wird diese Bluetooth-typisch bei 8 kHz abgeschnitten. Außerdem filtert die Geräuschunterdrückung hin und wieder nicht nur lästige Nebengeräusche, sondern auch die eigene Stimme.

Die In-Ears nehmen per Bluetooth 5.3 Verbindung auf und können diese per Multilink gleichzeitig zu zwei Zuspielern halten, verstehen sich aber lediglich auf die Codecs AAC und SBC. Ein Firmwareupdate für LC3- und LC3plus-Unterstützung hat Jabra angekündigt. Beeindruckend fällt die Laufzeit der Elite 8 Active aus: Mit aktiviertem ANC sind 12 bis 15 Stunden drin, mit Nachtanken im Case mehr als 30 Stunden. Das Case lädt per USB-C oder drahtlos. (rbr@ct.de)

Jabra Elite 8 Active

In-Ear-Kopfhörer

Hersteller, URL	Jabra, jabra.com/de
Anbindung / Codecs	Bluetooth 5.3 / AAC, SBC
Systemanf. App	ab Android 7 / iOS 15
Preis	200 €

Online-Shopping ohne Probleme: c't hilft.

Heft + PDF mit 29 % Rabatt

Ohne Reue günstig digital einkaufen und zahlen – aber sicher muss es sein. Das c't-Sonderheft gibt Rat, welches Zahlungsmittel Sie wählen sollten, um Ihr Geld zurückzubekommen und Cyberkriminellen nicht auf den Leim zu gehen.

- Die wichtigsten Regeln für den Onlinekauf
- Schützen Sie sich vor Betrug
- Kaufprobleme lösen
- Käuferschutz richtig einsetzen
- Digital bezahlen
- Auch als Heft + digitale Ausgabe mit 29 % Rabatt

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

**shop.heise.de/
ct-sicher-einkaufen23**

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.



Speicherduell

DDR4- und DDR5-RAM im Preis-Leistungs-Vergleich

Moderne Intel-Prozessoren können mit beiden geläufigen Speichertypen umgehen. Wir haben getestet, welche Anwendungen von DDR5-RAM profitieren und ob sich der Aufpreis gegenüber dem älteren DDR4 lohnt.

Von Christian Hirsch

Fürher als AMD unterstützte Intel bereits ab Herbst 2021 die aktuelle Speichergeneration DDR5. Doch solcher Speicher war anfangs nicht nur schwer erhältlich, sondern auch mehr als doppelt so teuer wie DDR4-RAM gleicher Kapazität. Deshalb fährt Intel bei den LGA1700-Prozessoren der Serien Core i-12000 und i-13000 zweigleisig. Zwar gibt es keine Mainboards, die sowohl alten als auch neuen Speicher aufnehmen, aber es besteht die Wahl, entweder

eines für DDR4- oder eines für DDR5-RAM zu kaufen.

Bei der Anschaffung eines neuen PCs stellt sich deshalb die Frage, welcher der beiden Typen der richtige ist. Zur Einführung der 12. Core-i-Generation vor anderthalb Jahren lautetet unser Fazit noch klar, dass abseits von High-End-Gaming-Systemen, bei denen Geld nur eine untergeordnete Rolle spielt, die ältere Speicher-technik aus Preis/Leistungs-Sicht die bessere Wahl darstellt. Doch gilt dieses Fazit knapp zwei Jahre später immer noch?

DDR5 im Aufwind

Eine Fortentwicklung gibt es abgesehen von teurem und wählerrischem Übertakterspeicher nur noch bei DDR5-RAM. Bei DDR4-DIMMs ist laut Spezifikation bei

einem Speichertakt von 3200 MHz Schluss, während Intel das Tempo von DDR5 von anfangs 4800er auf 5600er RAM gesteigert hat. Mit den Arrow-Lake-Prozessoren alias Core Ultra 2000 folgt nächstes Jahr wahrscheinlich der Schritt auf DDR5-6400. Das für DRAM zuständige Industriegremium JEDEC sieht zukünftige Geschwindigkeitsstufen bis DDR5-8400 vor. Des Weiteren gibt es seit einigen Monaten Module mit 24 und 48 GByte Kapazität zu kaufen, während bei ungepufferten DDR4-DIMMs maximal 32 GByte möglich sind [1].

Preiswerte LGA1700-Mainboards mit B660-Chipsatz kamen Anfang 2022 in den Handel. Von derzeit 57 auf dem deutschen Markt gelisteten Boards tragen 44 DDR4-Slots, nur 13 Steckplätze für DDR5-RAM. Bei den zum Jahresbeginn 2023 vorgestellten Hauptplatinen mit dem minimal überarbeiteten Nachfolger B760 hat sich das Verhältnis von 3:1 auf nahezu pari verschoben: 45 verwenden DDR5- und 41 DDR4-Speicher. Mainboards mit dem High-End-Chipsatz Z790 setzen sogar zu drei Vierteln auf den moderneren Typ.

Ursache für den Wandel ist unter anderem die Preisentwicklung: Anfang 2022 kosteten zwei 16-GByte-Module der Geschwindigkeitsklasse DDR5-4800 noch satte 480 Euro, wobei zum damaligen Zeitpunkt großer Chipmangel herrschte. Das betraf unter anderem Centartikel wie die Power-Management-ICs (PMICs), die auf allen DDR5-DIMMs sitzen und aus 5 Volt die verschiedenen Speicherspannungen generieren. DDR4-DIMMs hingegen bekommen ihre Betriebsspannung vom Mainboard.

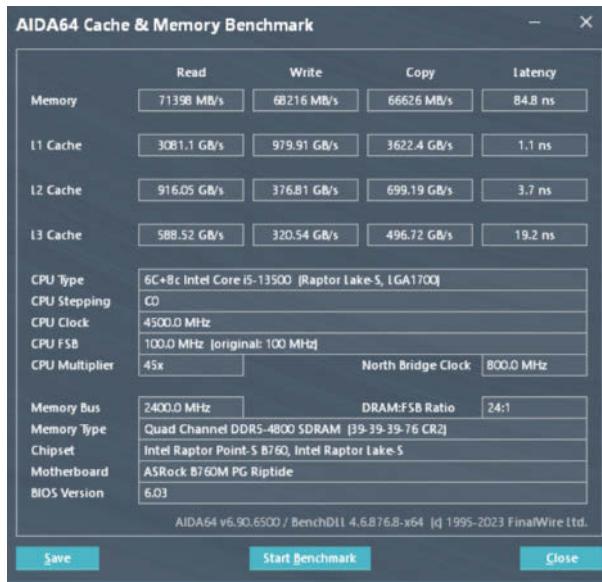
Seit Anfang 2022 ist die Nachfrage nach PC-Hardware in den Keller gerutscht, was zu einem Preisverfall geführt hat. Derzeit bezahlt man für 32 GByte DDR5-4800 nur noch 80 Euro. Im Vergleich zu DDR4-3200 gleicher Kapazität sind das nur noch 20 Euro beziehungsweise 33 Prozent Aufpreis.

Alles nichts, oder?

Für den Test haben wir zwei B760-Mainboards mit jeweils 32 GByte JEDEC-kon-

Speicher vergleich DDR4- und DDR5-RAM

Speichertyp	MLC, Durchsatz [GByte/s]	MLC, Latenz [ns]	7-Zip, komprimieren [MByte/s]	Handbrake, Video, Fast 1080p30 [fps]	Cinebench R23, Rendering [Punkte]
	besser ▶	◀ besser	besser ▶	besser ▶	besser ▶
DDR5-4800	167,9	30	78,8	86,3	17114
DDR4-3200	42,1	25	61,9	80,5	17493



DDR5-RAM liefert Daten deutlich schneller als DDR4-RAM. Jedoch profitiert nicht jede Anwendung davon.

Tomb Raider einen Bildratenunterschied von lediglich knapp zwei bis vier Prozent messen. Bei höheren Auflösungen limitiert dann außerdem zumeist die Grafikkarte.

Laufen 3D-Anwendungen auf der im Prozessor integrierten Grafikeinheit, dann müssen sich CPU-Kerne und die GPU die Bandbreite der beiden Speicherkanäle teilen. Die UHD-770-Grafik des Core i5-13500 mit lediglich 32 Execution Units ist allerdings so langsam, dass schnelleres RAM die Performance kaum steigert. Im 3DMark Fire Strike legt die Punktzahl um 2,6 Prozent zu. Bei leistungsfähigeren integrierten Grafikeinheiten hatten wir in der Vergangenheit hingegen größere Performancezuwächse durch schnelleres RAM gemessen [3].

Fazit

Bei speicherintensiven Anwendungen wie Foto- und Videobearbeitung kann der Performanceunterschied zwischen DDR4- und DDR5-RAM dem einer 150 Euro teureren CPU der gleichen Serie entsprechen. In solchen Fällen lohnt sich der inzwischen überschaubare Aufpreis. Zudem ist die moderne Speichertechnik zukunftssicherer.

In vielen Anwendungen ist der Geschwindigkeitszuwachs aber nicht spürbar und mit unter zwei Prozent manchmal auch nur gerade so messbar. Es schadet jedoch in keinem Fall, bei einem neuen System auf den moderneren Speichertyp zu setzen. Bei günstigen Office-PCs verliert man durch billigeres DDR4-RAM aber nur unwesentlich Performance, wenn sowieso eine CPU mit zwei oder vier Kernen und geringer Taktfrequenz die Rechenleistung begrenzt. (chh@ct.de) ct

Literatur

- [1] Christian Hirsch, Trippelschritt, Effiziente Core-i-13000-Prozessoren mit bis zu 24 Kernen, c't 5/2023, S. 78
- [2] Christian Hirsch, Megaspeicher, RAM-Module mit 48 GByte Kapazität, c't 13/2023, S. 46
- [3] Christian Hirsch, Grafik zum Pauschal tarif, 3D- und Videofähigkeiten integrierter Grafikeinheiten von Core-i- und Ryzen-Prozessoren, c't 14/2021, S. 96

formtem Arbeitsspeicher bestückt. Wir haben uns bewusst für den Core i5-13500 mit sechs Performance- und acht Effizienzkernen entschieden, der rund 250 Euro kostet. Diesen setzen deutlich mehr Nutzer ein als High-End-Prozessoren wie den 600 Euro teuren 24-Kerner Core i9-13900K. Diese Entscheidung hat Auswirkungen auf die Messergebnisse, denn Intel erlaubt bei den Core-i5-CPUen lediglich DDR5-4800-Tempo, während die Core i7- und i9-13000 schnelleren Arbeitsspeicher bis zu DDR5-5600 ansteuern können [2]. Alles darüber hinaus erfordert teurere Overclocking-Module mit XMP-Profil, die jedoch eine erhöhte Spannung benötigen. Das läuft nicht auf jedem System stabil und hat auch schon Prozessoren zerstört.

Synthetische Speicher-Benchmarks zeigen klar den Vorteil von DDR5-RAM: Im Memory Latency Checker von Intel erreicht DDR5-RAM einen um 60 Prozent höheren Durchsatz als DDR4-RAM. Der ältere Speichertyp hat aber leichte Vorteile bei den Latenzen. In der Praxis puffern die Caches im Prozessor aber viele Zugriffe auf das RAM und nur wenige Desktop-anwendungen pumpen zig Gigabytes pro Sekunde durch die CPU. Deshalb fällt das Geschwindigkeitsplus durch DDR5 in der Praxis geringer aus.

An stärksten profitiert das Komprimieren von Dateien mit 7-Zip, hier schneidet das DDR5-System um 27 Prozent besser ab. Auch Videoanwendungen wie Handbrake oder Adobe Premiere CC, das Teil der Advanced-Content-Creation-Wertung des Sysmark 30 ist, laufen 7 beziehungsweise 15 Prozent schneller. In ähnlicher Größenordnung liegt der Geschwindigkeitszuwachs bei der Bildbearbeitung mit Adobe Lightroom CC und Adobe Photoshop CC. Beide Programme kommen im Photo-Editing-Teil der Sysmark 30 vor.

Bei der übrigen Software konnten wir hingegen kein signifikantes Performance-plus messen. Dazu gehören Office-Anwendungen wie Microsoft Excel, Outlook, Powerpoint und Word (Sysmark 30 Office Applications) sowie Adobe Acrobat Pro DC, Audacity, WinZip und Google Chrome (Sysmark 30 General Productivity). Der Rendering-Benchmark Cinebench R23 verschlechterte sich sogar leicht mit DDR5-RAM.

3D-Spiele reagieren typischerweise recht gut auf schnelleren Arbeitsspeicher, allerdings ist dabei weniger der Durchsatz entscheidend als kurze Latenzen, wie sie Overclocking-Module haben. Deshalb konnten wir mit einer GeForce RTX 4090 mit Horizon Zero Dawn und Shadow of the

Speichervergleich DDR4- und DDR5-RAM

Speichertyp	Sysmark 30, Office Applications [Punkte]	Sysmark 30, General Productivity [Punkte]	Sysmark 30, Photo Editing [Punkte]	Sysmark 30, Advanced Content Creation [Punkte]	3DMark Fire Strike ¹ [Punkte]	Shadow of the Tomb Raider ² , Full HD, Ultra: 5%-Perzentil / Durchschnitt [fps]
DDR5-4800	besser ► 1949	besser ► 1666	besser ► 1954	besser ► 2594	besser ► 2644	besser ► 147/199
DDR4-3200	1925	1645	1807	2248	2576	141/193

¹ mit integrierter GPU ² mit GeForce RTX 4090



LoRaWAN-Ab- standsmessgerät

Mit Abstandssensoren kann man den Füllstand von Müleimern oder Tanks feststellen. Draginos LDDS75 arbeitet batteriebetrieben und funk die Daten per LoRaWAN ins Internet.

Der LDDS75 kommt fertig angeschlossen in einem unscheinbaren Karton. Das Set für rund 80 Euro enthält das Hauptmodul mit LoRAWAN-Modem, Antenne und Akku sowie den Ultraschall-Abstandssensor. Dieser ist über ein 25 Zentimeter langes Kabel mit dem Hauptmodul verbunden. Der Sensor hat ein 11 Millimeter langes Gewinde mit 29 Millimeter Durchmesser und passender Mutter, kann also etwa in ein Loch in einem Tankdeckel eingeschraubt werden.

Dragino konfiguriert den LDDS75 betriebsbereit und klebt die OTAA-Schlüssel (LoRaWAN-Zugangsdaten) auf die Innenseite des Kartons. Das Einrichten des LDDS75 beschreibt der Hersteller eingehend auf seiner Dokumentations-website: Um das Gerät einzuschalten, muss man die vier Kreuzschrauben des IP66-Gehäuses lösen und einen Jumper umsetzen. Eine nicht aufladbare Lithium-Thionylchlorid-Batterie mit 4000 oder

8500 mAh versorgt das Gerät; eine Austauschbatterie kostet 20 Euro. Dragino spricht von bis zu 10 Jahren Batterielaufzeit, gibt aber keine Parameter (Sendeintervall, Sendeleistung, Datenrate) als Referenz an.

Das Konfigurieren des LDDS75 läuft komfortabel über LoRaWAN-Downlink-Pakete, sodass sich alle wichtigen Einstellungen aus der Ferne ändern lassen.

Der Ultraschall-Abstandssensor misst laut Hersteller Entfernungen zwischen 28 und 750 Zentimetern mit einer Genauigkeit von einem Zentimeter. Messwerte bekamen wir ab etwa 29 Zentimeter Entfernung. Um die Genauigkeit zu erfassen, ließen wir den Sensor in 1, 3, 5 und 7 Meter Entfernung jeweils dreimal messen. Erfolgreiche Messungen lieferten eine Genauigkeit von 1 bis 2 Zentimetern. Ein kleines, aber wichtiges Detail: Die Entfernung wird nicht ab der Sensorfläche, sondern ab Ende des Sensorhorns ausgegeben.

Die Reichweite hängt von der reflektierenden Fläche ab: Mit einem 33×33 Zentimeter großen Karton war nach etwa 3,5 Metern Schluss und der Sensor gab falsche Werte zurück. Selbst mit einer Brandabschnittstür als Reflektor konnten wir die 7-Meter-Marke nicht knacken; die letzte brauchbare Messung erzielten wir bei rund 6 Metern.

Der LDDS75 ist ein robuster Sensor, der für vergleichsweise günstige 80 Euro gute Ergebnisse liefert. Aufgrund des Mindestabstands von rund 28 Zentimetern und des mit der Entfernung ansteigenden Messradius eignet sich das Gerät am ehesten für Füll- und Pegelstandmessungen in Tanks beziehungsweise an Gewässern.

Wer gezielter und mit einem Mindestabstand von nur 10 Zentimetern messen möchte, findet bei Dragino den LLDS12, der mit seinem LiDAR-Sensor rund 12 Meter Reichweite hat. (amo@ct.de)

Dragino LDDS75

LoRaWAN-Abstandssensor	
Hersteller, URL	Dragino, www.dragino.com
gemessene Reichweite	28–605 cm ¹
Messgenauigkeit	1–2 cm
Funkprotokoll	LoRaWAN 1.0.3 Class A
Frequenzband	868 MHz
Maße (Sensor / Hauptmodul m. Ant.)	4 cm × 6,6 cm / 25 cm × 6,2 cm × 4,8 cm
Preis	80 €

¹ abhängig von der Reflektorfläche



GUI für ddrescue

Der Datenrettungshelfer GNU dd-rescue zum Kopieren von Datenträgern auch mit Defekten ist eine reine Textanwendung – für ein paar Euro gibt es aber eine GUI-Variante.

Für die Recherche zur Datenrettung in c't 21/2023 haben wir uns auch die für wenige Euro angebotene GUI-Variante von ddrescue angesehen: DDRescue-GUI ist für Windows, macOS und Linux zu haben. Die offizielle GNU-Seite zu ddrescue verweist auf das kommerzielle Angebot von Hamish McIntyre-Bhatt, das sich für Privatkunden und Firmen durch den enthaltenen Support unterscheidet.

Wir haben das Paket für Windows gekauft und staunten nicht schlecht, was wir erhielten: Die grafische Oberfläche verwendet das X-Window-System, das heißt, zusätzlich muss unter Windows ein X-Server eingerichtet werden – der Installer des Programms hilft dabei. Die Anwendung selbst baut auf Cygwin auf, also Software, die unter Windows ein Unix/Linux-API bereitstellt. Deshalb bekommen es auch Windows-Nutzer mit Gerätenamen wie /dev/sda und Dateidialogen aus der Unix-Welt zu tun.

Die Bedienoberfläche fällt unter Windows nicht nur wegen dieser ungewohnten Namen aus dem Rahmen, sondern auch wegen des Designs und des Funktionsumfangs: Das GUI deckt nur einen Bruchteil der Optionen von ddrescue ab und kann unter Windows obendrein nicht direkt auf die Festplatten zugreifen (eine Einschränkung, die das Programm Cygwin zuschreibt). Im Hintergrund scheint der Autor auch noch Programme wie smartctl zu starten, die unter Windows bei aktivem überwachtem Ordnerzugriff Alarme produzieren. Unser Fazit: Lohnt nicht, Finger weg! (ps@ct.de)

DDRescue-GUI

Grafische Oberfläche für GNU ddrescue	
Hersteller, URL	Hamish McIntyre-Bhatt, www.hamishmb.com
Systemanf.	Linux, macOS, Windows
Preis	ab 6 €

14. bis 16. November in Köln

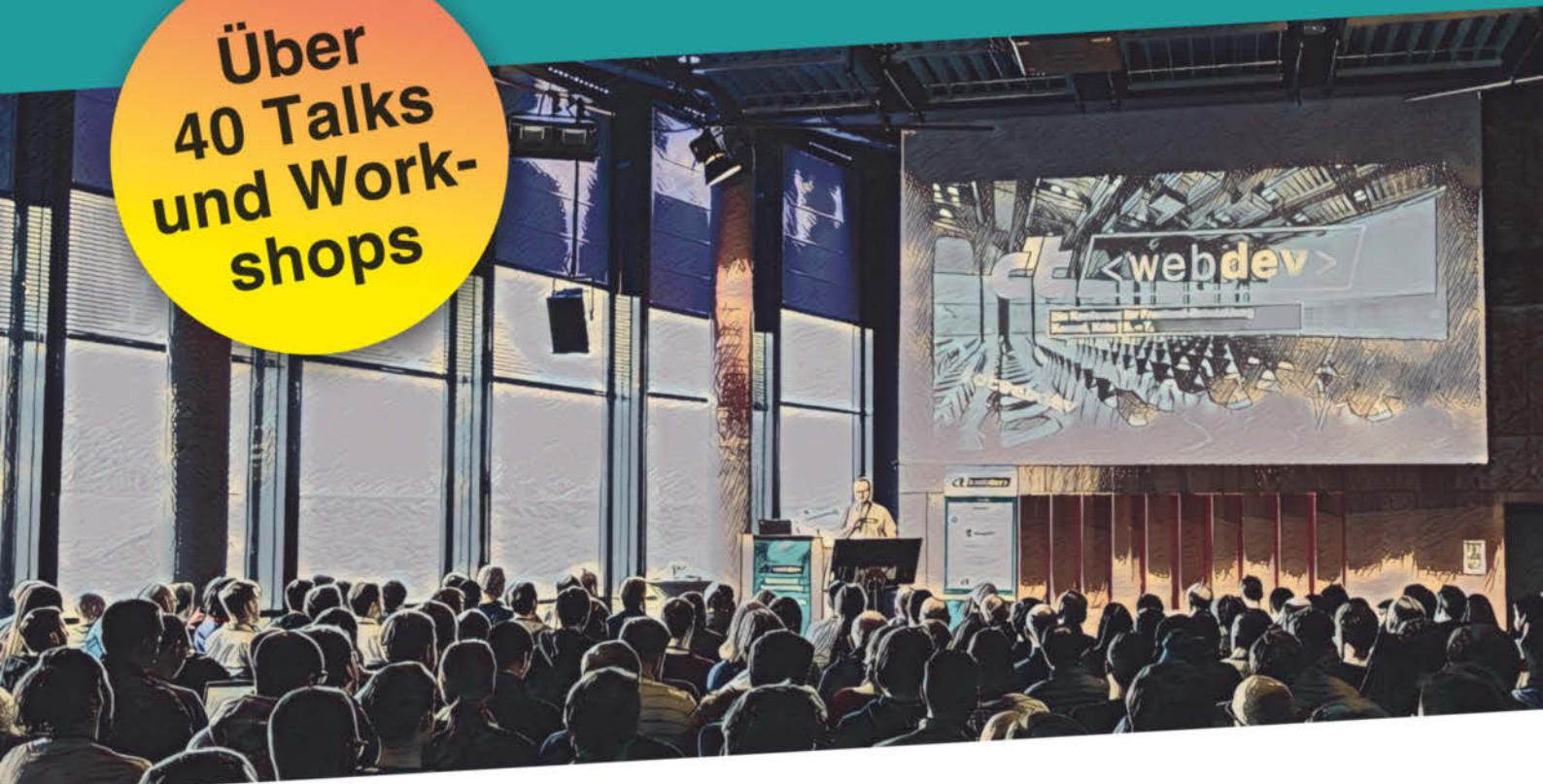
Das Update für Frontend Devs

Die Konferenz für Frontend-Entwicklung

Die Konferenz bietet eine gute Gelegenheit für die Frontend-Gemeinschaft, sich zu treffen und auszutauschen. Hier kannst du nicht nur drei bereichernde Tage erleben, sondern auch wertvolle Kontakte knüpfen.

Lass dich von inspirierenden Talks begeistern, teile dein Wissen und entdecke die neuesten Trends und Techniken der Webentwicklung.

Über
40 Talks
und Work-
shops



Goldsponsor:

KFW

Silbersponsor:



Sichere dir jetzt dein
Ticket zum Frühbucher-
Preis unter ctwebdev.de





Updates bis 2031

Fairphone 5: Einfach reparierbar und langer Support

Mindestens acht Jahre Updates, einfach reparierbar und bessere Hardware als der Vorgänger: Das Fairphone 5 ist ganz auf Langlebigkeit getrimmt.

Von Robin Brand

Nachhaltige Produktion, viele austauschbare Komponenten, ständige Android-Updates: Das Fairphone bleibt auch in seiner fünften Auflage eine Ausnahmeerscheinung. Es ist das erste Android-Smartphone, das Updates bis in die 2030er-Jahre hinein erhalten wird. Hersteller Fairphone sichert für das ab sofort

vorbestellbare Smartphone Sicherheitspatches bis mindestens 2031 zu. Ziel sei es gar, bis zu zehn Jahre Patches zu liefern. Außerdem soll das Fairphone 5, das mit Android 13 ausgeliefert wird, fünf Upgrades auf neue Android-Versionen erhalten. Fairphone gewährt ungewöhnlich lange fünf Jahre Garantie auf das Smartphone.

Das Update-Versprechen des niederländischen Herstellers übertrifft das anderer Smartphonehersteller deutlich. Für ihre Topmodelle versprechen Google, Samsung, Xiaomi & Co. in der Regel, bis zu fünf Jahre Sicherheitspatches zu liefern, für Einstiegsmodelle machen viele Hersteller gar keine Angaben. Zudem ist das Fairphone 5 für Custom-ROMs äußerst empfänglich, so bietet Murena es schon

mit /e/ an, iodé dürfte bald folgen. Die Android-Bedienoberfläche belässt Fairphone beim Google-Original.

Auch in Sachen Reparierbarkeit unterscheidet sich das Fairphone 5 wie schon seine Vorgänger deutlich von anderen Smartphones. Zehn Komponenten lassen sich mit einem Phillips-Kreuzschlitzschraubendreher (PH00) ohne Bastelerfahrungen austauschen. Gänzlich ohne Werkzeug austauschbar sind Akku und Kunststoffrückseite. Die Preise reichen von 20 Euro für USB-C-Buchse und Ohrmuschel bis 100 Euro für den Bildschirm. Zum Vergleich: Das Display eines iPhone 14 Pro Max kostet 458,82 Euro.

Außerdem lassen sich Haupt-, Ultraweitwinkel- und Frontkamera, USB-C-Anschluss, Lautsprecher, Hörmuschel und

ein „Topeinheit“ genanntes Bauteil, das SIM-Kartenfach und Speicherkarten-Slot enthält, austauschen. Die meisten Bauteile sind im Vergleich zur Vorgänger-generation rund 5 Euro teurer geworden. Nur bei der rückwärtigen Kamera kommt man eventuell günstiger davon – dann nämlich, wenn nur eine der beiden Einheiten erneuert werden muss. Beim Fairphone 4 musste dafür stets das gesamte Kameramodul (80 Euro) ausgetauscht werden.

Schraubtest

Der Austausch der einzelnen Komponenten ist denkbar einfach. Je nach Bauteil haben wir zwischen einigen Sekunden und ein paar Minuten dafür benötigt. Mehr als acht Schrauben mussten wir in keinem Fall entfernen. Für den Akkutausch reicht es, wie früher üblich, die angeklipste Kunststoffrückseite zu entfernen und mit einem Handgriff den Akku zu entnehmen. Die weiteren Bauteile sind ins Gehäuse geschraubt oder gesteckt, Fairphone verwendet keinen Kleber, der den Ausbau erschweren würde.

Acht schwarze Schräubchen halten Display und Gehäuserahmen zusammen. Sind die Schrauben entfernt, reicht es, das Smartphone mit Display nach unten zu halten und schon löst sich dieses vom Rahmen; noch schnell den Displaykonnektor entfernt – fertig zerlegt. Kein Vergleich zur Reparatur eines herkömmlichen verklebten Smartphones.

Die Topeinheit ist mit sieben silbernen Schrauben – so verwechselt man sie

nicht mit den Displayschrauben – ins Gehäuse geschraubt. Die Arbeitsschritte zum Entfernen – erst Konnektor, dann Bauteil abheben – hat Fairphone im Gehäuse nummeriert, damit nichts schiefgeht. Die Topeinheit dient auch als Abdeckung für die drei Kameras und die Ohrmuschel. Löst man deren Verbindung mit dem Mainboard, lassen sich auch diese entfernen. Dem Wechsel von USB-C-Buchse und Lautsprecher stehen nur fünf Schrauben und eine Abdeckung unterhalb des Akkus im Weg. Wasserdicht konnte Fairphone das derart einfach zugängliche Gehäuse nicht konstruieren. Aber es ist gemäß IP55 geschützt, somit kann ihm Spritz- und Strahlwasser nichts anhaben.

Sowohl in Sachen Updates als auch, was die Reparierbarkeit angeht, geht Fairphone deutlich über die Regeln hinaus, die die EU der Branche 2024 auferlegen wird. Unter anderem verlangt die EU, dass Hersteller die Geräte fünf Jahre mit Updates versorgen müssen. Akkus müssen sich ohne Werkzeug austauschen lassen, wenn das Gerät nicht wasserdicht gemäß IP67 und nicht mit einem besonders langlebigen Akku versehen ist (nach 500 Ladezyklen verlangt die EU mindestens 83 Prozent und nach 1000 Ladezyklen mindestens 80 Prozent seiner Kapazität).

Wie schon die Vorgänger will der Hersteller auch das Fairphone 5 möglichst umwelt- und arbeitnehmerfreundlich herstellen. Insgesamt 14 Rohstoffe stammen laut Unternehmen aus fairen Lieferketten oder sind recycelt. 70 Prozent dieser Rohstoffe kann das Unternehmen nach eigent-

lichen Angaben fair gewinnen, beim Vorgänger waren es 40 Prozent. Dazu gehören recyceltes Aluminium und Kunststoffe sowie Fairtrade-Gold und -Wolfram. Fair gewonnen oder recycelt sind nach Herstellerangaben außerdem Lithium, Silber, Cobalt, Zinn, Zink, Metalle der Seltenen Erden, Magnesium, Indium, Kupfer und Nickel.

Nach Unternehmensangabe ist das Fairphone elektronikschrottneutral, da für jedes verkauft Exemplar ein altes Smartphone recycelt werden soll. Wie groß der CO₂-Fußabdruck des Geräts ist, konnte Fairphone bis Redaktionsschluss nicht beantworten. Wie der Vorgänger trägt das Fairphone 5 das schwedische Nachhaltigkeitssiegel TCO-Certified.

Aufgemöbelte Hardware

Die Hardware hat Fairphone ordentlich aufgemöbelt. Das sieht man schon beim ersten Einschalten. Denn in der fünften Generation verwendet Fairphone erstmals ein OLED-Display. Dieses stellt Inhalte deutlich kontraststärker und Schwarz tiefer dar als das IPS-Panel des Vorgängers. Wir haben eine maximale Helligkeit von weniger als 600 cd/m² gemessen. Damit bleibt das Display deutlich hinter High-End-Smartphones oder ähnlich teuren Konkurrenten wie dem Nothing Phone (2) zurück, die Werte über 1000 cd/m² erreichen. Steht man nicht gerade in der prallen Sonne, macht sich dieser Unterschied aber kaum bemerkbar. Die Bildwiederholrate beträgt maximal 90 Hz, was ebenfalls eine Verbesserung gegenüber dem Vorgänger darstellt.

Eine große Bedeutung kommt in einem derart auf Langlebigkeit getrimmten Smartphone dem SoC zu, denn dieses lässt sich nicht austauschen. Dass der Qualcomm QCM 6490 kein gewöhnlicher Qualcomm-Prozessor ist, verrät schon der Name ohne den Zusatz „Snapdragon“. Der QCM6490 gehört zu Qualcomms Longevity Program und wird von Qualcomm lange mit Updates versorgt. Das ist eine gute Idee, bestand doch Fairphones Problem beim Bereitstellen von Android-Updates schon mehrfach darin, passende Treiber aufzutreiben.

Der Chip besteht aus einem Performance-Kern (2,7 GHz), drei mittleren (2,4 GHz) und vier Energiespar-Kernen (1,9 GHz). Die Rechen- und Grafikleistung liegt etwas über der des Snapdragon 7 Gen1, der zum Beispiel im Xiaomi 13 Lite steckt. Das Fairphone hängt Samsungs



Die transparente Rückseite lässt erkennen, dass es sich beim Fairphone 5 um kein 08/15-Smartphone handelt. Alternativ gibt es das Gerät auch mit hellblauem oder schwarzem Rückdeckel.

Mittelklasse-Smartphone Galaxy A54 deutlich ab, bleibt aber hinter den ähnlich teuren Google Pixel 7 und 7 Pro sowie dem günstigeren 7a zurück. Alltägliche Anwendungen wie Streaming, News, Shopping, Messenger, Telefonieren und Browsen bringen das Smartphone nicht in die Breddouille und auch anspruchsvolle Spiele lassen sich darauf spielen. Deutlich mehr Kraftreserven für kommende Anwendungen haben allerdings Smartphones mit flinken High-End-Chips.

Akku schwach, aber wechselbar

So gar nicht zu den erfreulichen Display- und Prozessorupgrades passt die Laufleistung des Fairphone 5 ins Bild. 11,4 Stunden im YouTube-Dauerlauf liegen weit unter dem Durchschnitt aktueller Phones auf unserem Prüfstand, die in diesem Szenario in der Regel 15 bis 20 Stunden durchhalten. Das bereits erwähnte Nothing Phone (2) bringt es auf satte 27,6 Stunden. Immerhin: Unter Last wird die Laufzeit des Fairphone 5 nicht viel schlechter, sodass es im Asphalt-8-Dauerlauf näher an die Konkurrenz heranrückt. Dennoch bleibt zu hoffen,

dass Fairphone per Update Abhilfe schafft. So kommt man ohne Nachladen so gerade über den Tag. Aufladen lässt sich das Fairphone mit bis zu 30 Watt, eine volle Ladung des 4200-mAh-Akkus dauert 100 Minuten, zur Hälfte befüllt ist er in 35 Minuten. Konsequenterweise legt Fairphone weder Kabel noch Netzteil bei.

Fotos und Videos nimmt das Fairphone mit insgesamt drei Kameras auf, eine vorne, zwei hinten. Alle sind mit einem 50-Megapixel-Sensor ausgestattet. Doch nur die rückwärtige Hauptkamera gibt wahlweise auch 50-Megapixel-Fotos aus. Die Fotos zeigen kräftige Farben und tiefe Kontraste. Feine Details in dunklen Bildpartien verschluckt das Fairphone 5 auch mal bei Tageslicht. Eher fad und detailarm sind Fotos mit dem Ultraweitwinkel.

Vor allem in der Dunkelheit ist das Fairphone 5 gegenüber seinem Vorgänger aber im Vorteil, den Nachtmodus hat Fairphone erfolgreich überarbeitet. Das Fairphone 5 wahrt – zumindest, wenn man es ruhig hält und statische Motive fotografiert – deutlich mehr Details als das Fair-

phone 4. Den Vergleich mit High-End-Smartphones besteht das Fairphone 5 in dieser Disziplin aber nicht. Fürs Fairphone 3 gab es nach einem Jahr ein verbessertes Kameramodul zu kaufen; möglich wäre das also auch beim Fairphone 5. Allerdings hat der Hersteller diese Idee schon beim Fairphone 4 nicht weiter verfolgt.

Fazit

Das Fairphone lässt sich nicht wie ein herkömmliches Smartphone bewerten. Ein derart auf Reparierbar- und Langlebigkeit getrimmtes Smartphone wie das Fairphone 5 gibt es schlicht nicht zweimal auf dem Markt. Es allein anhand seines Preises wegen mit anderen 700-Euro-Geräten zu vergleichen, greift zu kurz. Dass das Fairphone 5 deren geballte Rechenkraft und Kameraleistung nicht erreichen kann, ist nur logisch, da ein guter Teil der Produktions- und Entwicklungskosten des Fairphone in den modularen Aufbau und die faireren Lieferketten fließen. Langjährige Updateunterstützung und verhältnismäßig kleine Stückzahlen tun ihr Übriges.

Dennoch kann der Blick auf schnöde Smartphone-Leistungsparameter nicht ausbleiben. Denn ob man ein Smartphone lange benutzt, hängt nicht zuletzt davon ab, ob darauf alles fluffig läuft und die Kamera schöne Fotos knipst. Löblich also, dass Fairphone in Sachen Hardware ordentlich nachgebessert hat. Der schnelle, hochauflösende OLED-Bildschirm wird auch hohen Ansprüchen gerecht. Die Kamera ist bei Tageslicht voll schnappschusstauglich und bei Nacht im Vergleich zum Vorgänger verbessert. Ambitionierte Smartphone-Fotografen werden aber schon heute neidische Blicke auf kaum teurere High-End-Smartphones werfen, oder auch aufs billigere Google Pixel 7a. Dass der Prozessor messbar langsamer ist als die der Oberklasse, wird man hingegen in den allermeisten alltäglichen Anwendungen kaum bemerken. Praxisuntauglicher ist die kurze Laufzeit des – einfach austauschbaren – Akkus.

Im Fairphone-Kosmos stellt die fünfte Generation die logische Weiterentwicklung des Vorgängers dar. Schmerzlich ist der Preisaufschlag von 120 Euro, der aber aufgewogen wird von der deutlich potenteren Hardware und vor allem vom (noch) längeren Updateversprechen. Und wer von einem Fairphone 2 umsteigt, das nach sieben Jahren aus dem Support gefallen ist, macht mit dem Fairphone 5 einen großen Sprung. (rbr@ct.de)

Fairphone 5

Android-Smartphone	
Hersteller	Fairphone, fairphone.com/de/
Betriebssystem / Security Level / Updates bis	Android 13 / August 23 / Android 18, Juli 2031
Display	6,4 Zoll OLED (149 mm × 68 mm), 2700 × 1224 Pixel (460 dpi), 4,8 ... 565 cd/m², 97% Ausleuchtung
Kamera	
Hauptkamera Auflösung (Fotoausgabe) / Blende / Brennweite / Sensor / Sensorgröße / OIS	50 MP (8192 × 6144) / f/1,9 / 24 mm / IMX800 / 1,49" / ✓
Ultraweitwinkel Auflösung (Fotoausgabe) / Blende / Bildwinkel / Sensor / Sensorgröße / OIS	50 MP (4096 × 3072) / f/2,2 / 121° / Sony IMX858 / 1,251" / –
Frontkamera Auflösung / Blende / Bildwinkel / OIS	50 MP (4080 × 3060) / f/2,5 / 90° / –
Ausstattung	
Prozessor / Kerne × Takt / GPU	Qualcomm QCM 6490 / 1 × 2,7 GHz, 3 × 2,4 GHz, 4 × 2 GHz / Adreno 642L
RAM / Flash-Speicher / Kartenslot	8 GByte / 256 GByte (222 GByte) / ✓ (MicroSDXC)
5G / LTE / SIMs	✓ / ✓ / 1 × Nano-SIM + 1 × eSIM
WLAN (Antennen) / Bluetooth / NFC / Kompass / Standort	Wi-Fi 6E (2) / 5,2 / ✓ / ✓ / GPS, Glonass, Beidou, Galileo
USB-Anschluss / Kopfhöreranschluss / Fingerabdruckscanner	USB-C 3,0 / – / ✓ (Einschalter)
Akku / Ladezeit / Drahtlosladen	4200 mAh / 1,7 h / –
Abmessungen / Gewicht / Schutzklasse	16,1 cm × 7,4 cm × 0,9 ... 1,1 cm / 211 g / ✓ (IP55)
Messungen, Laufzeiten, Benchmarks	
Laufzeiten bei 200 cd/m² Helligkeit	10,3 h lokales Video / 8,3 h 3D-Spiel / 11,4 h Videostream
Coremark Single / Multi	21396 / 103614
3DMark Wild Life / Wild Life Extreme	3109 / 885
Geekbench V4 Single, Multi / V5 Single, Multi	3804, 10945 / 827, 2504
GFXBench Car Chase / Manhattan 3.0 / Manhattan 3.1 (je On-, Offscreen)	28 fps, 40 fps / 67 fps, 90 fps / 49 fps, 69 fps
Preise	
Ersatzteile	Akku 39,95 €, Display 99,95 €, Rückseite 24,95 €, Hauptkamera 69,95 €, Ultraweitwinkel 44,95 €, Frontkamera 34,95 €, USB-C Buchse 19,95 €, Lautsprecher 24,95 €, Hörmuschel 19,95 €, Topeinheit 39,95 €
Preis	699 €
✓ vorhanden	– nicht vorhanden



MIT Mac & i IMMER DER ZEIT VORAUS

+ Geschenk
nach Wahl



z. B. 10 € Amazon.de-Gutschein oder Apple-Watch-Ständer

2x Mac & i mit 35% Rabatt testen!

Mac & i – Das Magazin rund um Apple

- Tipps & Praxiswissen
- Hard- und Softwaretests
- Reports und Hintergründe
- inkl. Club-Mitgliedschaft

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

Genießen Sie mit
der Mac & i Club-
Mitgliedschaft
exklusive Vorteile!



Jetzt bestellen:

www.mac-and-i.de/minabo

✉ leserservice@heise.de



0541 80 009 120

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



Solide Andockstelle

Dell Ultrasharp U3023E mit USB-C-Dock und KVM im Test

Der 30-Zoll-Monitor Ultrasharp U3023E bringt nicht nur einen USB-Hub mit vielen Ports und LAN-Buchse mit, sondern dient auch zwei Rechnern gleichzeitig als Display mit nur einem Satz Eingabegeräte.

Von Benjamin Kraft

Dells 30-zölliges LCD gehört zu den etwas selten gewordenen 16:10-Displays. Die sind speziell bei Büroarbeitern beliebt, weil darauf ein paar zusätzliche Tabellen- oder Textzeilen passen als auf 16:9-Geräte. Das IPS-Panel des U3023E

zeigt 2560 × 1600 Pixel, also in der Vertikalen 160 Bildpunkte mehr als ein 16:9-Monitor. Die Pixeldichte von 101 dpi fällt etwas höher und das Bild dementsprechend etwas schärfer aus als bei Full HD auf einem 24-Zöller (92 dpi).

Bildsignale nimmt der U3023E über HDMI 1.4 oder DisplayPort 1.4 an, eine zweite DisplayPort-Buchse dient als Signalausgang, um daran einen weiteren Monitor anzuschließen (Daisy Chain). Zusätzlich gibt es einen USB-C-Port, der über ein einziges Kabel nicht nur Bild- und USB-Daten vom angeschlossenen Gerät empfängt, sondern auch noch bis zu 90 Watt liefert. Das reicht auch für Notebooks mit gehobener Ausstattung. Ein zweiter USB-C-Port hinten dient der KVM-Upstream-Verbindung vom zweiten Rechner, Videosignale gehen nicht darü-

ber. Dell legt neben dem Netzstecker je ein DisplayPort- und ein USB-C-Kabel sowie ein Adapterkabel von USB-C auf USB-A bei.

Lautsprecher hat der Monitor nicht, sondern nur eine Line-out-Buchse. Dell bietet aber zwei Soundbars an, die am unteren Gehäuserahmen andocken. An der Ergonomie gibt es nichts zu meckern: Das Display steht sicher, lässt sich neigen und zu beiden Richtungen ins Hochformat drehen. Allerdings fehlt eine Mittelraste, was die exakte Ausrichtung im Querformat erschwert. Die Höhenverstellung funktioniert präzise, wenngleich ihre Mechanik einen hohen Anfangswiderstand hat. Für die Navigation im gut gegliederten Bildmenü nutzt man den Fünf-Wege-Joystick an der Rückseite. Wer Einstellungen bequem aus Windows oder macOS vornehmen möchte, installiert den Dell Display Manager von der Support-Seite (siehe ct.de/yfp6).

Parallele Anschlussfreuden

Dass der U3023E eine LAN-Buchse mit Gigabit-Ethernet und zahlreiche USB-Ports mitbringt, macht ihn gerade für Besitzer ultraflacher Notebooks zum spannenden Großbilddock. Am hinteren Anschlussfeld finden sich vier USB-A-Buchsen. Links unten im Rahmen sitzt eine weitere und daneben ein dritter USB-C-Port, der sich auf USB-Daten vom Smartphone oder anderen Peripheriegeräten versteht und bis zu 15 Watt liefert. Alle beherrschen USB 3.2 Gen 2, schieben die Daten also mit maximal 10 Gbit/s über die Leitung.

Allerdings lieferten sie im Test augenscheinlich nicht genug Energie, um anspruchsvolle USB-SSDs zu versorgen: Unsere beiden schnellen externen SSDs, die WD Black P50 und die TeamGroup T-Force M200, wurden am USB-Hub des Monitors nicht erkannt oder umgehend wieder ausgeworfen. Direkt am Rechner angeschlossen liefen sie wie erwartet.

Nach dem ersten Einschalten fragt der Monitor ab, ob er die USB-Buchsen auch im ausgeschalteten Zustand mit Strom

Leser-Testwunsch

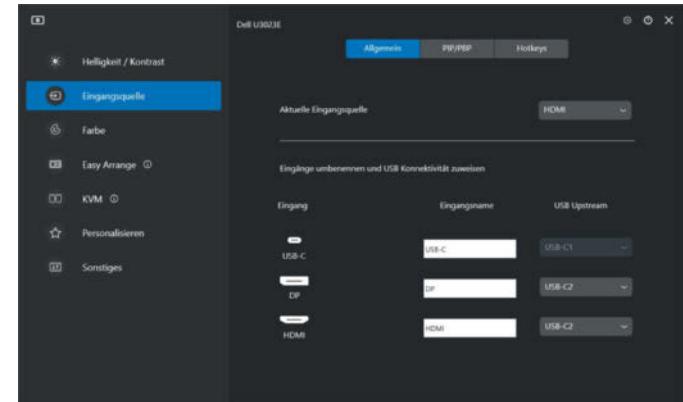
Diesen Test hat sich c't-Leser Markus Brandt gewünscht. Wenn Sie ebenfalls einen Testwunsch haben, schreiben Sie uns an testwunsch@ct.de.

versorgen soll und ob man zwei Rechner gleichzeitig anschließen möchte – für den Fall bietet er eine schrittweise Anleitung, die auch später noch im Bildmenü zur Verfügung steht.

Der U3023E nimmt Bilder von zwei Rechnern parallel an. Entweder stellt er sie nebeneinander (Picture by Picture, PbP) dar, sodass jede Hälfte 1280×1600 Pixel nutzt, was im Test mit macOS und Windows 11 problemlos funktionierte. Alternativ setzt der Monitor das Bild einer der Quellen in die Bildschirmcke der anderen ein (Picture in Picture, PiP). Den von Ultra-breit-Monitoren bekannten Splitscreen-Modus im Verhältnis 1:2 beherrscht der 30-Zöller nicht, er ergäbe bei diesem Format und der Auflösung auch wenig Sinn.

Praktisch für Anwender, die mit zwei am selben Monitor angeschlossenen Rechnern arbeiten, ist die KVM-Funktion (Keyboard, Video, Mouse). Sie ermöglicht es, beide Computer mit nur einem Maus-Tastatur-Set an den USB-Ports des Monitors zu steuern. Per Shortcut im Monitormenü schaltet der USB-Hub zwischen den beiden Bildeingängen hin und her und nimmt dabei die Tastatur und die Maus

Damit beim Um-schalten zwischen zwei angeschlosse-nen Rechnern via KVM-Funktion Maus und Tastatur mit-wandern, ordnet man mit Dells Dis-play Manager aus dem Betriebssys-tem heraus den Sig-naleingängen einen USB-Upstream zu.



mit. Das klappt auch im PiP-Modus. Doch Achtung, beim Wechsel zwischen den Rechnern wird sämtliche Peripherie am USB-Hub mitgenommen! USB-Medien werden also hart ausgeworfen und Drucker stehen anschließend nicht mehr zur Verfügung. Anders als beim 6K-Monitor U3224KBA ist es nicht möglich, die kabelgebundene Netzwerkverbindung einem Rechner fest zuzuordnen, was beispielsweise bei schlanken Notebooks ohne eigene LAN-Buchse hilfreich sein kann [1].

Bildqualitäten

Dell verspricht, das IPS-Panel decke den weiten DCI-P3-Farbraum zu 95 Prozent ab; laut unserer Messung malt es Blau und Rot allerdings etwas zu satt, das Grün hingegen etwas zu schwach. Subjektiv stört das nicht, der Monitor zeigt ein farbstarkes Bild. Wer Fotos im sRGB-Farbraum bearbeiten will, der unter anderem im Internet gebräuchlich ist, schaltet via Bildmenü auf diesen Farbraum um. Dessen Eckpunkte trifft der U3023E praktisch punktgenau.

Der Kontrast fällt mit 1092:1 gut aus. Tiefschwarz bekommt der Monitor aber nicht hin, sondern nur ein sehr dunkles Grau. Das stellt er dafür schön gleichmäßig ohne Aufheller dar. Allein der untere Rand schimmert grün-rötlich, was aber nur in dunkler Umgebung auffällt. Vollflächiges Weiß gelingt dem Panel gut; dass die Helligkeit zu den oberen Ecken abfällt, ist mess-, aber nicht sichtbar.

Eine Marotte teilt sich der U3023E mit zahlreichen anderen Dell-Displays: Kommt das Signal von einem aktuellen Mac via HDMI, stellt der Monitor den Signaleingang automatisch auf das Eingangsformat YCBCr anstelle des im Displaybereich üblichen RGB; die Darstellung sieht aber korrekt aus. Schaltet man im Monitormenü das Signalformat manuell zurück auf RGB, zeigt der Monitor dage-

gen Falschfarben. Via DisplayPort und USB-C gibt es das Problem nicht.

Fazit

Wer keine 4K-Auflösung braucht, bekommt mit dem Ultrasharp U3023E einen gelungenen Büromonitor, der auf seiner großen Anzeigefläche ein schönes Bild im 16:10-Format zeigt. Anschlussreduzierten USB-C-Flachnotebooks bietet er eine komplette Andockstelle mit Rundumversorgung inklusive Strom und LAN. Die PiP- und KVM-Funktionen wiederum erfreuen Admins oder Anwender mit mehreren Rechnern. Dafür ist der Straßenpreis von rund 550 Euro fair. Achtung, in Dells eigenem Onlineshop zahlt man mehr.

(bkr@ct.de) ct

Literatur

- [1] Benjamin Kraft, Einmal alles mit scharf, 32-Zoll-Display mit 6K und USB-C-Dock, c't 16/2023, S. 68

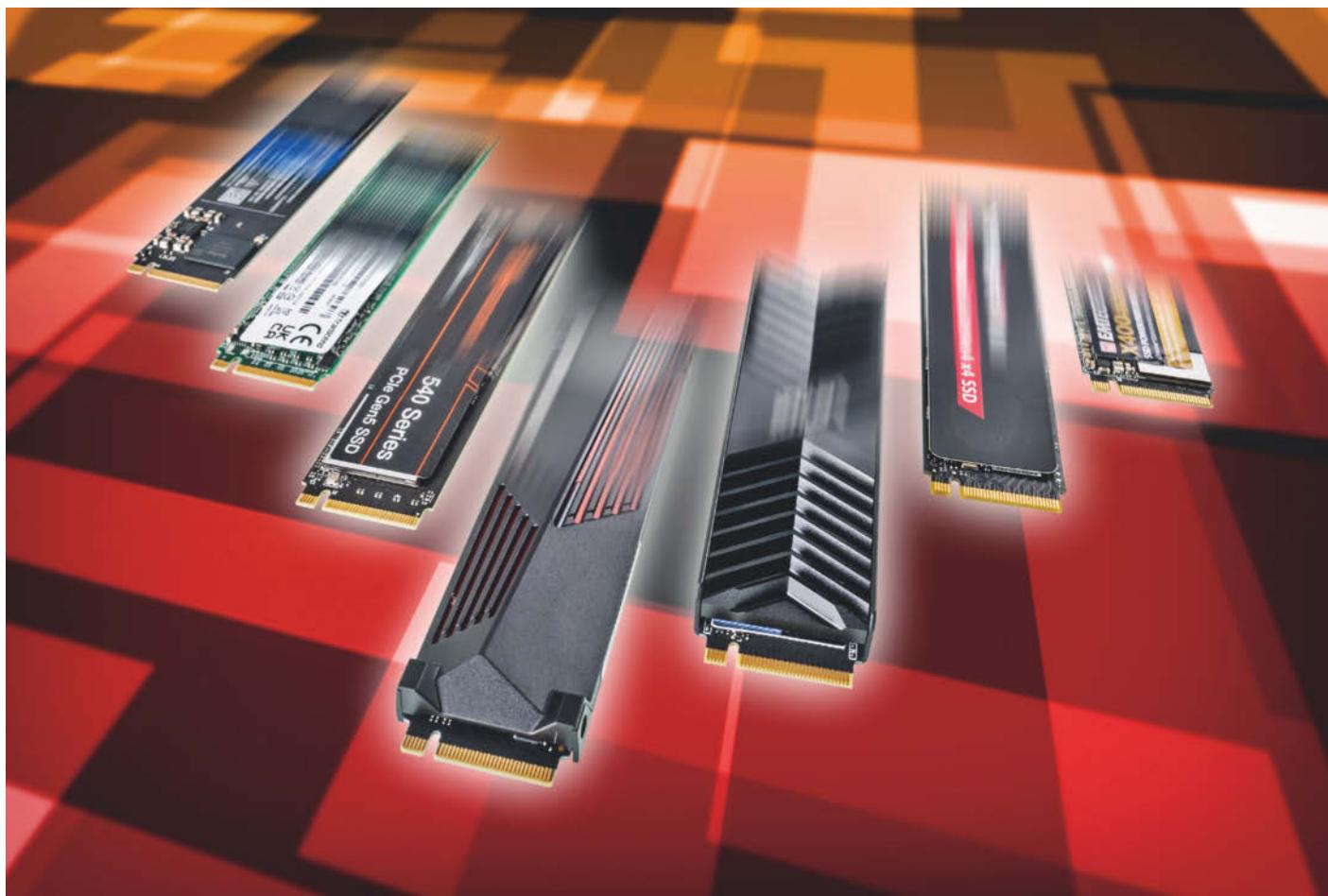
Support-Seite zum Dell Ultrasharp U3023E: ct.de/yfp6

Dell Ultrasharp U3023E

Büromonitor mit 30"	
Hersteller, URL	Dell, dell.de
Displaydiagonale / Auflösung (Pixeldichte)	30" / 2560 × 1600 Pixel (101 dpi)
Panelyp / Seitenverhältnis / max. Bildwiederholfrequenz	IPS (mattiert) / 16:10 / 60 Hz
Helligkeitsregelbereich	36,3 ... 336 cd/m ²
Kontrast min. / erw. Sichtfeld (Abweichung)	1092:1 (23,3 %) / 668:1 (62,3 %)
Leistungsaufnahme Soft-off / Standby / 120 cd/m ² / max.	0,4 W / 0,6 W / 17 W / 32 W
Signaleingänge / Anschlüsse / Lieferumfang	DP 1.4, HDMI 1.4, USB-C (mit DP 1.4, USB 10 Gbit/s, USB-PD 90 W) / USB-Hub (Upstream: USB-C 10 Gbit/s; Downstream: 1 × USB-C 10 Gbit/s, 5 × USB-A (10 Gbit/s), DisplayPort-out (Daisy Chain), LAN / Kabel: Netz, DP, USB-C, USB-A-C
Maße (B × H × T) / Gewicht	65,6 cm × 47,3-62,1 cm × 23 cm / 11,1 kg
Preis (Straße) / Garantie	730 € (550 €) / 3 Jahre



Der Ultrasharp U3023E kann nach rechts oder links ins Hochformat gedreht werden. Dann präsentiert er seine zahlreichen Anschlüsse.



Flash-Rennen

24 SSDs mit PCIe 3.0, 4.0 und 5.0 im Test

Bei SSDs mit PCIe 5.0 wächst die Auswahl, die neue SSD-Mittelklasse läuft mit PCIe 4.0 und auch zwei neue 3.0er-SSDs haben es in unseren Test geschafft. Zwei weitere Trends: Auf eine 2230er-SSD passen jetzt 2 Terabyte Flash – und manche SSDs haben einen eigenen Lüfter.

Von Lutz Labs

Der Sommer brachte eine Reihe neuer PCI-Express-SSDs, bei SATA-SSDs herrscht dagegen weitgehend Flaute: Insgesamt kamen in diesem Jahr bisher nur fünf neue Modelle mit 1 TByte Speicherplatz auf den Markt. Neuere SATA-Modelle werden wir, wie schon in [1], später zusammen in einem eigenen Artikel vorstellen. Beliebter und vor allem deutlicher schneller sind PCIe-SSDs im M.2-Format. PCIe-SSDs auf Steckkarten sind kaum noch erhältlich; wer für M.2-SSDs keinen Platz mehr hat, kann sich mit PCIe-Adapterkarten behelfen [2].

Im c't-Labor fanden sich 15 neue SSDs ein, hier einmal mit ihren vollständigen Typenbezeichnungen in teils epischer

Länge: Adata Legend 970 PCIe Gen5 x4 M.2 2280 Solid State Drive, Emtec X400-15 SSD Power Pro, Innovation IT PerformanceY GEN4 NVMe PCIe 4.0 x 4, Goodram SSD IRDM Pro Slim, Goodram PX600, Lexar Professional NM710, Lexar NM790, Micron 2400 NVMe SSD, Patriot VP4300 Lite M.2 PCIe Gen4 x4 Gaming SSD, Samsung 990 Pro NVMe M.2 SSD, Seagate Firecuda 540 Gen 5 PCIe SSD, Teamgroup MP44 M.2 PCIe 4.0 SSD, Transcend MTE115S, Transcend MTE 400S und Western Digital WD Blue SN580 NVMe SSD.

Darunter sind einige Bekannte, etwa die Samsung 990 Pro: Rund ein Dreivierteljahr nach ihrer Vorstellung hat Samsung



Adata Legend 970 PCIe Gen5 x4 M.2 2280 Solid State Drive

Die Adata Legend 970 folgt beim Kühl-system den Vorgaben des Controller-Herstellers Phison. Der Lüfter im Kühlkörper läuft mit 1,6 Sone vor sich hin und ist auch bei geschlossenem Gehäuse deutlich vernehmbar. Im Vergleich zu älteren SSDs mit PCIe 5.0 ist vor allem die Leistungsaufnahme gesunken: Im Ruhezustand kommt die SSD mit 0,144 Watt aus, ältere Modelle brauchten noch fast 1 Watt. Das Gleiche gilt auch für die Firecuda 540 von Seagate.

Anwender sollten immer rund 10 Prozent der Kapazität frei lassen: Die Schreibgeschwindigkeit sinkt bei höheren Füllständen auf weniger als 4 GByte/s; auch das passiert bei den baugleichen Modellen.

- ▲ schnell
- ▼ laut & teuer

Preis: circa 342 Euro (2 TByte, PCIe 5.0)



Emtec X400-15 SSD Power Pro

Emtec lässt sich das Schnuckelformat der X400-15 gut bezahlen, die SSD im 2230er-Format kostet fast das Dreifache wie eine gleich schnelle SSD in üblicher Länge von 80 Millimetern. Emtec nutzt den DRAM-losen SSD-Controller Phison E21 sowie TLC-Flash von Micron mit 176 Lagen.

Damit kommt sie sowohl beim Schreiben als auch beim Lesen nur knapp auf 5 GByte/s, auch beim Beschreiben mittels H2testw liegt sie mit 748 MByte/s nur im unteren Mittelfeld. Beim Beschreiben mit H2benchw erreicht die X400-15 ihren Maximalwert erst nach etwa sechs Prozent der Kapazität.

- ▼ sehr teuer
- ▼ geringe Endurance

Preis: circa 140 Euro (1 TByte, PCIe 4.0)



Innovation IT PerformanceY GEN4 NVMe PCIe 4.0 x 4 retail

Der Braunschweiger Hersteller Innovation IT ist mit seiner PerformanceY erstmals in einem unserer SSD-Tests vertreten. Die SSD arbeitet mit dem Inno- grit-Controller IG5220 und Flash-Speicher des chinesischen Herstellers YMTC, einen DRAM-Baustein gibt es nicht.

Der Drive Consistency Test der PCMark-Suite bescheinigt der SSD lediglich 491 Punkte, eines der schlechtesten Ergebnisse dieses Tests. Im Betrieb nimmt die SSD laut Smart-Ausgabe nur 3,5 Watt auf, dies ist ebenfalls der niedrigste Wert in diesem Test – nur diesmal positiv gemeint.

- ▲ hohe Endurance
- ▼ langsam unter Last

Preis: circa 54 Euro (1 TByte, PCIe 4.0)

nun noch eine Version mit Kühlkörper auf den Markt gebracht, die sich vor allem für den Einsatz in der PS5 eignen soll. Uns hat interessiert, ob sich der Kühlkörper auch beim Einsatz im PC bemerkbar macht. Und die beiden neuen SSDs mit PCIe 5.0, Adata Legend 970 und Seagate Firecuda 540, kamen uns ebenfalls irgendwie bekannt vor; dazu gleich mehr.

Zur besseren Vergleichbarkeit beschaffen wir uns für diese Tests gerne SSDs mit 1 TByte Flash-Speicher, doch die Hersteller der 5.0er-SSDs liefern uns ausnahmslos Modelle mit 2 Terabyte – die sind einfach schneller. Eine weitere Ausnahme stellt die Micron 2400 dar: Sie ist eine der ersten 2230er-SSDs, auf die 2 Terabyte Flash-Speicher passen. Die ebenfalls mit

maximal 2 TByte erhältliche 2230er Teamgroup MP44S werden wir voraussichtlich im kommenden Flash-Rennen vorstellen, zudem haben sowohl Western Digital als auch Silicon Power weitere 2230er-SSDs mit 2 TByte vorgestellt. Zwei andere SSDs weichen vom üblichen 2280er Format ab: Die 1-TByte-SSD Emtec X400 ist ebenfalls nur 30 Millimeter lang, die Transcend MTE400S hat eine Länge von 42 Millimetern (M.2-2242).

Zum Vergleich haben wir wieder neun ältere und immer noch interessante Modelle aus früheren Tests aufgeführt (siehe Literaturhinweise am Ende des Artikels). Die Samsung 990 Pro haben wir durch die immer noch erhältliche 980 Pro ersetzt, auch die Western Digital WD SN7570 ist

weggefallen, weil wir deren Nachfolger in diesem Test beschreiben. Die Bauform M.2-2230 wird diesmal durch die Kioxia BG5 vertreten, die deutlich günstiger ist als die bisher enthaltene Sabrent Rocket 2230.

Als Vertreter einer schnellen PCIe-4.0-SSD mit dem Silicon-Motion-Controller SM2264 ist die Transcend-SSD MTE250H eingezogen, noch einen Tick schneller ist die Western Digital SN850X mit hauseigenem Controller. Erstmals ist auch eine PCIe-5.0-SSD dabei, nämlich die Crucial T700, die immer noch schnellste SSD mit PCIe 5.0.

Die SSDs mit PCIe 3.0 und 4.0 haben wir auf dem bewährten Testsystem Asus TUF Gaming B550MPlus (Wi-Fi) mit



Goodram SSD IRDM Pro Slim

Die Goodram-SSD IRDM Pro Slim ist beim Lesen und Schreiben recht schnell, kann aber die Geschwindigkeit nicht halten – sie drosselt nach wenigen Sekunden, wahrscheinlich aufgrund zu hoher Temperatur. Auch der recht niedrige Wert im Drive Consistency Benchmark dürfte auf die Hitzeempfindlichkeit zurückzuführen sein.

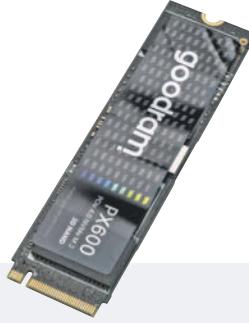
Mit Kühlung hält sie die Geschwindigkeit, die Messungen haben wir dennoch ohne Kühlkörper erledigt, denn wir messen jede SSD primär so, wie wir sie bekommen haben. Rechnet man den Preis eines zusätzlichen Kühlkörpers zum Kaufpreis hinzu, wird die SSD zu teuer für die gebotene Leistung.



✓ schnell

✗ hitzeempfindlich

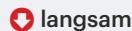
Preis: circa 98 Euro (1 TByte, PCIe 4.0)



Goodram PX600

Fast schon exotisch: Die Goodram PX600 nutzt QLC-Flash, die einzige andere QLC-SSD in diesem Test ist die Mini-SSD von Micron. Zusammen mit dem Phison-Controller erreicht die PX600 beim Lesen mehr als 5 GByte/s, beim Schreiben aber scheitert sie an 4 GByte/s. Und diese Geschwindigkeit hält sie zudem nicht dauerhaft durch: Mit 120 MByte/s im H2testw-Lauf erhält die PX600 die rote Laterne in diesem Benchmark.

Zu viel Schreiblast sollte man der PX600 aber eh nicht zumuten: Im Rahmen der dreijährigen Garantie sind nur 300 TByte erlaubt.



✗ langsam

✗ geringe Endurance

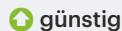
Preis: circa 58 Euro (1 TByte, PCIe 4.0)



Lexar Professional NM710

Die Lexar Professional NM710 ist trotz ihres Namenszusatzes Professional nur die kleine und günstigere Schwester der rechts beschriebenen NM790. Sie nutzt den gleichen Controller von Maxiotek und auch TLC-Flash-Speicher von YMTC – aber schlechteren. Darauf weist schon die Endurance hin, die nur 600 statt 1000 TByte beträgt.

Beim Lesen kommt sie noch auf 5 GByte/s, beim Schreiben aber erreicht sie gerade einmal 4,5 GByte/s. Auch die anderen Benchmarkwerte liegen einige Prozentpunkte unter den Ergebnissen der NM790. Da der Preisunterschied nur 10 Euro beträgt, raten wir eher zum Kauf der NM790.



✓ günstig

✗ eher langsam

Preis: circa 45 Euro (1 TByte, PCIe 4.0)

einem AMD Ryzen 7 5800X gemessen, für die PCIe-5.0-SSDs haben wir das AS-Rock B650 Pro mit einem AMD Ryzen 9 verwendet. Beide Systeme verfügen über 16 GByte DRAM, laufen unter der jeweils aktuellen Version von Windows 11 und waren während der Messungen nicht mit dem Netzwerk verbunden.

Heißläufer

SSDs mit PCIe 5.0 dürfen nach Angaben ihrer Hersteller nicht ohne Kühlung betrieben werden. Die Firecuda 540 aber kam ohne eigenen Kühlkörper an. Daher haben wir den Kühlkörper der Nextorage-SSD NE5N aus dem vergangenen SSD-Test auf die Firecuda geschraubt [3].

Der Grund für den Kühlungzwang liegt in einem Fehler in der Firmware des bei bislang allen 5.0er-SSDs genutzten Controllers, des Phison E26: Er drosselt bei drohender Überhitzung nicht, sondern

schaltet die SSD irgendwann einfach ab. Das kann zu Datenverlusten führen.

Seagate will im September ein Firmware-Update für die Firecuda 540 veröffentlichen, welches dann über die Seatools von Seagate eingespielt werden muss (Download über ct.de/y52p). Adata hat sich bisher nicht zu einem Update für seine Legend 970 geäußert, sondern verweist stattdessen auf die besondere Kühlung seiner SSD durch den im Kühlkörper integrierten Lüfter.

Bei ausreichender Kühlung wäre ein Firmware-Update zwar nicht unbedingt notwendig, aber wie immer gilt: besser haben als brauchen. Oder im Umkehrschluss: Meiden Sie SSDs, deren Hersteller keine Software für ein Firmware-Update im Programm haben. Ob es für eine der in diesem Artikel besprochenen SSDs jemals ein Software-Update geben wird, können wir nicht vorhersagen. Beim Abgrasen der

Unternehmenswebsites haben wir nur beim Braunschweiger Unternehmen Innovation IT keine Supportseite mit Downloads gefunden.

Lexar aber kann nach eigenen Angaben Kunden aus den USA aufgrund von Beschränkungen seitens der US-Regierung keine Firmware-Updates für bestimmte Produkte anbieten – ein entsprechendes Banner weist Besucher der Supportseite darauf hin. US-Bürger könnten aber einfach ein anderes Land auswählen.

SSD mit Lüfter

Die Adata Legend 970 hat, wie schon erwähnt, einen kleinen Lüfter im Kühlkörper. Die Idee dazu stammt aber nicht von Adata, sondern von Phison, dem Hersteller des Controllers. Dieser hat in seinem Referenzdesign festgelegt, dass SSDs mit E26-Controller eine aktive Kühlung benötigen. Ob allerdings Phison auch be-



Lexar NM790

Lexar setzt bei der NM790 komplett auf chinesische Komponenten: Zum SSD-Controller Maxiotek MAP1602A gesellt sich Flash-Speicher mit 232 Lagen von YMTC. Damit liegt die NM790 beim Lesen gleichauf mit der Samsung 990 Pro, beim Schreiben trennen die beiden nur 250 MByte/s.

Der PCMark 10 attestiert der SSD auch eine gute Eignung als Systemlaufwerk, doch den Quasi-Gleichstand schafft sie nicht in allen Disziplinen: Beim Ausdauertest und beim Testlauf mit H2testw erreicht sie nicht einmal die Hälfte der Punkte der 990 Pro. In einer Beziehung aber liegt die NM790 uneinholbar vorne: Sie kostet gerade einmal die Hälfte.

- ⬆️ schnell
- ⬇️ günstig

Preis: circa 55 Euro (1 TByte, PCIe 4.0)



Micron 2400 NVMe SSD

Micron baut bei der 2400 NVMe SSD auf einen recht neuen SSD-Controller von Silicon Motion, der bereits die NVMe-Version 2.0 unterstützt und zudem recht wenig Platinenfläche belegt. Denn Platz dürfte beim Design der 2400 das größte Problem gewesen sein, immerhin bringt Micron 2 TByte QLC-Flash aus der eigenen Produktion darauf unter.

Beim Schreiben großer Dateien reicht es damit für knapp 4 GByte/s, allerdings hält die SSD diese Geschwindigkeit nicht lange durch. Daher kommt die 2400 beim H2testw-Ausdauertest mit 187 MByte/s nur auf einen der hinteren Plätze.

- ⬆️ passt in ultrakompakte Geräte
- ⬇️ teuer

Preis: circa 157 Euro (2 TByte, PCIe 4.0)



Patriot VP4300 Lite M.2 PCIe Gen4 x4 Gaming SSD

Patriot nutzt bei der VP4300 Lite die gleichen Komponenten wie Lexar bei der NM790 und in den meisten Tests ähneln sich die Ergebnisse auch: Zur Samsung 990 Pro ist kein großer Abstand. Die VP4300 schafft das Beschreiben via H2testw sogar deutlich schneller als die Lexar-SSD, aber langsamer als die 990 Pro.

Zudem scheint es Unterschiede bei der Firmware zu geben: Bei hohem Füllstand erlaubt der SLC-Cache der VP4300 eine höhere Schreibrate. Beim Preis aber liegt sie deutlich über der Lexar-SSD, obwohl kein Kühlkörper dabei ist.

- ⬆️ schnell
- ⬇️ recht ausdauernd

Preis: circa 74 Euro (1 TByte, PCIe 4.0)

stimmt hat, dass der Adata-Lüfter mit 1,6 Sone herumlärmt, wissen wir nicht.

Alle anderen Hersteller von SSDs mit PCIe 5.0 liefern entweder einen mehr oder weniger dicken Kühlkörper mit – die Höhen reichen von knapp 18 Millimetern über der Platine bei der Crucial T700 bis hin zu einem Trumm von über 42 Millimetern bei der Gigabyte Aorus – oder überlassen es den Käufern, die SSDs in deren Mainboard-Kühlsystem zu integrieren.

Die einfachen Kühlbleche typischer Mainboards sind bei unseren Tests jedoch nicht in der Lage, die dann entstehende Wärme abzuführen: Die Seagate Firecuda 540 drosselte unter dem Blech unseres B650 Pro RS nach 30 Sekunden Volllast von 10 auf 9 GByte/s. Unter dem dicken Aluminiumblock der Nextorage-SSD erreicht der SSD-Controller zwar immer noch 80 °C, drosselt aber nicht. Denn ertens halten die Chips diese Temperatur

noch problemlos aus und zweitens kommt eine solche Belastung nur selten vor.

Die Kühlung kommender, noch schnellerer SSDs wird immer schwieriger. MSI zeigte auf der IFA einen Prototyp der Spatium M570 Pro FROZR+, in dessen Kühlkörper ein 50-Millimeter-Lüfter integriert war. Immerhin: Dieser dürfte leiser sein als der nervige Fön der Adata-SSD.

Langsamere SSDs brauchen nicht zwingend einen Kühlkörper, zumindest nicht so einen hoch aufragenden wie die 5.0er-SSDs. In der Tabelle finden Sie die Maße der Kühlkörper; wichtig ist das vor allem für Besitzer der Playstation 5: Er darf maximal 12,5 Millimeter hoch sein, sonst passt die SSD nicht mehr hinein. Aber auch PC-Nutzer können Probleme bekommen: Den 75 Millimeter hohen SSD-Kühler Jiushark M.2-Three [4] konnten wir in unserem Testsystem nicht einsetzen, weil der weit ausladende CPU-Kühler im Weg war.

PCIe 5.0: (noch) langweilig

SSDs mit PCIe 5.0 markieren die Oberklasse der SSDs. Allerdings unterscheiden sie sich bisher kaum voneinander: Schon zwei Modelle aus dem letzten Test, die Gigabyte Aorus Gen5 10000E SSD und die Nextorage NE5N, stammten offensichtlich aus der Fertigung von Phison, die beiden 5.0er-Modelle aus diesem Test wohl ebenfalls. Von Adata haben wir bis Redaktionsschluss keine Bestätigung dazu erhalten, Seagate schreibt, dass es sich bei der Firecuda 540 um „eine von Seagate validierte Phison-SSD-Lösung handelt“. Die SSD enthält „Sicherheitsfunktionen, die sicherstellen, dass die Firmware vor Angreifern geschützt ist und Schutz vor gefälschten Laufwerken bietet (z. B. digital signierte Firmware, die sicherstellt, dass eine Firmware-Datei von einer vertrauenswürdigen Quelle erstellt und nicht manipuliert wurde)“.



Samsung 990 Pro NVMe M.2 SSD

Das Aussehen einer SSD spielt ja in unseren Tests nur selten eine Rolle, aber das muss jetzt mal sein: Der Kühlkörper der Samsung 990 Pro ist der schönste, den wir bisher gesehen haben. Technisch bringt er nur wenig, die SSD erreicht in allen Tests fast dieselben Ergebnisse wie die Version ohne Kühlkörper.

Beim Ausdauertest liegt die gekühlte Version hinten, aber das liegt vor allem daran, dass wir diesmal nur mit der halben Kapazität getestet haben. Ansonsten ist die 990 Pro einer der schnellsten SSDs mit PCIe 4.0; bald soll auch eine Version mit 4 TByte erhältlich sein.

- ⬆️ schnell
- ➡️ sehr ausdauernd

Preis: circa 106 Euro (1 TByte, PCIe 4.0)



Seagate Firecuda 540 Gen 5 PCIe SSD

Die Hardware der Seagate Firecuda ähnelt anderen 5.0-SSDs bis aufs Haar, die Firmware aber scheint einen Unterschied zu machen: Beim Dauertest mit H2testw schafft sie wie auch schon die Adata Legend 970 eine weit höhere Geschwindigkeit als ihre älteren Geschwister.

Bei der Übertragung großer Dateien kommt die Firecuda 540 nicht an die Crucial T700 heran, aber beim Zugriff auf zufällige Adressen liegen alle PCIe-5.0-SSDs quasi gleichauf: mehr als 1,4 Millionen IOPS beim Lesen, beim Schreiben hat die Seagate mit 1,54 Millionen IOPS knapp die Nase vorn.

- ⬆️ sehr schnell
- ⬇️ teuer

Preis: circa 306 Euro (2 TByte, PCIe 5.0)



Teamgroup MP44

Teamgroup setzt bei der MP44 auf den SSD-Controller MAP1602 von Maxiotek – wie schnell eine damit bestückte SSD ist, hängt stark vom Flash-Speicher ab. Teamgroup hat bei der MP44 alles richtig gemacht, die SSD gehört zu den schnellsten 4.0er-SSDs in diesem Test. Auch der PCMark 10 bescheinigt ihr eine gute Eignung als Systemlaufwerk, bei Arbeiten unter Last aber bricht sie recht schnell ein.

Bei der Recherche haben wir eine SSD des tunesischen Herstellers Mega PC gefunden, die wahrscheinlich zur MP44 baugleich ist; mangels Muster können wir dies jedoch nicht garantieren.

- ⬆️ schnell
- ➡️ hohe Endurance

Preis: circa 62 Euro (1 TByte, PCIe 4.0)

Auch die Corsair MP700 nutzt die gleichen elektronischen Komponenten, eine nähere Überprüfung war uns jedoch noch nicht möglich: Noch haben wir die SSD nicht in die Finger bekommen. Einem Gerücht zufolge will Corsair die SSD demnächst durch einen Nachfolger ablösen. Auch die Gigabyte Aorus Gen5 10000 SSD hat bereits einen schnelleren Nachfolger, für diese c't-Ausgabe kam die Aorus Gen5 12000 SSD jedoch zu spät. Rund 12,4 GByte/s beim Lesen und 11,8 GByte/s beim Schreiben soll die neue Gigabyte-SSD schaffen, diese oder sehr ähnliche Werte nennen auch Lexar für die NM1090, MSI für die Spatium M570 Pro FROZR, Patriot für die PV553 und Verbatim für die Vi12000 – nicht unwahrscheinlich, dass all diese SSDs wieder bei Phison vom Band laufen und sich bis auf die Kühlkörper und Aufkleber sehr ähneln.

Der Unterschied zu den aktuellen 10-GByte/s-SSDs liegt vor allem im NAND-

Flash, das mit einer höheren Schnittstellen geschwindigkeit von 2000 MT/s betrieben wird – bei den 10er-SSDs lag diese noch bei nur 1600 MT/s. Die bereits erwähnte aktiv gekühlte Plus-Version der FROZR-SSD hat MSI mit noch höheren Werten angekündigt: Die Spatium M570 Pro FROZR+ soll beim Lesen 14 GByte/s liefern, beim Schreiben 12. Nach unserem Wissen muss der Speicher dazu mit einer Schnittstellen geschwindigkeit von 2400 MT/s laufen, MSI wollte sich dazu nicht äußern.

Nach so viel Meckerei nun noch etwas Positives zu den 5.0er-SSDs in diesem Vergleich: Im Dauertest sind sie beide schneller unterwegs als die genannten Modelle aus dem vergangenen Test. Das dürfte vor allem an neuerer Firmware liegen.

Flash-Markt

Die SSD-Preise kannten in den letzten Monaten nur eine Richtung: nach unten.

Wir raten jedoch davon ab, auf noch weiter fallende Preise zu spekulieren.

Auf dem Spotmarkt, wo sich vor allem kleinere Hersteller mit Flash-Speicher eindecken, ziehen die Speicherpreise langsam wieder an. Die Marktbeobachter von Trendfocus haben einen Anstieg von rund 10 Prozent festgestellt. Sie sind sich aber noch nicht sicher, ob sich die Hersteller mit ihren höheren Forderungen langfristig durchsetzen können, denn die Nachfrage scheint noch nicht zu steigen – bis Ende des Jahres, spätestens aber 2024 erwarten viele Marktbeobachter einen deutlichen Schub. In den vergangenen Monaten hatten praktisch alle Hersteller ihre Produktion gedrosselt, dies führt nun so langsam zum gewünschten Effekt: Ein knapperes Angebot bewirkt steigende Preise.

Steigende Spotmarktpreise wirken sich allerdings nicht sofort auf die Endkundenpreise aus, es dürfte einige Mona-



Transcend MTE115S

Die Transcend MTE115S ist die einzige SSD im klassischen 2280er-Format, die noch mit PCIe 3.0 arbeitet – so langsam ist deren Zeit abgelaufen. Der Realtek-Controller nutzt die veraltete NVMe-Version 1.3, beim Beschreiben der gesamten Kapazität mit H2testw kommt die SSD nur auf 176 MByte/s. Transcend versicherte, dass es sich beim Speicher um TLC-Flash handele, die maximale Schreiblast der SSD liegt dennoch bei nur 400 TByte.

Beim Schreiben großer Dateien erreicht die MTE115S nur knapp 2 GByte/s, das ist selbst für PCIe 3.0 langsam. Für die gebotene Leistung ist die SSD im Vergleich zu teuer.

- ✖ langsam unter Last
- ✖ veraltete Technik

Preis: circa 51 Euro (1 TByte, PCIe 3.0)



Transcend MTE400S

Die Transcend MTE400S kommt im sehr ungewöhnlichen Format M.2-2242, sehr wahrscheinlich ist das die erste 2242er, die wir jemals im Test hatten. Der Einsatzbereich ist damit auch eingeschränkt, denn es gibt nur wenige Geräte mit einem solchen Steckplatz, die keine längeren SSDs erlauben. Transcend nutzt wie bei der MTE115S TLC-Speicher, dessen Herkunft uns unbekannt ist, denn auf den Chips prangt ein Transcend-Label.

Beim Beschreiben mit H2testw erreicht die MTE400S nur 347 MByte/s, auch beim Schreiben großer Dateien sind es nur 1,6 GByte/s – doch der Schnuckelfaktor entschuldigt vieles.

- ✖ kompaktes Format
- ✖ eher langsam

Preis: circa 61 Euro (1 TByte, PCIe 3.0)



Western Digital WD Blue SN580 NVMe SSD

Die WD Blue ist die Brot- und Butter-SSD von Western Digital, die SN580 der Nachfolger der SN570. Der hauseigene Controller nutzt nun PCIe 4.0, der Flash-Speicher aber ist der gleiche wie bei der 570er, DRAM gibt es nicht.

Die Beschleunigung gegenüber dem Vorgänger fällt dann auch moderat aus, die SN580 kommt beim Lesen und Schreiben gerade einmal auf rund 4,1 GByte/s. Mit 600 TByte fällt auch die Endurance nicht besonders üppig aus. Da die SSD erst wenige Wochen auf dem Markt ist, könnte sich der Preis noch etwas nach unten bewegen.

- ✖ gut als System-SSD
- ✖ langsam für PCIe 4.0

Preis: circa 50 Euro (1 TByte, PCIe 4.0)

te dauern, bis sich die höheren Kosten im Handel niederschlagen.

Die schlechten Nachrichten aus der gebeutelten Flash-Industrie reißen jedoch nicht ab. Hatte Micron-CEO Sanjay Mehrotra Ende Juni noch prognostiziert, dass die Talsohle erreicht sei, kam Ende Juli die Meldung von SK Hynix, dass die NAND-Lager immer noch zu gut gefüllt seien und daher eine weitere Produktionskürzung notwendig sei. Auch Samsung pausierte laut einem Bericht von Digitimes Teile der Produktion in einem Werk im koreanischen Pyeongtaek.

Aufgrund der derzeit noch niedrigen Preise zeichnet sich eine Verschiebung des Käuferverhaltens ab: 1-TByte-Modelle sinken in der Gunst der Käufer, sie greifen vermehrt zu SSDs mit 2 TByte. SSDs mit weniger als 1 TByte avancieren zu Ladenhütern, auch weil die Preise dafür im Verhältnis zu hoch sind. Auf der anderen Seite

verzeichnen einige Hersteller steigendes Interesse an Kapazitäten oberhalb von 2 TByte.

Die günstigste 4-TByte-SSD kostete zum Redaktionsschluss knapp 150 Euro – allerdings lag für diese SATA-SSD nur ein Angebot vor. Eine PCIe-SSD mit 4 TByte kostet mindestens 170 Euro, für eine richtig schnelle PCIe-SSD wie die NM790 aus diesem Test fallen immer noch knapp 200 Euro an. SSDs mit 8 TByte Speicherplatz sind deutlich teuer, aber zumindest zeichnet sich eine neue Einsatzmöglichkeit ab: Eine Beta-Version einer Firmware für Sonys Playstation 5 unterstützt nun SSDs in dieser Größe.

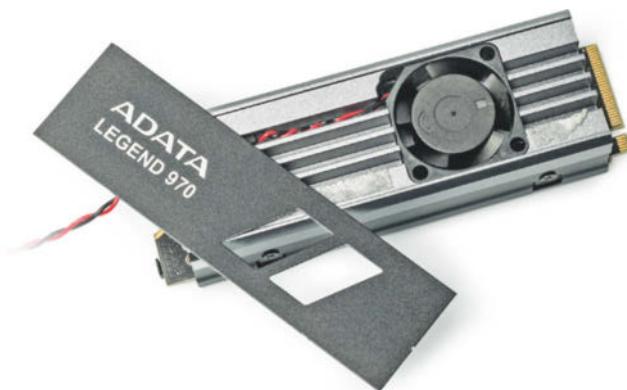
Eine in den vergangenen Monaten für den nun vergangenen August prophezeite Fusion ist nicht zustande gekommen: Kioxia bleibt eigenständig, bis Redaktionsschluss wurde das Unternehmen weder vom Mitstreiter Western Digital noch von

einem anderen Unternehmen übernommen. Um eine Übernahme ist es in den letzten Wochen sehr ruhig geworden.

Flash-Technik

Die Herstellungskosten für Flash-Speicher sind hoch. Um die Kosten pro Bit weiter zu senken, packen die Hersteller immer mehr Bits auf die gleiche Fläche oder speichern mehr Bits in einer Zelle.

SK Hynix stellt für die nächste Generation (V9) 321 Flash-Zellen übereinander in Aussicht – dabei produzieren die Koreaner drei Blöcke à 107 Zellen und verbinden diese im Nachgang miteinander. SK Hynix nutzt dabei TLC-Flash und will pro Die 1 Tbit Daten speichern – ein fertiges Baulement aus 16 Einzelchips könnte also 2 TByte fassen. Bis zur Serienproduktion wird jedoch noch viel Zeit vergehen, SK Hynix rechnet mit dem Start im ersten Halbjahr 2025. Gerade erst vor wenigen



SSD mit Lüfter: Adata folgt bei der Legend 970 den Vorgaben des Controller-Herstellers Phison, was empfindliche Gemüter stören dürfte.

Monaten hat das Unternehmen die Massenproduktion der achten Flash-Speicher-Generation mit 238 Lagen gestartet.

Samsung will bereits im nächsten Jahr die Grenze von 300 Lagen überschreiten. Einem Bericht der asiatischen Digitimes zufolge soll Samsung dabei mit zwei Flash-Blöcken auskommen. Im Vergleich zur SK-Hynix-Technik mit drei Blöcken braucht Samsung damit zwar weniger Material, dürfte jedoch mit einer geringeren Ausbeute arbeiten müssen – je weniger

Layer ein Flash-Block hat, desto einfacher ist dessen Herstellung. Samsungs darauf folgender Speicher aber wird wohl ebenfalls aus drei Blöcken bestehen, zur Anzahl der Lagen gibt es noch keine genauen Informationen – Gerüchte nennen die Zahl 430.

Flash-Speicher des chinesischen Unternehmens YMTC ist zwar in immer mehr SSDs vertreten – in diesem Test sind es fünf –, beim Layer-Wettbewerb dürfte YMTC aber zukünftig erst einmal außen

vor bleiben: US-Sanktionen verhindern die Auslieferung neuerer Maschinen.

Ein anderer Weg zur Erhöhung der Bitdichte ist die Erhöhung der Bits pro Zelle. Standard ist aktuell TLC-Flash, welcher drei Bits pro Zelle speichert; der Controller muss dabei acht verschiedene Spannungslevel unterscheiden. Bei vier Bit pro Zelle (Quad Level Cell, QLC) sind es bereits 16 Level, eine Penta Level Cell nutzt 32 unterschiedliche Spannungslevel – noch ist PLIC-Flash aber nicht verfügbar.

SK Hynix hat nun eine neue Idee mit halben Zellen vorgebracht; Multi-Site-Zellen nennt sie der Hersteller. Dabei speichert jede halbe Zelle 2,5 Bits, die ganze Zelle insgesamt also fünf – da jede halbe Zelle mit nur sechs verschiedenen Spannungsleveln arbeitet, ist sie etwa so schnell wie eine TLC-Zelle. Eine ähnliche Idee hatten Kioxia und Western Digital bereits 2019 unter dem Namen Twin BiCS Flash vorgestellt, danach hat man davon jedoch nichts mehr gehört.

SSD-Controller

Bei SSDs mit PCIe 5.0 dominiert aktuell der Phison-Controller E26, bei den 4.0er-SSDs

SSDs mit PCIe 3.0, 4.0 und 5.0 – Benchmarks

Modell	seq. Transferraten Schreiben/Lesen ¹ [MByte/s]	seq. Transferraten Schreiben gesamte SSD ² / 5 Minuten ¹ [MByte/s]	IOPS Lesen QD=1/32/256 ³ [in Tausend]	IOPS Schreiben QD=1/32/256 ³ [in Tausend]	PCMark 10 Drive Performance Consistency / Full System Drive ⁴ [Punkte]
	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►
Adata Legend 970 PCIe Gen5 x4 M.2 2280 Solid State Drive	10188/10050	2150/10179	21/536/1430	85/399/1114	1687/4582
Emtec X400-15 SSD Power Pro	4711/4811	748/4129	19/338/658	67/446/754	913/2500
Innovation IT PerformanceY GEN4 NVMe PCIe 4.0 x 4 retail	4613/4779	517/4605	18/329/443	58/506/535	491/2275
Goodram SSD IRDM Pro Slim	5525/6845	732/4534	19/338/835	70/610/1274	809/2881
Goodram PX600	3878/5177	120/3866	16/226/611	70/508/864	508/998
Lexar Professional NM710	4406/5071	958/4404	18/332/615	55/281/427	754/3068
Lexar NM790	16638/7453	847/6642	21/488/687	57/287/434	1018/3451
Micron 2400 NVMe SSD	3225/4425	187/2515	18/369/560	61/412/570	491/2545
Patriot VP4300 Lite M.2 PCIe Gen4 x4 Gaming SSD	6641/7448	1160/6643	20/488/683	56/287/434	1049/3496
Samsung 990 Pro NVMe M.2 SSD	6894/7460	1630/6896	20/491/1200	62/530/1350	2352/3681
Seagate Firecuda 540 Gen 5 PCIe SSD	10189/10058	1930/10175	21/534/1429	83/551/1525	1736/4571
Teamgroup MP44	6633/7448	1150/6633	21/489/683	55/241/338	1013/3504
Transcend MTE115S	1914/3240	176/1820	12/210/257	43/206/195	949/1636
Transcend MTE400S	1654/2117	206/1687	13/126/110	46/190/187	347/1489
Western Digital WD Blue SN580 NVMe SSD	4129/4119	600/3976	20/247/473	61/509/617	996/3274
Zum Vergleich					
Crucial T700 SSD	11821/12332	1710/5283	20/532/1493	84/410/1211	3644/4688
Kingston NV2	2942/3645	584/2943	18/287/626	72/437/598	484/1446
Kioxia BG5 Client SSD 2230	2728/3512	631/2177	18/332/415	58/105/105	691/2945
Lexar NM800 Pro	6336/7422	1170/6334	22/483/1011	59/477/1103	786/3101
Samsung SSD 980	2855/3570	501/2837	17/369/500	53/379/384	409/2671
Samsung SSD 980 Pro	4953/6648	1690/4937	22/503/1020	55/505/1035	2130/2910
Solidigm P44 Pro	6777/7370	1510/6772	21/509/1399	66/488/1207	1646/3736
Transcend MTE250H	6381/7117	662/6205	15/333/644	68/467/768	1089/3086
Western Digital SN850X	6681/7368	1560/6423	21/447/1181	64/519/825	1260/3682

¹ gemessen mit Iometer, Blockgröße 512 KByte, Laufzeit 60 s

² gemessen mit H2testw

³ gemessen mit Iometer, Blockgröße 4 KByte, Laufzeit 60 s

⁴ auf Asus TUF Gaming B550M-Plus (Wi-Fi) mit AMD Ryzen 7 5800X und 16 GByte DRAM, PCIe 5.0-SSDs auf ASRock B650 Pro mit AMD Ryzen 9 7950X und 32 GByte DRAM



Crucial T700 PCIe Gen5 NVMe M.2 SSD

Test in c't 16/2023, S. 88

⬆️ sehr schnell

⬇️ teuer

Preis: circa 345 Euro (2 TByte, PCIe 5.0)



Kingston NV2

Test in c't 2/2023, S. 116

⬆️ günstig

⬇️ wechselnde Komponenten möglich

Preis: circa 43 Euro (1 TByte, PCIe 4.0)



Kioxia BG5 Client SSD 2230

Test in c't 23/2022, S. 94

⬆️ M.2 2230 verfügbar

⬇️ langsam für PCIe 4.0

Preis: circa 77/100 Euro (1 TByte, PCIe 4.0)



Lexar NM800 Pro

Test in c't 2/2023, S. 116

⬆️ hohe Endurance

⬆️ schnell

Preis: circa 71 Euro (1 TByte, PCIe 4.0)



Samsung SSD 980

Test in c't 18/2021, S. 106

⬆️ schnell ...

⬆️ ... auch unter Dauerlast

Preis: circa 44 Euro (1 TByte, PCIe 4.0)



Samsung SSD 980 Pro

Test in c't 18/2021, S. 106

⬆️ schnell

⬆️ geringe Erwärmung

Preis: circa 63 Euro (1 TByte, PCIe 4.0)



Solidigm P44 Pro

Test in c't 2/2023, S. 114

⬆️ schnell

⬆️ beschleuniger Treiber

Preis: circa 83 Euro (1 TByte, PCIe 4.0)



Transcend MTE250H

Test in c't 8/2023, S. 86

⬆️ schreibt schnell

⬆️ auch bei hohen Füllständen

Preis: circa 78 Euro (1 TByte, PCIe 4.0)



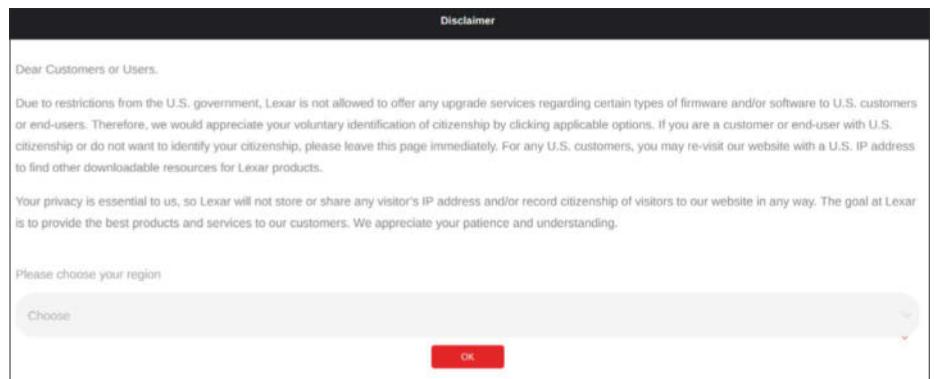
Western Digital SN850X

Test in c't 23/2022, S. 94

⬆️ sehr schnell

⬆️ sehr dauerlastfest

Preis: circa 65 Euro (1 TByte, PCIe 4.0)



US-Bürger müssen draußen bleiben: Lexar darf nach eigenen Angaben keine Downloads durch US-Bürgern zulassen. Aber man kann ja selbst auswählen, wo man lebt.

gibt es mehr Konkurrenz. Lange Zeit lagen der Phison-Controller E18 zusammen mit dem Pascal-Controller von Samsung an der Leistungsspitze, doch die Konkurrenz hat aufgeholt: Der MAP16032A von Maxiotek reizt die Schnittstelle fast ebenso gut aus, vier SSDs aus diesem Test sind mit dem chinesischen Controller bestückt. Dafür braucht er aber auch flottes NAND: Während die Lexar NM790 damit zur Spitzengruppe gehört, dümpelt die Professional NM710 mit gleichem Controller, aber älterem Flash-Speicher in der Mittelklasse herum.

Weitere 4.0er-SSDs aus der Mittelklasse verwenden Innogrit IG5220, Phison E21 oder Silicon Motion SM2269XT, während die beiden 3.0er-SSDs von Transcend mit den älteren Modellen Realtek

RTS5766DL beziehungsweise Silicon Motion SM2263XT arbeiten. Eine Bemerkung noch zu Silicon Motion: Eigentlich war der 4 Milliarden schwere Verkauf des Unternehmens an die amerikanische MaxLinear schon unterschrieben, doch letztere machte einen Rückzieher. Jetzt streiten die Anwälte der beiden Firmen um Schadenersatzforderungen.

Fake-SSDs

USB-Sticks und -SD-Karten mit geringerer Kapazität als angegeben sind an der Tagesordnung. Unser Testprogramm H2testw ist seit mehr als 20 Jahren auf der Suche nach solchen Betrugsvorwürfen. Erst kürzlich ist uns die erste SATA-SSD in die Hände gefallen, die weniger Flash-Speicher enthielt als der Controller vorgab [5].

Nun sind die ersten PCIe-SSDs dran: Eine bei Aliexpress als „Samsung 980 Evo“ mit 4 TByte Speicherplatz verkauft SSD entpuppte sich nach Angaben des YouTubers „der8auer“ als lahme SATA-SSD, die im Test mit CrystalDiskMark beim Lesen gerade einmal 36 MByte/s erreichte und beim Schreiben nicht einmal 1 MByte/s – auf die Ermittlung der echten Kapazität hat der Youtuber verzichtet, da dies nach Berechnungen von H2testw mehrere Tage gedauert hätte.

Dazu gleich ein Tipp: Wenn Sie eine Fälschung vermuten, lassen Sie H2testw zunächst nur einen Teil des angeblich vorhandenen Speichers testen. Verwenden Sie Testgrößen, die etwas oberhalb typischer Fälschungen liegen. Ein Test mit 70 GByte beispielsweise entlarvt sicher einen gefälschten Stick mit echten 64 GByte, mehr bauen die meisten Fälscher nicht ein. Falls der Speicher den Test besteht, wiederholen Sie den Test mit der doppelten Speichermenge – denn mit dem ersten Erfolg hat der Speicher den Gesamttest noch nicht bestanden. Vor allem eine sehr geringe Geschwindigkeit deutet auf Fake-SSDs hin.

Energieverbrauch

Der Energieverbrauch einer PCIe-SSD ist aus verschiedenen Gründen schwer zu bestimmen. Das liegt vor allem daran, dass wir für die Messungen nicht den M.2-Slot nutzen können, sondern einen M.2-PCIe-Adapter einsetzen müssen, der über eine

M.2-SSDs mit PCIe 3.0, 4.0 und 5.0

Modell	Legend 970 PCIe Gen5 x4 M.2 2280 Solid State Drive	X400-15 SSD Power Pro	PerformanceY GEN4 NVMe PCIe 4.0 x 4 retail	SSD IRDM Pro Slim	PX600	Professional NM710	NM790
Hersteller	Adata, adata.com	Emtec, emtec-international.com	Innovation IT, innovationit.de	Goodram, goodram.com	Goodram, goodram.com	Lexar, lexar.com	Lexar, lexar.com
Bezeichnung	SLEG-970-2000GCI	EMTEC X415 1000GB	SSD_M.2_Pcie4_1TB_InnovationIT	IRP-SSDPR-P44S-1K0-80	SSDPR-PX600-1K0-80	Lexar SSD NM710 1 TB	Lexar SSD NM790 1 TB
Kapazität laut Hersteller ¹	2 TByte	1 TByte	1 TByte	1 TByte	1 TByte	1 TByte	1 TByte
von Windows erkannte Kapazität	1863 GByte	932 GByte	954 GByte	932 GByte	932 GByte	932 GByte	954 GByte
Interface / Protokoll	PCIe 5.0 x4 / NVMe 2.0	PCIe 4.0 x4 / NVMe 1.4	PCIe 4.0 x4 / NVMe 1.4	PCIe 4.0 x4 / NVMe 1.4	PCIe 4.0 x4 / NVMe 1.4	PCIe 4.0 x4 / NVMe 1.4	PCIe 4.0 x4 / NVMe 1.4
Bauform / Bestückung / Bauhöhe über Platine	M.2 2280 / doppelseitig / 14 mm	M.2 2230 / einseitig / 1,1 mm	M.2 2280 / einseitig / 1,1 mm	M.2 2280 / einseitig / 1,1 mm	M.2 2280 / einseitig / 1,1 mm	M.2 2280 / einseitig / 1,1 mm	M.2 2280 / einseitig / 1,4 mm
SSD-Controller / NAND-Kanäle	Phison E26 / 8	Phison E21 / 4	InnoGrit IG5220 / 4	Phison E18 / 8	Phison E21 / 4	Maxio MAP1602A / 4	Maxio MAP1602A / 4
Flash-Hersteller / Flash-Art	Micron / TLC	Micron / TLC	YMTC / TLC	Kioxia / TLC	Micron / QLC	YMTC / TLC	YMTC / TLC
Schreibleistung pro Tag ²	767 GByte	110 GByte	1826 GByte	384 GByte	274 GByte	329 GByte	548 GByte
Leistungsbedarf PS0 ... PS4 [Watt] ²	0,144 / 0,144 / 6 / 8 / 11,5	0,005 / 0,07 / 1,92 / 2,4 / 5	0,02 / 0,15 / 2,8 / 3,3 / 3,5	0,044 / 0,062 / 5,2 / 7,1 / 8,8	0,005 / 0,05 / 1,5 / 2,4 / 5,5	0,0025 / 0,05 / 3,6 / 5,8 / 6,5	0,0025 / 0,05 / 3,6 / 5,8 / 6,5
Garantie	5 Jahre	5 Jahre	3 Jahre	5 Jahre	3 Jahre	5 Jahre	5 Jahre
Preis pro TByte	184 €	150 €	57 €	105 €	62 €	45 €	55 €
Straßenpreis	342 €	140 €	54 €	98 €	58 €	42 €	52 €
weitere erhältliche Kapazitäten	1 TByte (207 €)	500 GByte (86 €)	512 GByte (32 €), 2TByte (89 €)	2TByte (175 €), 4TByte (387 €)	250 GByte (32 €), 500 GByte (39 €), 2TByte (89 €), 2TByte (114 €)	500 Gbyte (29 €), 2TByte (92 €), 4TByte (191 €)	512 GByte (43 €), 2TByte (92 €), 4TByte (191 €)

¹ Die Hersteller rechnen mit 1 GByte = 1.000.000.000 Byte. Für Windows dagegen ist 1 GByte = 1.073.741.824 Byte, die angezeigte Kapazität ist daher kleiner. ² Herstellerangaben

PCIe-Riser-Karte angebunden ist – von dieser aus führen dicke Leitungen zum Leistungsmesssystem.

Die Stromwege und damit der Leitungswiderstand sind dadurch deutlich länger beziehungsweise höher als in einem M.2-Slot. Dies führt bei einigen SSDs dazu, dass sie sich zwar beim Systemstart melden, bei der Messung dann aber verabschieden – der Spannungsabfall auf den Leitungen führt zu Fehlern. Andere SSDs melden sich gar nicht erst an. Wir testen zwar immer wieder neue Systeme und Adapterkarten durch, sind aber noch zu keinem befriedigenden Ergebnis gekommen.

Die SSDs geben jedoch ihren maximalen Leistungsbedarf in den verschiedenen Modi auf Anfrage heraus – und da offenbaren sich gewaltige Unterschiede (siehe Tabelle). Zwischen 2,5 und 726 Milliwatt liegen etwa die Werte für die niedrigste Leistungsstufe – die SSD von Teamgroup ist für den hohen Wert zuständig, die beiden Lexar-SSDs und die Patriot markieren die Untergrenze. Die beiden PCIe-5.0-SSDs beantragen im Betrieb bis zu 11,5 Watt, die Innovation-IT-SSD gibt sich mit 3,5 Watt zufrieden.

Fazit

Die drei kleinen SSDs sind Sonderfälle. Für viele Anwender am interessantesten ist sicher die Micron 2400 mit ihrer hohen Kapazität, die Emtec X400 kostet trotz nur halber Kapazität fast gleich viel. Die Transcend MTE400S ist günstig, passt mit 42

Mehr Belüftung für M.2-SSDs:
Der SSD-Kühler T-FORCE Dark Air-Flow I sieht schick aus, macht aber ebenfalls Geräusche.

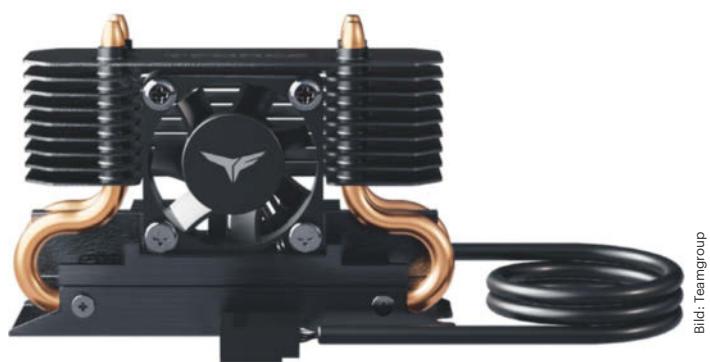


Bild: Teamgroup

Millimeter Länge jedoch nur in wenigen Geräten – wer mehr Platz hat, kann auch gleich eine klassische 2280er-SSD kaufen.

Die größte Vielfalt gibt es bei SSDs mit PCIe 4.0, der neuen Mittelklasse. Zu den schnellsten gehören die Goodram ISDM Pro Slim, die Lexar NM790, die Patriot VP4300 Lite, die Samsung 990 Pro und die Teamgroup MP44. Während die Lexar-SSD nur 52 Euro kostet, muss man für die Samsung-SSD das Doppelte bezahlen. Die 990 Pro sticht aber auch positiv hervor, etwa bei der Geschwindigkeit unter hoher Last. Die Goodram-SSD erwärmt sich sehr schnell und drosselt dann, sie gehört unter einen Kühlkörper.

Vier weitere 4.0er-SSDs schaffen es nur knapp über das Limit von PCIe 3.0: Innovation IT PerformanceY, Goodram PX600 und Lexar Professional NM710 erreichen beim Lesen knapp 5 GByte/s, die Western Digital Blue SN580 kommt dabei nur knapp über 4 GByte/s. Die QLC SSD

PX600 ist die teuerste, aber in vielen Disziplinen auch die langsamste.

Am schnellsten sind erwartungsgemäß die SSDs mit PCIe 5.0. Mehr als 10 GByte/s sind aber bisher nicht drin – wer noch etwas warten kann, sollte es tun: Noch einmal deutlich schnellere SSDs sind in der Entwicklung, spätestens zu Weihnachten wird es SSDs mit 12 oder gar 14 GByte/s geben. (ll@ct.de) ct

Literatur

- [1] Lutz Labs, Flash-Rennen Spezial, Zehn SATA-SSDs im Test, c't 11/2023, S. 96
- [2] Lutz Labs, M.2-Erweiterung, PCIe-Karten für vier M.2-SSDs, c't 10/2023, S. 104
- [3] Lutz Labs, Flash-Rennen, 18 SSDs mit PCIe 3.0, 4.0 und 5.0 im Test, c't 16/2023, S. 88
- [4] Lutz Labs, SSD-Kühlturn, Kühlern für M.2-SSDs, c't 21/2022, S. 78
- [5] Lutz Labs, Made in Chona, Fake-SSD aus China, c't 7/2023, S. 44

Download Testprogramme, Links zum Preisvergleich: ct.de/y52p

2400 NVMe SSD	VP4300 Lite M.2 PCIe Gen4 x4 Gaming SSD	990 Pro NVMe M.2 SSD	Firecuda 540 Gen 5 PCIe SSD	MP44	MTE115S	MTE400S	WD Blue SN580 NVMe SSD
Micron, micron.com	Patriot, patriotmemory.com	Samsung, samsung.de	Seagate, seagate.de	Teamgroup, teamgroupinc.com	Transcend, transcend-info.com	Transcend, transcend-info.com	Western Digital, wdc.com
Micron Client 2400 2TB	Viper VP4300L 1TB	Samsung SSD 990 PRO with Heatsink 1 TB	ZP2000GM3A004	TEAM TM8FPW001T	TS1TMTE115S	TS1TMTE400S	WD Blue SN580 1TB
2 TByte	1 TByte	1 TByte	2 TByte	1 TByte	1 TByte	1 TByte	1 TByte
1908 GByte	932 GByte	932 GByte	1863 GByte	954 GByte	932 GByte	954 GByte	932 GByte
PCIe 4.0 x4 / NVMe 1.4	PCIe 4.0 x4 / NVMe 1.4	PCIe 4.0 x4 / NVMe 2.0	PCIe 5.0 x4 / NVMe 2.0	PCIe 4.0 x4 / NVMe 1.4	PCIe 3.0 x4 / NVMe 1.4	PCIe 3.0 x4 / NVMe 1.3	PCIe 4.0 x4 / NVMe 1.4
M.2 2230 / einseitig / 1,4 mm	M.2 2280 / einseitig / 1,4 mm	M.2 2280 / einseitig / 5,8 mm	M.2 2280 / doppelseitig / 1,3 mm	M.2 2280 / einseitig / 1,4 mm	M.2 2280 / einseitig / 1,3 mm	M.2 2242 / einseitig / 1,4 mm	M.2 2280 / einseitig / 1,2 mm
Silicon Motion SM2269XTG / 4	Maxiotek MAP1602A / 4	Samsung Pascal / 8	Phison E26 / 8	Maxiotek MAP1602A / 4	Realtek RTS5766DL / 4	Silicon Motion SM2263XT / 4	20-82-10082-A1 / 4
Micron / QLC	YMTC / TLC	Samsung / TLC	Micron / TLC	YMTC / TLC	Transcend / TLC	Transcend / TLC	Western Digital / TLC
548 GByte	438 GByte	329 GByte	1096 GByte	795 GByte	219 GByte	219 GByte	329 GByte
0,004 / 0,025 / 3,8 / 4,6 / 9	0,0025 / 0,05 / 3,6 / 5,8 / 6,5	0,005 / 0,04 / 9,39 / 9,39 / 9,39	0,144 / 0,144 / 6 / 8 / 11,5	0,726 / 0,746 / 3,6 / 5,8 / 6,5	0,005 / 0,03 / 3 / 4 / 8	0,004 / 0,045 / 1,5 / 3 / 6	0,005 / 0,015 / 2,2 / 3,3 / 4,8
3 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre
82 €	79 €	114 €	164 €	65 €	55 €	64 €	54 €
157 €	74 €	106 €	306 €	62 €	51 €	61 €	50 €
512 GByte (71 €)	2 TByte (105 €), 4 TByte (244 €)	1 TByte (179 €), 2 TByte (168 €)		512 GByte (46 €), 2 TByte (96 €), 4 TByte (262 €), 8 TByte (850 €)	250 GByte (22 €), 500 GByte (31 €), 2 TByte (95 €)	256 GByte (29 €), 512 GByte (40 €)	250 GByte (38 €), 500 GByte (38 €), 2 TByte (100 €)



Mittelklassenkampf

Mainstream-Grafikkarten von AMD, Intel und Nvidia ab 250 Euro

Wer sich nach einer neuen Mainstream-Grafikkarte umschaut, hat viel Auswahl. Nach den Modellwechseln im Sommer lautet die Frage aber nicht nur „AMD, Intel oder Nvidia?“, sondern auch „brandneu oder doch lieber last-gen?“. Acht Karten stellen sich dem Vergleich, auch mit ihren Vorgängern.

Von Benjamin Kraft

Nach längerer Durststrecke, während der selbst Mainstream-Grafikkarten erst unverschämt teuer, dann kaum verfügbar und gern auch mal beides zugleich waren, gibt es nun eine neue Generation. Das Angebot ist angenehm groß, die Preise haben sich zumindest halbwegs normalisiert. Allerdings blieb der erwartete Performance-Schub bei den im Laufe des Sommers erschienen Karten aus: AMDs Radeon RX 7600 und Nvidias GeForce RTX 4060 sind nur wenig schneller als ihre Vorgänger, die zumindest vorerst am Markt bleiben. Die wiederum bieten etwas geringere Leistung zum niedrigeren Preis. Und dann gibt es noch Intels Arc A750 Limited Edition, die seit ihrem Erscheinen im Oktober 2022 preislich so stark abgerutscht ist, dass sie gut zu den vorgenannten Modellen passt.

Acht aktuelle Mainstream-Grafikkarten von AMD, Intel und Nvidia haben wir im Labor geprüft – auch im Hinblick auf ihre Eignung als Alternativbestückung für unseren Budget-Gamer-Bauvorschlag [1]. Vertreter der GeForce RTX 4060 zu Preisen von 325 bis 345 Euro stammen von Asus, Gigabyte, Inno3D und Zotac. Gainwards günstigere GeForce RTX 4060 Ghost hatten wir bereits im Test [2]. Die Radeon RX 7600 repräsentieren Modelle von PowerColor, Sapphire und XFX zu Preisen von 270 bis 300 Euro. AMDs derzeit nicht verfügbare Referenzkarte hatten wir uns in [3] angeschaut.

Von Intel kommt die Arc A750 Limited Edition, die bislang eher ein Schattendasein fristet. Dabei versprechen ihre technischen Daten Performance oberhalb

der beiden Konkurrenten. Asrocks Partnermodell Arc A750 Challenger D 8GB OC hatten wir ebenfalls bereits im Test [4]. Zum Redaktionsschluss kosteten die Karten etwa 250 Euro.

Ergänzend zu diesem Oktett blicken wir bei AMD und Nvidia auf die Vorgängergeneration in Form der GeForce RTX 3060 mit 12 GByte (ab 275 Euro) und der Radeon RX 6650 XT (ab 245 Euro) zurück. Bei der Nvidia-Karte entschieden wir uns für die teurere Variante mit 12 GByte Videospeicher, die aufgrund ihres 192 Bit breiten Speicherinterfaces einen höheren Speicherdurchsatz und damit eine höhere 3D-Performance erzielt als das ansonsten identische Modell mit 8 GByte Speicher und 128-Bit-Speicheranbindung.

Kurzer Überblick

Anstatt noch einmal die technischen Daten und Fähigkeiten aufzuzählen, wollen wir nur das Wichtigste rekapitulieren. Die GPUs haben jeweils 8 GByte Videospeicher und liefern in den meisten Fällen ausreichend Performance, um aktuelle Spiele in Full HD (1920×1080 Pixel) mit höchster Detailstufe ruckelfrei darzustellen. WQHD (2560×1440) schaffen sie mit reduzierten Details oder in älteren Spielen. Sie steuern bis zu vier Displays an und tragen eine Mischung aus HDMI- und DisplayPort-Ausgängen. HDMI implementiert das Herstellertrio in Version 2.1a, beim DisplayPort setzen AMD und Intel auf 2.1 und 2.0, Nvidia noch auf 1.4a. In jedem Fall reicht das für mehrere Full-HD-Displays oder eine 4K-Anzeige mit 120 Hertz, mit aktivierter DSC (Display Stream Compression) sogar noch für 8K mit mindestens 60 Hertz.

Die Karten nutzen als Schnittstelle das abwärtskompatible PCI Express 4.0

und kommen wie bei Grafikkarten üblich in den PEG Slot. Doch während Intels Arc A750 LE nicht nur mechanisch, sondern auch elektrisch eine x16-Karte ist, haben die Anschlussleisten von Radeon RX 7600 und GeForce RTX 4060 nur acht PCIe-Kontakte. Für die Energieversorgung benötigen AMD und Nvidia jeweils ein achtpoliges PCIe-Stromkabel, Intel zusätzlich ein sechspoliges.

Einigkeit herrscht bei der Unterstützung moderner Video-Codecs, denn die aktuelle GPU-Generation kann H.264/AVC, H.265/HEVC und AV-1 in Hardware encode und dekodieren und so die CPU-Kerne entlasten. Für ältere Kompressionsformate fällt nach und nach die Unterstützung weg. VP9 beispielsweise unterstützen Intel und Nvidia noch komplett, AMD nur dekodierend. VC-1 kennen die Hardware-Einheiten der Radeons gar nicht mehr, Intels Hardwaredecoder können sie wenigstens abspielen.

Für KI und Bildbearbeitung hält Nvidia dank seiner Schnittstellen CUDA für Berechnungen auf der Grafikkarte und Optix nach wie vor die meisten Trümpfe. AMD hinkt mit ROCm hinterher, hat mit HIP aber nun immerhin eine Art CUDA-Übersetzer für die eigenen Karten. Bei Intel heißt die Schnittstelle oneAPI und ist als offener Standard ausgelegt, aber ebenfalls weniger präsent als CUDA. OpenCL unterstützen alle.

Jede Firma hat inzwischen eine eigene Upscaler-Technik entwickelt. Die Idee: Spiele werden mit einer kleineren Auflösung gerendert und dann von der GPU hochskaliert, umso mehr Performance zu liefern. Vorreiter war Nvidia mit DLSS (Deep Learning Super Sampling), das die Tensor-Cores der RTX-Grafikkarten voraussetzt und somit nur auf Nvidia-GPUs

läuft. AMDs Gegenentwurf heißt FSR (FidelityFX Super Resolution) und funktioniert anders als DLSS auch auf Grafikkarten von Nvidia (ab der GTX-1000-Serie alias Pascal) und Intels Arc-Modellen. XeSS (Xe Super Sampling) ist Intels Interpretation des Themas und macht ein wenig von beidem. In einem Modus nutzt es DP4a-Befehle (Dot-Product of 4 Elements and Accumulate), was auch bei Nvidia seit der Pascal-Familie (GTX 1000) und bei AMD seit der Vega 20 (Radeon VII) an Bord funktioniert. Dabei werden vier INT8-Befehle in einer FP32-Rechenoperation abgearbeitet. Im anderen spannt es analog zu Nvidias Tensor-Cores Intels XMX-Einheiten für die Berechnungen ein. Das Ergebnis ist dasselbe, nur dass es die XMX-Cores schneller berechnen.

Damit sie in Spielen funktionieren, müssen Entwickler die Upscaler in ihre Spiele einbauen. Die breiteste Unterstützung genießt aktuell Nvidias proprietäres DLSS gefolgt von AMDs herstellerübergreifendem FSR. XeSS findet man vergleichsweise selten.

Apropos Spiele: Oft bekommt man vom Hersteller beim Kauf einer Grafikkarte ein Spiel geschenkt. AMD gibt Radeon-Käufern derzeit das Weltraumerkundungsrollenspiel Starfield mit, Nvidia legt GeForce-Karten einen PC Game Pass für drei Monate bei. Und wer bis zum 10. September eine Arc-Grafikkarte von Intel gekauft hat, erhält Assassin's Creed Mirage und Nightingale. Achtung: In jedem Fall muss man die Karten bei bestimmten Partnern kaufen, den Beleg bis zu einem gewissen Datum vorlegen und den Coupon vor Ende des Aktionszeitraums einlösen. Die Aktionsbedingungen finden Sie über ct.de/ywac.

Mainstream-Grafikkarten ab 250 Euro: DirectX-12-Benchmarks in Full HD

Grafikkarte	A Plague Tale: Requiem (ohne RT) [P1-/Ø-fps] ¹	F1 22 (ohne RT) [P1-/Ø-fps] ²	F1 22 (mit RT) [P1-/Ø-fps] ³	Shadow o. t. Tomb Raider (ohne RT) [P1-/Ø-fps] ⁴	Shadow o. t. Tomb Raider (mit RT) [P1-/Ø-fps] ⁵	Metro Exodus Enhanced (mit RT) [P1-/Ø-fps] ⁶	Control (mit RT) [P1-/Ø-fps] ⁷	Cyberpunk 2077 (mit RT) [P1-/Ø-fps] ⁸
	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►	besser ►
AMD Radeon RX 6600	■ 28/35	■ 126/155	■ 28/36	■ 89/115	■ 34/62	■ 32/48	■ 26/31	■ 12/15
AMD Radeon RX 6650 XT	■ 35/43	■ 143/181	■ 35/43	■ 105/137	■ 41/73	■ 37/57	■ 31/38	■ 14/17
AMD Radeon RX 7600	■ 38/47	■ 137/180	■ 37/50	■ 108/143	■ 46/78	■ 42/66	■ 32/39	■ 16/19
AMD Radeon RX 7700 XT	■ 64/75	■ 183/252	■ 60/76	■ 143/195	■ 79/119	■ 58/93	■ 51/62	■ 27/33
Intel Arc A750	■ 36/45	■ 85/123	■ 35/52	■ 65/106	■ 40/67	■ 51/77	■ 35/48	■ 18/24
Nvidia GeForce RTX 3060 12 GByte	■ 34/40	■ 119/148	■ 43/49	■ 90/122	■ 57/78	■ 33/55	■ 36/41	■ 23/26
Nvidia GeForce RTX 4060	■ 42/49	■ 138/179	■ 52/58	■ 114/151	■ 71/97	■ 39/66	■ 42/48	■ 30/35
Nvidia GeForce RTX 4060 Ti	■ 51/62	■ 147/233	■ 70/78	■ 132/183	■ 79/119	■ 44/83	■ 51/61	■ 36/44
Nvidia GeForce RTX 4070	■ 67/80	■ 167/264	■ 85/103	■ 135/216	■ 109/161	■ 55/108	■ 72/86	■ 49/57

gemessen unter Windows 11 auf Ryzen 9 5900X, 32 GByte RAM, VSync aus; dunkler Balken: P1-Perzentil, d. h. 99 Prozent der Bildrate ist höher, heller Balken: Durchschnittswert

¹ Preset Ultra ² Preset Ultrahoch, TAA, 16x AF, HBAO+ ³ Preset Ultrahoch, TAA, 16x AF, HBAO+, Raytracing Hoch ⁴ Preset Ultrahoch, TAA, Raytracing-Schatten Ultra ⁵ Preset Ultrahoch, TAA, Raytracing-Schatten Ultra

⁶ Preset Ultra, Raytracing High ⁷ Preset High, Raytracing High ⁸ Preset Ultra, Raytracing Ultra

Dimensionsfragen

Viele Hersteller bezeichnen ihre Karten als Dual-Slot-Modelle, was eigentlich bedeutet, dass sie zwei Erweiterungsplätze im Gehäuse einnehmen. Tatsächlich machen sich einige Karten aber breiter und ragen in den benachbarten (dritten) Steckplatz hinein. Das ist besonders bei Micro-ATX-Mainboards mit wenigen PCIe-Slots ärgerlich, aber auch in Mini-ITX-Gehäusen, die oft maximal Dual-Slot-Karten aufnehmen. Doch selbst wenn die Grafikkarten sich an die vorgeschriebene Bauhöhe halten, sollte man sich überlegen, den nächsten Slot zu bestücken. Es fällt den Lüftern dann viel schwerer, Kühlluft anzusaugen. Die Folge sind höhere Temperaturen, schnellere Lüfterdrehzahlen und möglicherweise mehr Krach.

In dieser Runde sind die Karten von PowerColor, Gigabyte, Inno3D, Intel und – äußerst knapp – Zotac echte Dual-Slot-Modelle, wenngleich ihre jeweiligen Backplates sie auf dem Papier dicker machen. Das ist aber kein Problem, denn über der Grafikkarte geht es meist luftig zu.

Weniger kritisch sind die anderen Dimensionen. Sogar die längste Karte in dieser Runde passt mit ihren 28 Zentimetern noch in gängige Gehäuse und selbst die kürzeste eignet sich mit ihren 20 Zentimetern nicht mehr für den Einsatz in Mini-ITX-Systemen. Zwar ragt bei einigen Modellen der Kühler oder dessen Verkleidung in Richtung der Gehäuseseite über die Platine heraus, aber selbst die stoßen nur in sehr schmalen Gehäusen an den Deckel.

Testprozedere

Da wir die Grundmodelle aller Karten bereits ausführlich getestet haben, haben wir uns auf Performance-Stichproben beschränkt. Denn macht der Hersteller keinen kapitalen Fehler, erzielen Grafikkarten mit der gleichen GPU praktisch die gleiche Performance. Der Vorteil von maximal vier fps bei ohnehin schon flüssiger Bildrate, den eine werksübertaktete Karte in Ausnahmen erzielt, wiegt auf dem Papier schwerer als im erlebten Spiel.

Es kam die jeweils zum Testbeginn aktuelle Treiberversion zum Einsatz (siehe Tabelle). Wir verzichten grundsätzlich auf den Einsatz von Performance-pushenden Upscalern, testen also ohne DLSS, FSR oder XeSS. Bei allen Systemen war im BIOS resizable BAR alias rBAR oder SAM (Smart Access Memory) aktiviert [5]. Bei der Arc A750 ist diese Einstellung sogar die Voraussetzung für un-



Asus Dual GeForce RTX 4060 OC

Nur knapp 23 Zentimeter misst die RTX 4060 von Asus in der Länge, dafür aber 12,3 Zentimeter in der Höhe, also über dem Mainboard. Damit ist sie die höchste Karte in diesem Vergleich, was nur in besonders flachen respektive schmalen Gehäusen problematisch ist. Ihr wuchtig wirkender Lüfterkäfig ragt in den benachbarten dritten Erweiterungsslot hinein. Dafür ist sie im Quiet-Modus ein absoluter Leisetreter und ihre 95-Millimeter-Lüfter drehen auch bei anhaltender 3D-Last beinahe unhörbar.

- ⬆️ stets sehr leise
- ➡️ kurz, aber hoch
- ⬇️ triple-slot

Preis: ab 330 Euro



Gigabyte GeForce RTX 4060 Gaming OC 8G

Die mit 28 Zentimetern längste Karte hat an der Seite ein beleuchtetes Firmenlogo und ragt nicht in den nächsten PCIe-Steckplatz hinein. Mit Quiet-BIOS bleibt sie angenehm leise, ist aber auch im Performance-Modus nicht laut. Das Anschlussfeld trägt abweichend von der Konkurrenz je zwei HDMI- und zwei DisplayPort-Ausgänge. Gigabyte gibt eigentlich komfortable drei Jahre Garantie, die aber ab Produktionsdatum gilt. Wie viel davon verbleibt, ist für den Käufer nicht ersichtlich.

- ⬆️ sehr leise
- ⬆️ dual-slot
- ⬇️ unklare Restgarantiedauer

Preis: ab 345 Euro

gebremsten Spielesbetrieb, ansonsten bricht die Performance anders als bei AMD und Nvidia arg ein. Darauf weist Intel auch auf seiner Produktseite hin und empfiehlt dort kompatible CPUs und Chipsätze von AMD und aus eigenem Haus (siehe ct.de/ywac). In jedem Fall ist ein aktuelles BIOS ratsam.

Auch bei der Leistungsaufnahme setzen wir auf ein verkürztes Prozedere. Da sich die Hersteller aber mit unterschiedlichen Boost-Taktraten voneinander abzu setzen versuchen, ist der Stromdurst unter Volllast spannender, vor allem die Peak-Werte. Diese kurzfristigen Lastspitzen muss das Netzteil abfangen und dafür ausreichend dimensioniert sein.

Performance-Einschätzung

GeForce RTX 4060 und Radeon RX 7600 spielen in derselben Liga, wobei die GeForce-Karte meist etwas in Führung liegt. Ausnahme: In Raytracing-Spielen haben

Nvidia-Grafikkarten stets die Nase vorn und ihre Performance bricht weniger stark ein. Dreht man die Raytracing-Einstellungen in modernen Spielen wie Cyberpunk 2077 aber bis zum Anschlag auf, schaffen Radeon RX 7600 und GeForce RTX 4060 in Full HD im Ultra-Preset mit „RT High“ 32 fps und 42 fps, bleiben mit „RT Ultra“ nur noch 16 fps und 30 fps übrig – zulahm für schnelle Shooter. Gemeint ist hier durchweg das P1-Perzentil, bei dem das langsamste Prozent an Frames abgeschnitten wird und das damit als Indikator für eine zuverlässige Mindest-Framerate gelten kann. Ohne Upscaler ächzen beide Karten also weit unterhalb der Grenze von 60 fps, ab der die meisten Spieler die Bildrate als flüssig empfinden.

Die alte Garde schlägt sich wacker. Radeon RX 6650 XT und GeForce RTX 3060 liegen zwar hinter ihren Nachfolgern, aber nicht in einem Maße, das zwischen geschmeidiger Spielbarkeit und Ruckeldarstellung entscheiden würde.



Inno3D GeForce RTX 4060 Twin X2

Bis auf den Halb-und-halb-Look mit dem über den zweiten Lüfter verlaufenden Anthrazitband ist die Dual-Slot-Karte sehr schlicht gestylt. Zu einem Einstiegspreis von 320 Euro ist sie die günstigste neue GeForce in diesem Test. Inno3D hat den zwei etwas rau klingenden 88-Millimeter-Lüftern eine zu aggressive Lüfterkurve mitgegeben, die bei anhaltender 3D-Last auf 2,1 sone hochdrehen. Manchmal laufen sie leicht asynchron, was sich als Pulsieren bemerkbar macht. Es gibt drei Jahre Herstellergarantie.

- ⬆️ dual-slot
- ⬆️ vergleichsweise günstig
- ⬇️ laut unter Last

Preis: ab 320 Euro



Intel Arc A750 Limited Edition

Wirklich gut verarbeitet macht die Intel-Karte mit leuchtendem Seitenlogo viel her. Der Dual-Slot-Kühler bringt die Karte auf über ein Kilo Kampfgewicht, zählt aber trotzdem zu den lautesten im Test. In der Praxis erreicht der stromdurstige Chip selten die 3D-Performance, die die technischen Daten versprechen, was vor allem an den Treibern liegt. Die machen die Spielkompatibilität zum Glücksspiel. Für Aufrüster mit älteren Rechnern ist die Arc A750 wegen ihrer speziellen Anforderungen an das BIOS nichts.

- ⬆️ dual-slot, gut verarbeitet
- ⬇️ laut und stromdurstig
- ⬇️ erratische 3D-Performance

Preis: ab 250 Euro



Powercolor Radeon RX 7600 Fighter

Die Fighter ist sehr kompakt: Nur 20 Zentimeter lang und sogar knapp unter Dual-Slot-Höhe. Sie bringt noch nicht einmal 600 Gramm auf die Waage. Zudem war sie knapp die sparsamste Radeon im Testfeld. Wer nicht auf große Lüfter und freiliegende Heatpipes steht, wird das Styling als langweilig empfinden, was im geschlossenen Gehäuse egal ist. In Spielen geben ihre beiden 90-Millimeter-Lüfter bis zu 1,2 sone von sich und laufen nicht immer synchron, sodass ihr Lüftergeräusch ab und zu pulsiert.

- ⬆️ dual-slot
- ⬆️ kompakt
- ⬇️ hörbar unter Last

Preis: ab 280 Euro

Ohne Raytracing liegt die Radeon vorn, mit RT-Effekten die GeForce, und das wie in Cyberpunk 2077 teils deutlich. Doch auch hier gilt: In der Spielepraxis sind dann beide mit 14 bis 23 fps zu langsam.

Obwohl Intels Arc A750 Limited Edition in allen 3DMark-Tests klar vorn liegt, fällt ihre Bilanz in Spielen durchwachsen aus. In weniger anspruchsvollen Spielen wie Shadow of the Tomb Raider und F1 22 schafft sie nur zweistellige P1-Ergebnisse, während die Radeons und die GeForce RTX 4060 dreistellige Werte abliefern. In A Plague Tale: Requiem und dem Raytracing-Titel Control liegt die Arc vor den Radeons und gleichauf mit der GeForce RTX 3060 und schiebt sich in der Enhanced Edition von Metro Exodus mit Raytracing-Profil Ultra sogar an die Spitze. Kurz gesagt: Weiß man bei den beiden etablierten 3D-Playern anhand der Benchmarks in etwa, wo sich deren Performance auch in älteren oder weniger bekannten Spielen

verglichen mit der Konkurrenz einordnet und dass sie solche Titel überhaupt fehlerfrei darstellen, kann man im Falle der Arc A750 genauso gut einfach die Glaskugel befragen. Anders als AMD und Nvidia steht Intel noch am Anfang seiner Treiberoptimierung, es bleibt also noch viel Potenzial für Verbesserungen. Allerdings hat Intel mit einigen der neueren Treiber gezeigt, was in der Karten steckt und dass die Firma bereit ist nachzuarbeiten.

Leistungsaufnahme und Lautstärke

Praktisch alle Firmen werben mit Werksübertaktung ihrer Grafikkarten, und tatsächlich übertrafen alle Karten selbst mit dem jeweiligen Referenztreiber des Herstellers die spezifizierten Boost-Werte kurzzeitig teils um mehrere Hundert Megahertz. Daher haben wir auf den Einsatz von Herstellertools verzichtet, die OC-Profile aktivieren sollen. Auf die Ergebnisse hatten

die Taktschwankungen ohnehin keine nennenswerte Auswirkung: Wir maßen bestenfalls fünf Prozent Unterschied, was in dem Spiel zwei fps Differenz bedeutete.

Im Leerlauf sind die Karten überwiegend sparsam. Mit einem 4K-Display braucht eine Radeon RX 7600 nur 5 Watt, eine GeForce RTX 4060 etwa 12 Watt. Lag 3D-Last an, forderten die RTX 4060er rund 130 Watt mit kurzzeitigen Spitzen von 180 bis 190 Watt. Die Radeon RX 7600 zogen je nach Modell zwischen 155 und 180 Watt mit Spitzen von 240 bis über 250 Watt – Details finden Sie in der Tabelle.

Gänzlich unbescheiden zeigte sich die Intel Arc A750, die im Leerlauf ohne weiteres Zutun am 4K-Display rund 39 Watt verlangte, also beinahe das Achtfache der Radeon. Glücklicherweise hat Intel sich des Problems angenommen und liefert mit den aktuellen Treibern Firmware-Updates für die eigenen Karten sowie Partnermodelle aus und gibt eine Anleitung, wie man mit



Sapphire Pulse Radeon RX 7600 OC

Auch wenn die Kühlerverschalung nur wenige Millimeter über die Slotblende hinausragt, geht Sapphires Pulse-Modell nicht mehr als dual-slot durch. Abgesehen davon gibt es kaum etwas zu meckern: Performance und Leistungsaufnahme liegen auf dem erwarteten Niveau, die 90-Millimeter-Lüfter geben auch unter Last nur 0,7 sone von sich und mit rund 270 Euro ist sie die günstigste der neuen Karten im Testfeld. Besonders aufregend gestylt ist sie nicht, was Vor- wie Nachteil sein kann.

- ➡ noch leise
- ➡ günstig
- ➡ triple-slot

Preis: ab 270 Euro



XFX Speedster QICK 308 Radeon RX 7600 Black Edition

Mit 290 Euro ist die XFX-Karte eine der teureren mit Radeon RX 7600. Gegenüber der günstigeren Konkurrenz bietet sie keine Vorteile: Sie ist stromdurstiger, ohne dabei eine höhere Performance zu erzielen, und agiert trotz ihrer drei Lüfter im Triple-Slot-Kühler unter anhaltender Volllast lauter als kompaktere Modelle, was vor allem am kernigen Lüftergeräusch liegt. Zudem ist sie mit 27 Zentimetern nicht besonders kompakt. Optisch bleibt sie mit ihrem schwarzen Kühlgehäuse unauffällig.

- ➡ triple-slot
- ➡ hörbar unter Last
- ➡ vergleichsweise teuer

Preis: ab 290 Euro



Zotac Gaming GeForce RTX 4060 Twin Edge OC White Edition

Die 22 Zentimeter kurze Karte ist im Gehäuse mit Seitenfenster ein Blickfang: Lüfterkäfig, Propeller und Backplate sind weiß. Zudem leuchtet an der Seite der Lüfterschale aus Kunststoff das Zotac-Logo. Auch wenn sie haarscharf noch als Dual-Slot-Modell durchgeht, ist es nicht ratsam, den Nachbar-Slot zu bestücken – erst recht nicht, wenn die nächste Nachbarkarte eine Backplate hat oder Bauteile oder Schrauben aufragen. Nach Registrierung gibt Zotac fünf Jahre Garantie.

- ➡ dual-slot
- ➡ noch leise
- ➡ lange Garantie

Preis: ab 335 Euro

BIOS- und Windows-Einstellungen die Leistungsaufnahme drückt (siehe ct.de/ywac).

Damit ist es inzwischen möglich, sie mit einem 4K-Display auf 19 Watt zu reduzieren. Allerdings steigt die Leistungsaufnahme mit zusätzlichen Anzeigen rasant, mit zwei 4K-Monitoren beispielsweise auf 43 Watt. Wer mit mehr als einem Display arbeitet und Wert auf eine geringe Leistungsaufnahme legt, ist hier falsch. Das Muster setzt sich auch in 3D-Spielen fort, denn unter Last zog Intels Referenzkarte rund 216 Watt, in Spitzen wurden daraus sogar 307 Watt.

Im Leerlauf halten alle Karten ihre Lüfter an und sind somit praktisch unhörbar. Große Unterschiede ergeben sich hingegen bei der Lautstärke unter anhalternder 3D-Last. Es lohnt sich also bei der Kartenwahl die Taktprotzereien und Performance-Versprechen der Hersteller zu ignorieren und stattdessen auf den Kühlern zu blicken. Faustregel: Voluminöse Kübler

mit großen Lüftern versprechen, die Abwärme leise zu bändigen. Dazu gehört allerdings auch eine sinnvolle Lüfterkurve: Trotz kleineren Kühlern und identischer 80-Millimeter-Propeller bleibt beispielsweise Gigabytes GeForce RTX 4060 mit Quiet-BIOS unter Last beinahe ein sone leiser als die Radeon 7600 von XFX. Die durchweg leiseste Karte ist die Asus Dual GeForce RTX 4060 OC, die lauteste die Inno3D GeForce RTX 4060 Twin X2.

Fazit

Die aktuellen Mainstream-Grafikkarten von AMD und Nvidia machen vor allem in Full HD eine gute Figur, ältere Titel schaffen sie auch noch in WQHD. Zwar ist die GeForce RTX 4060 mit wenigen Ausnahmen schneller als die Radeon RX 7600, die meisten 4060er sind aber auch teurer. Für Nvidia spricht auch die bessere Raytracing-Performance, wenngleich die Bildraten beider GPUs bei maximalen RT-Ein-

stellungen baden gehen. Wer bereits eine 30er-GeForce oder eine 6000er-Radeon besitzt, hat keinen Grund aufzurüsten. Mehr Performance gibt es erst ab der Radeon RX 7700 XT (siehe S. 72) oder der GeForce RTX 4070 [6].

Die neuen Karten sind zwar auf dem Papier schneller als ihre Vorgängerinnen, können sich aber nicht wirklich von der alten, deutlich günstigeren Generation absetzen. Allerdings muss man bei der Radeon RX 6650 XT auf den AV1-Video-Encoder verzichten, bei der 30er-GeForce auf die neueste Ausgabe von DLSS inklusive Zwischenbildberechnung. Beide nehmen unter Last zudem etwas mehr Leistung auf als die neueren Modelle. Wer das verschmerzt, kann ohne Reue sparen.

In dieser Ausgangslage hat es Intel mit der Arc A750 schwer: Sie schluckt mehr Energie und ihre Performance streut in unseren Spiele-Benchmarks extrem. Trotz ihrer nominell höheren Rohleistung kann

sie nur selten Siege verbuchen und liegt stattdessen oft gleichauf mit den alten Modellen von AMD und Nvidia. Zudem ist sie beim Unterbau am anspruchsvollsten bei gleichzeitig niedrigster Spielkompatibilität. Bei allem hat Intel nicht einmal das Preisargument auf seiner Seite, denn auch die Arc A750 Limited Edition kostet um die 250 Euro. Ähnlich sieht es bei den Partnerkarten von Acer, Asrock und Sparkle aus.

Abschließend ein Tipp: Lassen Sie sich nicht von OC-Versprechen der Her-

steller blenden. Unabhängig von der Marke unterscheidet sich die Performance von Karten mit dem gleichen Chip nicht nennenswert. Wichtiger ist aus unserer Sicht ein leiser Kühler, der im Leerlauf nicht unvermittelt nervös aufdreht und auch unter Vollast keinen Sturm durchs Gehäuse peitscht. (bkr@ct.de) **ct**

(bkr@ct.de)

Literatur

- [1] Benjamin Kraft, Mission Günstig-Gamer, Bauvorschlag für einen preiswerten Spielerechner mit sechs CPU-Kernen, c't 19/2023, S. 134

- [2] Carsten Spille, Nvidia-Mittelklasse: GeForce RTX 4060, c't 17/2023, S. 48
 - [3] Carsten Spille, Kleine 8er-Bahnen, Die Mittelklasse-Grafikkarten AMD Radeon RX 7600 und Nvidia GeForce RTX 4060 Ti im Test, c't 15/2023, S. 102
 - [4] Carsten Spille, Nice Try, Drei Desktop-Grafikkarten mit Intels Arc-Grafikchips, c't 2/2023, S. 112
 - [5] Carsten Spille, Spiels noch schneller, SAM!, Gratis mehr Spieleleistung mit schlauem Speicherzugriff, c't 7/2021, S. 126
 - [6] Carsten Spille, Milde Siebziger, c't 14/2023, S. 83

Supportseiten Intel Arc-Serie, Spiele-Bundle-Informationen: ct.de/ywac

Mainstream-Grafikkarten ab 240 Euro – Technische Daten und Messergebnisse

Hersteller	Asus	Gigabyte	Inno3D	Intel	Powercolor	Sapphire	XFX	Zotac
Modell (Modellnummer)	Dual GeForce RTX 4060 OC (90YVOJC0-MONA00)	GeForce RTX 4060 Gaming OC 8G (GV-N4060GAMING OC-8GD)	GeForce RTX 4060 Twin X2 (N40602-08D6-173051N)	Intel Arc A750 Limited Edition (21P02J00BA)	Radeon RX 7600 Fighter (RX 7600 8G-F)	Pulse Radeon RX 7600 OC (11324-01-20G)	Speedster QICK 308 Radeon RX 7600 Black Edition (RX-76PQICKBY)	Gaming GeForce RTX 4060 Twin Edge OC White Edition (ZT-D40600Q-10M)
GPU / Fertigung / Transistoren	AD106 / TSMC N4 / 22,9 Mrd.	AD106 / TSMC N4 / 22,9 Mrd.	AD106 / TSMC N4 / 22,9 Mrd.	ACM-G10 / TSMC N6 / 21,7 Mrd.	Navi 33 XL / TSMC N6 / 13,3 Mrd.	Navi 33 XL / TSMC N6 / 13,3 Mrd.	Navi 33 XL / TSMC N6 / 13,3 Mrd.	AD106 / TSMC N4 / 22,9 Mrd.
BIOS-Version / UEFI-tauglich	95.07.31.00.3F (95.07.31.00.3D) ¹ / ✓	95.07.31.00.BC (95.07.31.00.BD) ¹ / ✓	95.07.31.40.33 / ✓	20.0.1064 / ✓	022.003.001. 027.000001 / ✓	022.003.001. 027.000001 / ✓	022.003.001. 027.000001 / ✓	95.07.31.40.20 / ✓
Shader / TMU / ROP / RT / Tensor	3072 / 96 / 32 / 96 / ✓	3072 / 96 / 32 / 96 / ✓	3072 / 96 / 32 / 96 / ✓	3584 / 224 / 112 / ✓ ²	2048 / 128 / 64 / 32 / ✓ ²	2048 / 128 / 64 / 32 / ✓ ²	2048 / 128 / 64 / 32 / ✓ ²	3072 / 96 / 32 / 96 / ✓
GPU-Takt: Basis / Gaming / Boost (max.) ³	1830MHz / k.A. / 2550 (2775) MHz	1830 / k.A. / 2550 (2835) MHz	1830 / k.A. / 2460 (2790) MHz	2050 MHz / n.v. / n.v.	1720 / 2250 / 2655 (2914) MHz	1720 / 2355 / 2755 (2931) MHz	1875 / 2355 / 2755 (2912) MHz	1830 / k.A. / 2490 (2790) MHz
Rechenleistung ⁴	15,58 / 15,58 / 0,24 TFLOPS	15,67 / 15,67 / 0,24 TFLOPS	15,11 / 15,11 / 0,24 TFLOPS	14,69 / 29,57 TFLOPS / n.v.	43,5 / 21,75 / 1,36 TFLOPS	45,14 / 22,57 / 1,41 TFLOPS	45,14 / 22,57 / 1,41 TFLOPS	15,3 / 15,3 / 0,24 TFLOPS
Last-Level-Cache	24 MByte L2-Cache	24 MByte L2-Cache	24 MByte L2-Cache	16 MByte L2-Cache	32 MByte Infinity Cache	32 MByte Infinity Cache	32 MByte Infinity Cache	24 MByte L2-Cache
Speichermenge / -typ (-durchsatz)	8 GByte GDDR6 (272 GByte/s)	8 GByte GDDR6 (272 GByte/s)	8 GByte GDDR6 (272 GByte/s)	8 GByte GDDR6 (512 GByte/s)	8 GByte GDDR6 (288 GByte/s)	8 GByte GDDR6 (288 GByte/s)	8 GByte GDDR6 (288 GByte/s)	8 GByte GDDR6 (272 GByte/s)
TB ⁵ / Stromversorgung / Schnittstelle (Lanes)	115 W / 1 × 8-Pol / PCIe 4.0 x16 (x8)	115 W / 1 × 8-Pol / PCIe 4.0 x16 (x8)	115 W / 1 × 8-Pol / PCIe 4.0 x16 (x8)	225 W / 1 × 6-Pol + 1 × 8-Pol / PCIe 4.0 x16 (x16)	165 W / 1 × 8-Pol / PCIe 4.0 x16 (x8)	165 W (max. 185 W) / 1 × 8-Pol / PCIe 4.0 x16 (x8)	165 W / 1 × 8-Pol / PCIe 4.0 x16 (x8)	115 W / 1 × 8-Pol / PCIe 4.0 x16 (x8)
Länge × Höhe × Breite (belegte PCIe-Slots) / Gewicht	22,7 cm × 12,32 cm × 4,9 cm (triple-slot) / 638 g	28,1 cm × 11,4 cm × 4 cm (dual-slot) / 646 g	25 cm × 11,8 cm × 4,2 cm (dual-slot) / 672 g	26,9 cm × 11,1 cm × 4,1 cm (dual-slot) / 1064 g	20 cm × 11,1 cm × 3,9 cm (dual-slot) / 578 g	24 cm × 10,7 cm × 4,4 cm (triple-slot) / 614 g	27,4 cm × 11,4 cm × 5 cm (triple-slot) / 848 g	22,1 cm × 12,3 cm × 4,3 cm (dual-slot) / 614 g

Ausstattung

Displayausgänge	1× HDMI 2.1a, 3× DP 1.4a	2× HDMI 2.1a, 2× DP 1.4a	1× HDMI 2.1a, 3× DP 1.4a	1× HDMI 2.1, 3× DP 2.0	1× HDMI 2.1 , 3× DisplayPort 1.4	1× HDMI 2.1, 3× DP 2.0	1× HDMI 2.1 , 3× DisplayPort 2.1	1× HDMI 2.1a, 3× DP 1.4a
Lüfter / Stillstand im Leerlauf	2×95 mm / ✓	3×80 mm / ✓	2×88mm / ✓	2×80 mm / ✓	2×90 mm / ✓	2×90 mm / ✓	3×80 mm / ✓	2×90 mm / ✓
Video-Decoder (-Encoder): AV1 / H.265 / H.264 / VP9 / VC-1	✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓)	✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓)	✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓)	✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓)	✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓)	✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓)	✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓)	✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓) / ✓ (✓)
Besonderheiten	Dual-BIOS (Performance/Quiet)	Dual-BIOS (Performance/Quiet), beleuchtetes Logo	n. v.	beleuchtetes Logo	n. v.	n. v.	Dual-BIOS (Backup)	beleuchtetes Logo

Technische Prüfungen

3DMark Firestrike Extreme / Time Spy / Port Royal	13.201 (13.186) ¹ / 10.545 (10.489) ¹ / 6048 (6008) ¹ Punkte	13.295 (13.292) ¹ / 10.612 (10.591) ¹ / 6057 (6058) ¹ Punkte	13.196 / 10.543 / 6035 Punkte	14.263 / 12.485 / 6617 Punkte	14.397 / 10.753 / 5402 Punkte	14.457 / 10.830 / 5443 Punkte	14.518 / 10.834 / 5451 Punkte	13.277 / 10.592 / 6054 Punkte
Leistungsaufnahme ⁶ 3D / Peak	132 (131) ¹ / 185 (191) ⁴ Watt	128 (128) ¹ / 188 (180) ¹ Watt	127 / 180 Watt	216 / 307 Watt	154 / 234 Watt	161 / 239 Watt	169 / 254 Watt	127 / 184 Watt
Lautheit 2D / 3D	<0,1 (<0,1) ¹ / 1,0 (0,2) ¹ sone	<0,1 (<0,1) ¹ / 0,9 (0,5) ¹ sone	<0,1 / 2,1 sone	<0,1 / 1,6 sone	<0,1 / 1,2 sone	<0,1 / 0,7 sone	<0,1 / 1,4 sone	<0,1 / 1 sone

Bewertungen

¹ Quiet-BIOS ² Bei AMD AI-Beschleuniger, bei Intel XMM Matrix Engine genannt, nicht vergleichbar mit Nvidias Tensorkernen ³ Nvidia gibt keinen Gaming-Takt an, bei AMD und Nvidia überschreiten die Boost-Taktraten die Herstellerangaben, maximaler Wert in Klammern ⁴ mit Boost-Takt ⁵TBP = Total Board Power, Herstellerangabe ⁶ Mittelwert im 3DMark 11 GT1 / kurzzeitig auftretende Spitzenwerte ⁷ bezogen auf die gewählten Einstellungen ⁸ stark spielsabhängig, siehe Text gemessen unter Windows 11 auf Ryzen 9 5900X, 32 GByte DDR4-3600, VSync aus, rBAR an; Treiber AMD: Adrenalin 23.7.1 Intel: 31.0.101.4644 Nvidia: GeForce GRD 536.67 sehr gut gut zufriedenstellend schlecht sehr schlecht funktioniert funktioniert nicht n. v. nicht vorhanden k.A. keine Angabe



5G statt Festnetz

Mobilfunktarife für feste Standorte im Vergleich

Die Mobilfunker bauen ihre schnellen 4G- und 5G-Netze zügig aus, gleichzeitig fallen die Preise. Damit wird der Internetzugang per Mobilfunk eine interessante Alternative zu Festnetzanschlüssen, nicht nur im Ferienhaus oder Kleingarten. Für die Nutzung an festen Standorten haben die Netzbetreiber spezielle Geräte und Tarife im Angebot.

Von Urs Mansmann

Die Zahl klingt beeindruckend: Im Dezember 2022 waren 98,74 Prozent aller Haushalte mit einem Internetanschluss mit mindestens 16 Mbit/s erschlossen. Die scheinbar kleine Lücke, die noch bleibt, bedeutet aber, dass rund 500.000 Haushalte bundesweit keinen schnellen Internetanschluss per Kabel bekommen können, weder über DSL noch über TV-Kabel oder Glasfaser. Und 16 Mbit/s sind eher knapp bemessen für anspruchsvolle Anwendungen wie 4K-Videos oder die Arbeit im Homeoffice.

Da liegt der Gedanke nahe, die Lücken mit Mobilfunk zu schließen. Selbst auf dem flachen Land ist die Abdeckung inzwischen vielerorts brauchbar – und es muss ja nur einer der vier Netzbetreiber 1&1, O2, Telekom und Vodafone sein Netz am Anschlussort ausgebaut haben. Und neuerdings werden noch bestehende Lücken geschlossen, indem ein Betreiber eine neue Basisstation nicht nur für sich, sondern auch für die Mitbewerber einrichtet und sich mit ihnen die Kosten teilt.

Die Provider unterscheiden bei ihren Festnetz-Ersatzangeboten strikt zwischen mobiler und ortsfester Nutzung, denn bei Letzterer konkurrieren sie mit den Festnetzanbietern und müssen ihre Tarifmodelle darauf anpassen. Lediglich die Telekom erlaubt wechselnde, aber jeweils feste Standorte. Ein mobiler Gebrauch, etwa im Auto oder Zug, ist auch bei der Telekom ausdrücklich nicht zulässig. Alle anderen Anbieter erlauben nur einen Standort, der bei Vertragsschluss angegeben wurde. Ein Umzug ist zwar möglich, aber ein ständiger Wechsel nicht vorgesehen. Da sich der aktuelle Standort nicht metergenau ermitteln lässt, funktioniert der Anschluss unter

Umständen zwar auch noch ein paar Straßen weiter, aber schon im Nachbardorf oder -stadtteil dürfte damit Schluss sein.

Für die Nutzung zu Hause bieten die Provider spezielle Home-Router an. Die meisten sind für den Anschluss ans Stromnetz vorgesehen und haben keinen eingebauten Akku – echte Mobilität ist ja, wie gesagt, vom Anbieter weder zugelassen noch gewünscht. Nur die Telekom bietet passend zu ihrem etwas abweichenden Geschäftsmodell Geräte mit Akku an.

Hinsichtlich der Leistung unterscheiden sich die Router. Das langsamste der angebotenen Modelle, die schon etwas angejahrte Fritzbox 6850 LTE, beherrscht nur LTE CAT 4, also maximal 150 Mbit/s im Downstream und 50 Mbit/s im Upstream. Das passt zwar zu den Tarifen des Vertreibers Congstar mit maximal 50 Mbit/s, bei einem Umstieg zu einem anderen Anbieter kann der langsame LTE-Zugang aber zum Flaschenhals werden. Die derzeit schnellsten Geräte der Klasse CAT 20 erreichen hingegen bis zu 2 Gbit/s in Empfangs- und bis zu 316 Mbit/s in Senderichtung, können also mehr, als die Netze derzeit hergeben.

Alle Geräte beherrschen Dual-Band-WLAN mit 2,4 und 5 GHz und kommen mit mindestens 30 Geräten im WLAN zurecht, was selbst in einem vollvernetzten Haushalt reichen sollte. Unterschiede findet man aber bei der WLAN-Geschwindigkeit, wobei selbst ältere Modelle ohne Wi-Fi-6-Unterstützung mit Datenraten über 1 Gbit/s schneller sind als der Mobilfunkanschluss. Das WLAN wird so nicht zum Flaschenhals. Wichtig ist die Zahl der LAN-Anschlüsse: Möchte man mehr Geräte mit LAN-Anschluss betreiben als das Gerät Buchsen hat, kann man zusätzlich einen Switch oder Hub anschließen.

Empfang verbessern

Ein wichtiges Feature ist die Möglichkeit, externe Antennen anzuschließen, um das Mobilfunksignal zu verbessern. Es gibt mehrere unterschiedliche Frequenzbereiche, auf die die Antennen abgestimmt sein müssen, man kann also nicht eine beliebige Antenne anschließen. Details dazu entnimmt man dem Handbuch des Geräts. Mit Fensterdurchführungen lassen sich die Außenantennen auch an der Hauswand, im Garten oder auf dem Balkon montieren, ohne dass man extra Kabeldurchführungen bohren muss. Passende Kabel mit SMA-Stecker sind vorkonfektioniert erhältlich.

Mit einer Außenantenne, im Idealfall einer auf die nächste Mobilfunkbasisstation ausgerichteten Richtantenne, erhöht man nicht nur die Datenübertragungsrate, sondern bekommt auch eine insgesamt stabilere Verbindung. 1&1 geht noch einen Schritt weiter und prüft die Funkversorgung am Standort. Je nach Qualität des Signals muss der Kunde einen Router mit Außenantenne einsetzen, um überhaupt einen Vertrag abschließen zu können. Um im Versorgungsgebiet des jüngsten Netzbetreibers zu sein, muss man aber viel Glück haben, denn noch ist das 1&1-Netz nur punktuell verfügbar. Es soll aber nun zügig ausgebaut werden.

Setzt man keine Außenantenne ein, sollte man den Router möglichst an einem Fenster platzieren. Hat man Fenster in unterschiedliche Himmelsrichtungen zur Auswahl, ist es sinnvoll, alle Richtungen einmal auszuprobieren. In einem höheren Stockwerk steht der Router stets besser als in einem niedrigen. Ideal ist ein Dachgeschoss, denn ein Dach aus Holz und Ziegel lässt einen Teil der Funkwellen durch, sofern in Dachkonstruktion und Dämmung nicht großflächig leitende Materialien wie Stahlbeton, Metallfolien oder Bleche verbaut sind.

3G, 4G, 5G

Viele Router haben kein 5G an Bord. Das ist für die ortsfeste Nutzung tatsächlich ein

c't kompakt

- Mobilfunktarife zur stationären Nutzung sind eine interessante Alternative zu kabelgebundenen Festnetzanschlüssen.
- Die meisten Anbieter lassen die Nutzung nur an einem festen Standort zu.
- Die Datenpakete sind reichlich bemessen, für Vielnutzer gibt es darüber hinaus Flatrates.

Nachteil, denn das 5G-Netz liefert eine höhere Datenrate und geringere Latenzen als 4G, weil es zusätzliche Frequenzbereiche nutzen kann. Das macht die Verbindung stabiler und schneller. Die Abdeckung verbessert sich indes nicht, denn wo 5G zur Verfügung steht, gibt es stets auch ein 4G-Signal.

Dass die Router auch 3G beherrschen, ist für den Einsatz in Deutschland irrelevant. Alle deutschen 3G-Netze sind außer Betrieb gegangen, die Frequenzbereiche werden nun für die effizienteren 4G- und 5G-Netze genutzt. Die 2G-Netze sind zwar noch in Betrieb, aber mit maximal 200 kbit/s viel zu langsam, als dass man sie irgendwie praktisch für Internetanschlüsse nutzen könnte.



Bild: Vodafone

Vodafone bietet den GigaCube in einer 4G- und in der im Bild dargestellten 5G-Variante an. Endgeräte lassen sich per LAN und WLAN damit verbinden.



Die Telekom hat kompakte Router mit eingebautem Akku im Angebot. Sie lässt zwar keine mobile Nutzung in Fahrzeugen zu, aber stationäre Nutzung an wechselnden Standorten.

Ein Problem hat man in den Mobilfunknetzen immer: Die Betreiber setzen CG-NAT (Carrier Grade NAT) für IPv4 ein, wodurch es für die Kunden nur lokale IP-Adressen gibt, über die sie von außen nicht erreichbar sind. Im Kleingedruckten schreibt Vodafone deshalb: „Nur einige Anwendungen, die eine öffentliche IP-Adresse erfordern, funktionieren nicht mit dem GigaCube. Also z. B. einige Konsolenspiele.“ Das betrifft allerdings nicht nur Mobilfunkkunden; auch an einigen Fest-

netzanschlüssen, insbesondere in den Kabelnetzen, erhält der Kunde keine öffentliche IPv4-Adresse mehr. Anwendungen, die IPv6 nutzen können – und das werden immer mehr –, umgehen diese Einschränkungen.

Wunderdinge sollte man von einem Mobilfunkanschluss nicht erwarten. Durch die hohe Zahl an Nutzern und das ständig steigende Transfervolumen in den Netzen ist die Auslastung relativ hoch. Die theoretischen Maximaldurchsätze von bis zu 500

Mbit/s erreicht man nur unter günstigsten Umständen, also beispielsweise in einem funktechnisch ausgezeichnet versorgten Industriegebiet morgens um 3:45 Uhr. Auch in dünn besiedelten Gebieten kann das Mobilfunknetz sehr stark belastet sein, weil die Funkzellen oftmals größer als in der Stadt sind und das Festnetz so schlecht ausgebaut ist, dass viele Kunden Zuflucht beim Mobilfunk suchen.

Entsprechend schlecht sind die Ergebnisse der Messungen, die die Bundesnetzagentur jährlich veröffentlicht: Nur 23,2 Prozent der Nutzer bekamen im vergangenen Jahr zumindest die Hälfte der zugesagten Geschwindigkeit. Und das ist das Ergebnis über alle Geschwindigkeitsklassen, also auch die, die von der Datenrate her limitiert sind. Würde man nur die Verträge mit ungedrosselten Maximaldatenraten anschauen, fiele das Ergebnis vermutlich noch schlechter aus. Mobilfunk taugt zwar durchaus als schnelle Verbindung, ein Festnetzanschluss dürfte aber schon mit 50 Mbit/s die bessere, weil zuverlässige Wahl sein, insbesondere zu den Spitzenzeiten mittags und abends. Im europäischen Vergleich liegt Deutschland ganz weit hinten, beim Mobilfunk noch hinter den vergleichsweise dünn besiedelten Ländern Bulgarien und Estland.

WLAN-Router mit 4G und 5G (Mobilfunkbetreiber-Angebote, Auswahl)

Anbieter	1&1	Congstar	Congstar	O2	O2	O2	Telekom	Telekom	Telekom	Vodafone	Vodafone
Hersteller	AVM	Alcatel	AVM	O2 (Whitelabel)	O2 (Whitelabel)	Huawei	Telekom (Whitelabel)	ZTE	ZTE	Xiaomi	Vodafone (Whitelabel)
Bezeichnung	HomeServer 5G	Homespots LTE Router	Fritzbox 6850 LTE	Homespots 2 LTE	HomeSpot 5G	B535-232a	Speedbox 2	HyperBox 5G - MC801A	HyperMobile 5G - MU5001	Xiaomi 5G CPE Pro	Gigacube mit 4G
Funktionen (Herstellerangaben)											
Netzwerktechnik	3G, 4G, 5G	3G, 4G	3G, 4G	3G, 4G	3G, 4G, 5G	3G, 4G	3G, 4G	3G, 4G, 5G	3G, 4G, 5G	3G, 4G, 5G	3G, 4G, 5G
Mobilfunk LTE-Geschwindigkeitsklasse (max. Down- / Upstream)	CAT 16 (1000 / 105 Mbit/s)	CAT 7 (300 / 100 Mbit/s)	CAT 4 (150 / 50 Mbit/s)	CAT 6 (300 / 50 Mbit/s)	CAT 20 (2000 / 316 Mbit/s)	CAT 7 (300 / 100 Mbit/s)	CAT 6 (300 / 50 Mbit/s)	CAT 20 (2000 / 316 Mbit/s)	CAT 20 (2000 / 316 Mbit/s)	CAT 18/19 (1600 / 200 Mbit/s) ¹	CAT 20 (2000 / 316 Mbit/s)
eingebauter Akku	–	–	–	–	–	–	4100 mAh	–	4500 mAh	–	–
Betriebsdauer netzunabhängig	–	–	–	–	–	–	3,5 Stunden	–	8,5 Stunden	–	–
WLAN 2,4 / 5 GHz	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
WLAN-Standard, Datenrate	Wi-Fi 5 (1266 Mbit/s)	Wi-Fi 5 (k. A.)	Wi-Fi 5 (1266 Mbit/s)	Wi-Fi 6 (4905 Mbit/s)	Wi-Fi 6 (3600 Mbit/s)	Wi-Fi 5 (1167 Mbit/s)	Wi-Fi 5 (300 Mbit/s)	Wi-Fi 6 (1775 Mbit/s)	Wi-Fi 6 (1775 Mbit/s)	Wi-Fi 6 (5378 Mbit/s)	Wi-Fi 5 (k. A.)
Geräte im WLAN	k. A.	32	k. A.	k. A.	64	64	64	30	30	248	64
LAN-Geschwindigkeit max.	1 Gbit/s	1 Gbit/s	1 Gbit/s	1 Gbit/s	1 Gbit/s	1 Gbit/s	1 Gbit/s	1 Gbit/s	1 Gbit/s	1 Gbit/s	2,5 Gbit/s
Zahl der LAN-Anschlüsse	4	1	4	2	2	3	1	2	1	2	2
externer Antennenanschluss für Mobilfunk	✓ (2 Stück)	✓ (2 Stück)	✓ (2 Stück)	–	–	✓ (2 Stück)	✓ (2 Stück)	✓ (2 Stück)	✓ (2 Stück)	–	✓ (2 Stück)
sonstige Funktionen und Anschlüsse	integrierte DECT-Telefonanlage	–	integrierte DECT-Telefonanlage	Analog-anchluss (RJ11-Buchse)	Analog-anchluss (RJ11-Buchse), WAN-Anschluss	WAN-Anschluss	–	–	–	WAN-Anschluss (über LAN 1)	Analog-anchluss (RJ11-Buchse)

¹ im Dual-Mode 4G/5G bis zu 3400 / 550 Mbit/s ✓ vorhanden – nicht vorhanden k. A. keine Angabe

MagentaMobil
Speedbox Flex

Flex

Für nur

0 €

Vertragslaufzeit 24 Monat/e

- mit dauerhafter Nutzung
- mit flexibler Nutzung

[Tarifdetails](#)

[Produktinformationsblatt](#)

Auswählen

Kostenlos sind Flex-Tarife natürlich nur, wenn man sie nicht nutzt. Den Kaufpreis für den Router und die Anschlusskosten muss man zudem in jedem Fall bei Vertragsschluss bezahlen.

Große Pakete

Der Router allein reicht nicht, man benötigt dazu noch ein passendes Tarifpaket. Die Preispolitik der Netzbetreiber sieht hier aber anders aus als bei den echten Mobilfunktarifen, die sich unterwegs nutzen lassen. Die Anbieter tragen dem höheren Bedarf bei der stationären Nutzung durchaus Rechnung: Abgesehen von einem 30-Gigabyte-Tarif bei Congstar bieten alle Angebote mindestens 100 Gigabyte, bei 1&1, O2 und Vodafone gibt es sogar echte Flatrates für 30 bis 70 Euro.

In einer Zweitwohnung oder im Ferienhaus benötigt man den Anschluss nicht immer. Bei Vodafone und der Telekom gibt es dafür eine gute Lösung: Der Flex-Tarif von Vodafone wird nur in Monaten berechnet, in denen er tatsächlich genutzt wird. Bleibt der Router aus, fallen keine Kosten an. Bei der Telekom kann man den Flex-Tarif für jeweils 31 Tage kostenpflichtig buchen. Nachteil der Flex-Tarife ist, dass man den Router zu Beginn des Zweijahresvertrags komplett bezahlen

muss, denn die Raten können ja nicht auf die monatlichen Gebühren umgelegt werden.

Bei Vodafone und der Telekom muss man zum Tarif einen passenden Router hinzubuchen. Bei allen anderen Angeboten konnten wir das Gerät beim Bestellvorgang abwählen. Praktisch lassen sich solche Tarife sogar mit einem ausgedienten Smartphone im Tethering-Modus nutzen, allerdings dürfte das dann einen Flaschenhals für den Datendurchsatz darstellen.

Die angebotenen Datenraten von bis zu 500 Mbit/s auf der Mobilfunkseite sind eher theoretische Werte. In der Praxis werden sie nicht erreicht und anders als bei Festnetzprodukten haben Mobilfunkkunden bislang keinen Anspruch auf eine Mindestdatenrate. Durch die Funkübertragung kann es zudem immer wieder zu Aussetzern kommen. Das ist besonders lästig für Gamer und für zeitkritische Anwendungen wie Fernsteuerungen. Videokonferenzen reagieren auf solche Störungen meist mit kurzen Unterbrechungen beziehungsweise Bild- und Tonfehlern.

Streaminghardware und -anwendungen haben hingegen meist große Puffer, mit denen sie kurze Stolperer der Internetverbindung überbrücken, im Extremfall sogar bis zu einigen Minuten.

Meist ohne Telefon

Die meisten Tarife enthalten keinen Telefonanschluss. Nur bei 1&1 und O2 ist eine Festnetz-Flatrate Teil des Tarifs, bei O2 umfasst sie sogar deutsche Mobilfunkanschlüsse. Am von O2 angebotenen Router lässt sich nur ein Analogtelefon anschließen. 1&1 hingegen bietet unter dem Namen „HomeServer 5G“ eine Fritzbox mit integrierter DECT-Anlage an, die auch HD Voice beherrscht.

Bei Festnetz- oder Mobilfunkverträgen hat man oft die Möglichkeit, Verträge mit kurzer Laufzeit abzuschließen. Bei Mobilfunkanschlüssen für zu Hause sieht das anders aus: Nur bei Congstar kann man einen Vertrag mit einmonatiger Laufzeit abschließen, bei allen anderen Angeboten bindet man sich für zwei Jahre.

Gut überlegen sollte man sich, wie viel Datenvolumen man benötigt. Größter Vo-

Wähle deinen WLAN-Router:



o2 HomeSpot 2 LTE

- Stationärer 4G-Router
- WLAN bis 4.3 GBit/s (Wi-Fi 6)
- WLAN Speed 4.333 Mbit/s (5 GHz WLAN) und 572 Mbit/s (2.4 GHz WLAN)
- 2 LAN-Anschlüsse
- Telefonanschluss

[Geräte-Details >](#)

5,99
monatlich
+ Bereitstellungspreis:
0,00 €

Auswählen

Ich habe einen HomeSpot Router.

- Für die Nutzung von Internet über LTE/5G sind spezielle Mobilfunk-Router erforderlich. Du brauchst einen VolTE-fähigen 4G/LTE oder 5G Router.
Das trifft auf dein jetziges Gerät nicht zu?
Dann wähle einfach einen unserer Router.

[Mehr erfahren >](#)

Auswählen

< Zum Tarif

Bei O2 kann man den Tarif zur stationären Nutzung auch ohne Router ordern, für passende Gerätschaften muss man dann selbst sorgen.

lumenfresser ist Videostreaming, das schon in HD-Qualität mit rund 2,5 Gigabyte pro Stunde zu Buche schlägt. Wer Filme in 4K-Auflösung genießen will, muss dafür mit 10 Gigabyte pro Stunde rechnen. Mit 100 oder 200 Gigabyte pro Monat kommt man bei regelmäßiger Nutzung somit nicht weit und sollte gleich zur Flatrate greifen. Etwas sparsamer mit der Bandbreite gehen Videokonferenzen um. Die Qualität der Videos ist niedriger, der Kompressionsgrad höher. Je nach Anwendung und Qualität fallen hier 0,5 bis 2,5 Gigabyte pro Stunde an.

Diese Rechnung hat offenbar auch Vodafone aufgemacht. Im Kleingedruckten zum GigaCube heißt es: „Wir behalten uns vor, Videos auf SD-Qualität, also 480p, zu beschränken, sofern dies rechtskonform [...] erfolgt.“ Wer auf hohe Auflösung wert legt, sollte also sicherheitsshalber lieber woanders buchen, auch

wenn Vodafone derzeit offenbar von der Regelung keinen Gebrauch macht.

Fazit

Der Mobilfunkanschluss zur stationären Nutzung eignet sich vor allem dort, wo kein fester Anschluss liegt, etwa in Ferienhäusern, auf dem Campingplatz oder in Wohnungen in abgelegenen Gebieten. Wer den festen Anschluss mal hier, mal da nutzen will, schließt am besten bei der Telekom ab, denn dort ist der Nutzungsort nicht festgelegt, nur die Nutzungsart, nämlich stationär. Dummerweise gibt es bei der Telekom keine Flatrate, sodass Intensivnutzer damit nicht glücklich werden.

Wer nur kurzzeitig einen Mobilfunkanschluss braucht, kann entweder zum monatlich kündbaren Angebot von Congstar greifen oder den Flex-Tarif bei der Telekom oder bei Vodafone buchen. Mit dem

Flex-Tarif schließt man zwar einen Zweijahresvertrag ab, kann aber den Monatspass mit 100 Gigabyte Transfervolumen nach Bedarf zubuchen oder eben weglassen.

Eine echte Flatrate ohne Drosselung bekommt man bei 1&1, O2 und Vodafone, wobei 1&1 bislang nur in wenigen Gebieten verfügbar ist. Es lohnt sich aber, von Zeit zu Zeit zu prüfen, ob sich das geändert hat, denn der neue Netzbetreiber baut sein Netz schnell aus.

Wer mit den Einschränkungen eines mobilen Festnetzanschlusses nicht leben will, kann auch zum richtigen Mobilfunkvertrag greifen und den Zugang überall in Deutschland ohne Einschränkungen stationär oder mobil nutzen – Klauseln in den AGB, die die Nutzung von Routern in solchen Tarifen verboten, erklärte der Bundesgerichtshof erst kürzlich für unzulässig (Az. III ZR 88/22). (uma@ct.de) ct

Tarife für die Mobilfunknutzung zu Hause

Anbieter	1&1	1&1	1&1	Congstar	Congstar	Congstar	O2	O2	Telekom	Telekom	Vodafone	Vodafone	Vodafone	Vodafone
Tarifname	5G zu Hause 100	5G zu Hause 250	5G zu Hause unlimited	Homespot 30	Homespot 100	Homespot 200	my Home S	my Home M	Magenta-Mobil Speedbox 100 GB	Magenta-Mobil Speedbox Flex	GigaCube Zuhause 100	GigaCube Zuhause 200	GigaCube Zuhause Unlimited	GigaCube Zuhause
URL	1und1.de	1und1.de	1und1.de	congstar.de	congstar.de	congstar.de	o2online.de	o2online.de	telekom.de	telekom.de	vodafone.de	vodafone.de	vodafone.de	vodafone.de
Rahmenbedingungen														
verwendetes Mobilfunknetz	1&1	1&1	1&1	Telekom	Telekom	Telekom	O2	O2	Telekom	Telekom	Vodafone	Vodafone	Vodafone	Vodafone
Mobilfunktechnik	5G	5G	5G	4G	4G	4G	5G	5G	5G	5G	5G	5G	5G	5G
mobile Nutzung zulässig	–	–	–	–	–	–	–	–	(✓) ²	(✓) ²	–	–	–	–
monatliches Transfervolumen	100 GByte	250 GByte	Flatrate	30 GByte	125 GByte	250 GByte	Flatrate	Flatrate	100 GByte	100 GByte ³	200 GByte ⁴	100 GByte	200 GByte	Flatrate
maximale Datrate Down- / Upstream	500 / 40 Mbit/s	500 / 40 Mbit/s	500 / 40 Mbit/s	50 / 25 Mbit/s	50 / 25 Mbit/s	50 / 25 Mbit/s	10 Mbit/s	100 / 40 Mbit/s	300 / 50 Mbit/s	300 / 50 Mbit/s	500 / 50 Mbit/s	500 / 50 Mbit/s	500 / 50 Mbit/s	500 / 50 Mbit/s
Datenrate nach Drosselung Down- / Upstream	384 / 64 kbit/s	384 / 64 kbit/s	keine Drosselung	384 / 384 kbit/s	384 / 384 kbit/s	384 / 384 kbit/s	keine Drosselung	keine Drosselung	Abschaltung	Abschaltung	32 / 32 kbit/s	32 / 32 kbit/s	32 / 32 kbit/s	keine Drosselung
Nachbuchung von Volumen möglich	✓	✓	–	✓	✓	✓	–	–	✓	–	✓	✓	✓	–
Zusätzliche Leistungen														
Telefonanschluss enthalten	✓	✓	✓	–	–	–	✓	✓	–	–	–	–	–	–
Kosten für Festnetz / Mobil pro Minute	Flatrate / 19,9 ct	Flatrate / 19,9 ct	Flatrate / 19,9 ct	–	–	–	Flatrate / Flatrate	Flatrate / Flatrate	–	–	–	–	–	–
Vertrag und Kosten														
Laufzeit / Verlängerung / Kündigungsfrist	24 / 1 / 1 Monate	24 / 1 / 1 Monate	24 / 1 / 1 Monate	1 / 1 / 1 Monat	1 / 1 / 1 Monat	1 / 1 / 1 Monat	24 / 1 / 1 Monate	24 / 1 / 1 Monate	24 / 1 / 1 Monate	24 / 1 / 1 Monate	24 / 1 / 1 Monate	24 / 1 / 1 Monate	24 / 1 / 1 Monate	24 / 1 / 1 Monate
einmalige Kosten	49,85 €	49,85 €	49,85 €	39,99 € (ggf. 1 € für den Router)	39,99 € (ggf. 1 € für den Router)	39,99 € (ggf. 1 € für den Router)	120 € Gutschrift	–	40,95 €	139,90 €	179,89-329,89 € ⁵	50,99-59,89 € ⁵	50,99-59,89 € ⁵	50,99-59,89 € ⁵
monatliche Kosten ohne Hardware	29,99 €	39,99 €	69,99 €	20 €	30 €	40 €	29,99 €	34,99 €	(nicht bestellbar)	(nicht bestellbar)	(nicht bestellbar)	(nicht bestellbar)	(nicht bestellbar)	(nicht bestellbar)
monatliche Kosten mit Router	36,98-39,98 € ⁵	46,98-49,98 € ⁵	76,98-79,98 € ⁵	24-26 € ^{1,5}	34-36 € ^{1,5}	44-46 € ^{1,5}	35,98 €	41,98 €	39,95 €	44,95 € ³	49,99 € ⁴	34,99-44,99 € ⁵	44,99-54,99 € ⁵	64,99-74,99 € ⁵

¹ Routerzuschlag fällt nach 24 Monaten weg, Preis kann alternativ komplett bei Vertragsschluss entrichtet werden

² Nutzung an festen Standorten zulässig

³ Datenpass für 31 Tage kann jederzeit ohne Abo hinzugebucht werden, keine Verpflichtung zur Abnahme

⁴ wird nur bei Nutzung fällig

⁵ je nach mitbestellter hardware

✓ vorhanden

– nicht vorhanden

Schalten Sie Ihre TV-Werbung ein

Wenn Sie an TV-Werbung denken, haben Sie aufwändig produzierte und kostenintensive Werbespots vor Augen?

Das geht auch anders – mit **heise TV-Bannern**.

Wir bieten bezahlbare TV-Werbung auf mehr als 30 Sendern der ProSiebenSat.1-Gruppe und der RTL-Mediengruppe:

- › zielgruppengenau aussteuerbar über internetfähige Smart-TVs
- › aufmerksamkeitsstark platziert im Programmumfeld
- › kostengünstig umsetzbar als L-förmiger Banner
- › transparent ausgewertet nach Sichtkontakte



L-förmiger
heise TV-Banner
bereits ab 2.990 €





Bildschirmfilmer

Screenrecorder für Windows, macOS, Linux und Webbrowser

Eliche Programme filmen den Bildschirminhalt: Bordmittel wie Xbox Game Bar, Open-Source-Streaming-Software wie OBS Studio oder kostenpflichtige Anwendungen wie Camtasia. Manche erzeugen Videos, andere animierte Folien. Die Wahl des passenden Screenrecorders hängt vom Einsatzzweck ab – und manchmal auch vom Geldbeutel.

Von André Kramer

Bewegte Bilder vermitteln Klickroutinen oder die Funktionsweise einer Software weit besser als Texte. Im einfachsten Fall erstellen Screenrecorder ein Video des kompletten Bildschirms oder eines Fens-ters und geben es als MP4-Datei aus. Ein besser ausgestatteter Screenrecorder stellt unterschiedliche Methoden zur Wahl: Video- oder Folienaufzeichnung. Beim Folienansatz erstellt das Programm entweder in regelmäßigen Abständen oder bei jedem Mausklick einen Screenshot und animiert den Mauszeiger anhand eines Vektorpfads. Der Vorteil: Man kann den Mauspfad bearbeiten, die Cursorgrafik austauschen und das Projekt ressourcen-schonend exportieren. Manche Tools machen nur das eine oder das andere.

Viele Programme können simultan zum Geschehen auf dem Monitor auch das

Webcam-Bild eines Moderators einbinden und Systemaudio sowie übers Mikrofon eingesprochenen Kommentar auf unter-schiedliche Audiospuren legen. Im Editor ergänzt man Grafiken wie Kommentarkästen oder Hinweispfeile, schneidet und kombiniert Clips, fügt Untertitel hinzu und schließt das Video am Ende gar mit einem Quiz ab, das die Inhalte des Tutorials mit Multiple-Choice-Fragen prüft und die Antworten an einen E-Learning-Server überträgt.

Leistungsfähige Autorentools für Tutorials und Software-Demos stehen als Desktop-Programme zum Kauf oder auch als Web-App im Monats-Abo zur Verfü-gung. Einfache Bildschirmaufnahmen er-stellen auch die Hilfsprogramme VLC Media Player, QuickTime Player und Xbox Game Bar (siehe Kasten) sowie Anwen-

dungen für Videostreamer wie OBS Studio, die zwar keinen Editor zur Annotation der Aufnahmen bieten, sich aber dafür besser in Video- und Office-Szenarien einfügen.

Im Testfeld versammeln sich die kostenpflichtigen Desktop-Programme Camtasia 2023 von TechSmith und Captivate 12 von Adobe sowie die beiden Web-Apps Screencastify und ScreenPal. Gegen sie treten das Open-Source-Streaming-Programm OBS Studio 29.1, das schon betagte Open-Source-Tool CamStudio 2.7 und die Freeware Wink 3 an. Für Windows sind alle getesteten Desktop-Programme erhältlich, einige auch für macOS oder Linux (siehe Tabelle am Artikelende).

Aufnehmen

Screenrecorder brauchen Zugriff auf Webcam, Mikrofon, Systemaudio und den Bildschirm. Das ist mit dem Autorenprogramm Camtasia, das sich an Videolaien richtet, deutlich schneller eingerichtet als mit dem Open-Source-Programm für Videoprofis OBS Studio. Anschließend wählt man den Aufnahmebereich: entweder den

gesamten Bildschirm, ein Programmfenster oder einen per Maus aufgezogenen Rahmen. Nach einem meist dreisekündigen Countdown startet die Aufnahme; nach Abschluss exportiert das Programm eine Videodatei oder öffnet einen Editor.

Anwendungsprogramme wie Word oder Photoshop stellen keinen der Testkandidaten vor Probleme. Auch Videoinhalte von YouTube oder von einem Videoplayer sowie Spiele mit DirectX 12 zeichnen fast alle auf; lediglich Adobe Captivate 12 strich hier mit seinem rein folienbasierten Ansatz die Segel. Camtasia Studio, OBS Studio, Xbox Game Bar und die getesteten Webdienste erzeugten flüssige Spieldideos. Bei Wink ruckelte das Video stark.

Wer Spieldaten als Video streamt, setzt meist auf OBS Studio, wer sie nur aufzeichnet, auf Xbox Game Bar (siehe Kasten). Der Client der Computerspieleplattform Steam bringt einen „Simple Video Recorder“ mit. Auch Grafikkartenhersteller haben eigene Tools im Programm, um das Videosignal direkt abzugreifen: AMD bietet das Tool Radeon ReLive an. Das

Tool von Nvidia heißt ShadowPlay. Das Benchmarkprogramm Fraps 3.5 zeichnet DirectX-11-Spiele bis zu einer Auflösung von 7680 × 4800 Pixeln mit maximal 120 Bildern pro Sekunde auf – also bis die Kiste raucht. Es kostet 33 Euro und nimmt Vollbildvideos sowie -Screenshots auf.

Bearbeiten

Mit dem bloßen Aufzeichnen des Bildschirminhalts ist es selten getan. So kann man bei Camtasia beispielsweise eine Webcam-Aufnahme im Bild platzieren, einen gesprochenen Kommentar aufnehmen oder das Gesagte als Untertitel hinzufügen; die Web-App ScreenPal erzeugt diese sogar automatisch.

Sogenannte Callout-Grafiken wie Pfeile und Sprechblasen führen das Auge. Masken, die den umliegenden Bereich abdunkeln, oder farbige Spots erfüllen eine ähnliche Funktion. Auch selektive Weichzeichner, beispielsweise zum Ausblenden von persönlichen Informationen wie Kontonamen und E-Mail-Adressen gehören zu den essenziellen Werkzeugen. Umfang-

Bildschirmaufnahme mit Tools und Bordmitteln

Windows enthält ab Version 10 das Hilfsprogramm **Xbox Game Bar** (Windows-Taste+G). Es zeichnet Screenshots und Videos in Computerspielen, aber auch in Anwendungsprogrammen auf. Eine Steuerleiste blendet unter anderem ein Fenster mit Leistungsdaten und eine Galerie mit vorhandenen Aufnahmen ein. Die Tastenkombination Windows+Alt+Drucken erstellt einen Screenshot, Windows+Alt+R startet oder beendet die Aufnahme. Auf Wunsch nimmt das Tool dabei den Mikrofoneingang auf (Windows+Alt+M); Fenster kann man nicht auswählen. Über eine kleine Kontrollleiste lässt sich die Aufzeichnung stoppen. Xbox Game Bar speichert eine MP4-Datei im Videoverzeichnis des Nutzers.

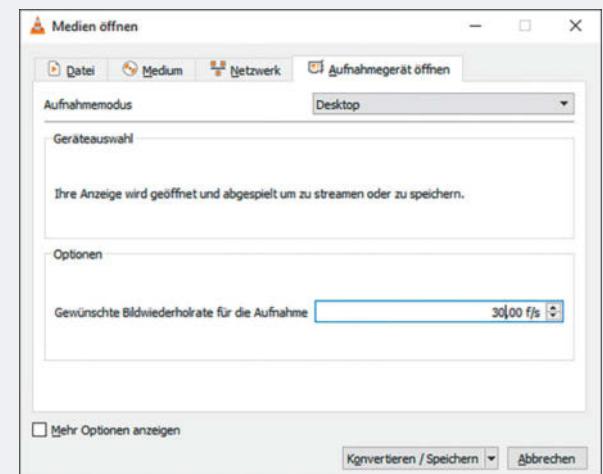
Unter Windows 11 nimmt auch das **Snipping Tool** bewegte Bilder auf. Ein Schalter wechselt zwischen Screenshot und Video. Anschließend kann man einen Rahmen aufziehen und den Clip danach als MP4-Datei ablegen. Mindestvoraussetzung ist der Windows-11-Build 22621. Ton zeichnet das Tool nicht auf.

Unter macOS ab 10.14 öffnet die Tastenkombination Shift+Command+5 die Symbolleiste für Bildschirmfotos und

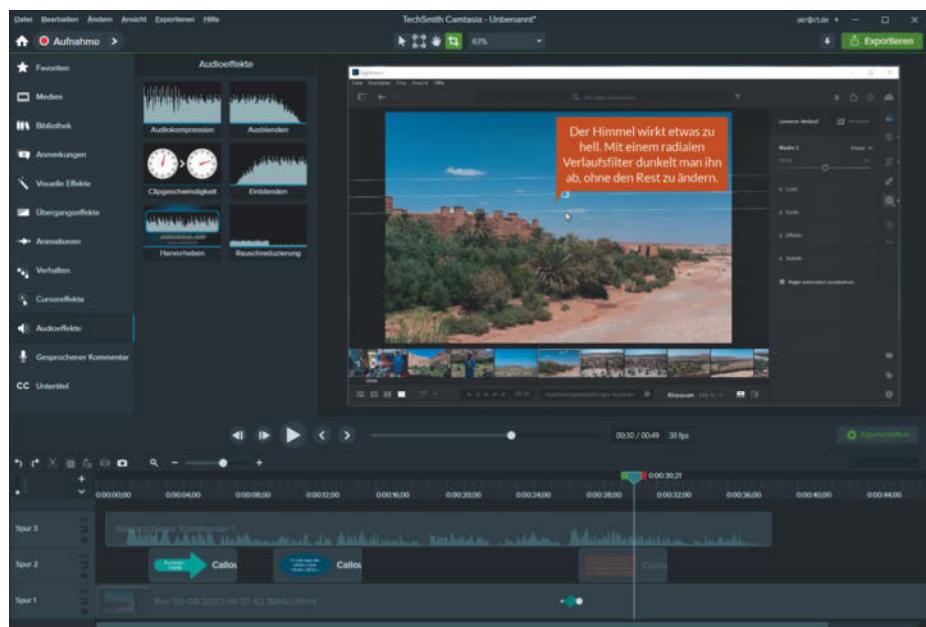
-videos. Dieselbe Leiste erscheint auch im **QuickTime Player** nach Wahl des Menübefehls „Ablage/Neue Bildschirmaufnahme“. Dort kann man ein Mikrofon als Aufnahmequelle und einen Countdown einstellen. Command+Control+Escape beendet die Aufnahme und öffnet eine MOV-Datei im QuickTime Player.

VLC Media Player nimmt ebenfalls den Bildschirminhalt auf, jedoch wiederum ohne Audio. Die Funktion steckt im Dialog „Konvertieren/Speichern“ des Medien-

Menüs. Wechselt man dort in den Tab „Aufnahmegerät öffnen“, kann man unter „Aufnahmegerät“ den „Desktop“ auswählen. Die „Gewünschte Bildwiederholrate für die Aufnahme“ muss man dann noch von den angezeigten „1 f/s“ auf 30 Bilder pro Sekunde hochsetzen. Nach einem Klick auf „Konvertieren/Speichern“ öffnet das Programm einen Dialog zur Angabe eines Pfads und Namens der Zielfile. Nach Klick auf „Start“ legt das Tool los. Ein Klick auf die Stopp-Taste beendet die Aufnahme.



VLC Media Player nimmt auch das Monitorbild auf. Die Funktion ist aber gut versteckt.



Der Bildschirmrecorder Camtasia 2023 von TechSmith bringt Übergangseffekte, Animationen, Grafiken, Werkzeuge für gesprochenen Kommentar und eine mehrspurige Zeitleiste mit.

reiche Autorentools heben auf Wunsch Mausklicks farbig hervor und ergänzen Tastentöne auch für Tastaturanschläge. Den Mauspfeil ersetzen sie automatisch durch eine hochauflöste Grafik. Außerdem kann man den Cursor durch größere oder andere Grafiken ersetzen – zum Beispiel ein Firmenlogo.

In einem Videoschnittprogramm lassen sich Kommentare, Systemaudio, Videoclips, Grafiken und Text in getrennten Spuren verwalten, mehrere Clips aneinanderschneiden und mit Übergangseffekten verbinden.

Exportieren

Als Standard für die Videoausgabe bieten sich die Containerformate MOV und MP4 sowie der effiziente H.264-Codec an. Ältere Tools unterstützen noch AVI oder MPEG-2. Das ist unschön, geht aber zur Not. Auf die Bitrate kann man meist mit Reglern oder Voreinstellungen wie „niedrig“, „mittel“ und „hoch“ Einfluss nehmen, auf Bildrate und Auflösung häufig auch detaillierter.

Die getesteten Web-Apps sowie Camtasia und OBS Studio exportieren Videos auch zu Onlineplattformen, allen voran YouTube. Der Camtasia-Hersteller TechSmith bietet auch eigene Onlineportale. Das empfiehlt sich, wenn man einen ausgesuchten Kreis ansprechen möchte. TechSmith hat Screencast.com entwickelt.

Camtasia-Nutzer erhalten dort 2 GByte Cloudspeicher kostenfrei. 30 GByte Speicherplatz und 240 GByte monatliche Bandbreite kosten 10,83 Euro monatlich oder 108,40 Euro im Jahr. Die Video-learning-Plattform Knowmia für Hochschulen und Lernkurse, ebenfalls von TechSmith, bietet für 260 Euro jährlich unbegrenzt Speicherplatz.

Camtasia, Captivate und Screen-castify können ein Quiz ans Ende des Tutorials stellen. Es besteht wahlweise aus Multiple-Choice-Fragen oder Aussagen, die das Publikum als richtig oder falsch bewerten soll. Beide Desktop-Programme exportieren solche Quizabfragen für Learning-Management-Systeme (LMS). Das populärste heißt SCORM (Sharable Content Object Reference Model beziehungsweise Objektreferenzmodell für teilbare Inhalte). Es stellt die Resultate in einem XML-Format innerhalb einer ZIP-Datei zur Verfügung. Ein weiteres relevantes heißt AICC (Aviation Industry Computer-based Training Committee).

Fazit

Poweruser finden in Camtasia ein mächtiges Werkzeug. Das TechSmith-Programm zeichnet Bildschirm, Webcam und mehrere Audiospuren simultan auf, legt alles auf separate Spuren und bietet praktische Werkzeuge für Grafik, Kommentar, Effekte, Texttitel und Quizabfragen in



CamStudio 2.7

Das Open-Source-Programm CamStudio nimmt unter Windows den Inhalt eines Programmfensters oder eines frei definierbaren Rahmens auf, den man über ein Fadenkreuz aufzieht. Für pixelsparsame Videos folgt der Rahmen dem Mauscursor. Im Test ruckelte das erzeugte Video jedoch deutlich. Einen Editor bringt CamStudio nicht mit; Grafiken und Effekte lassen sich also nur mit anderen Programmen hinzufügen. Das gilt auch für Videoschnitt.

Den aufgenommenen Clip exportiert das Programm standardmäßig im Containerformat AVI. Ein Klick auf das Explosions-Icon in der Symbolleiste wechselt von AVI nach SWF und von dort nach MP4. Direkt nach dem Stopp der Aufnahme speichert das Programm die Datei in einem vorgedefinierten Verzeichnis. Dabei stürzte es reproduzierbar ab, erledigte aber immerhin den Export. Das AVI-Format ist nicht mehr taufrisch, wird aber von den meisten Video-Playern abgespielt; VLC musste dabei den Index reparieren. SWF (Adobe Flash) sollte man nicht mehr verwenden. Mit MP4 steht ein modernes Format bereit. Codec und Kompression kann man manuell einstellen – eine mögliche Fehlerquelle, weil längst nicht alle Nutzer sich mit Videokodierung auskennen dürften.

In zehn Jahren hat es das CamStudio-Projekt gerade einmal von Version 2.6 auf 2.7 geschafft – ein sehr geringes Entwicklungstempo. Adobe Flash ist nicht getilgt, die Stabilitätsprobleme sind nicht behoben. Da fährt man selbst mit dem kruden Ansatz des VLC Media Player besser.

Keine Nachbearbeitung

Instabil beim Export

Preis: kostenlos (Open Source)



Camtasia 2023

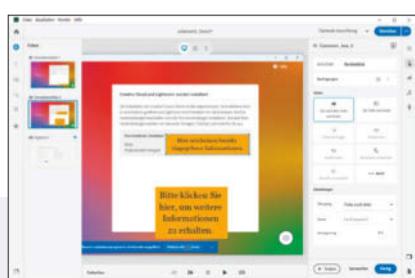
Der Hersteller TechSmith veröffentlicht jedes Jahr eine neue Version von Camtasia. Kein Programm im Testfeld ist so gut gepflegt. Verglichen mit früheren Versionen kommt die Oberfläche schlank und aufgeräumt daher. Daher finden sich nun auch Einsteiger schnell zurecht.

Das Aufnahmefenster bietet Standardauflösungen, Vollbildaufzeichnung und Fensterwahl an. zieht man den Rahmen manuell auf, hilft eine Bildschirmlupe. Anwendungen und selbst Spiele zeichnet Camtasia sauber, flüssig und auch bei längerer Aufnahme stabil auf. Bei geringer Auflösung folgt die Aufnahme dem Cursor. Camtasia erfasst neben dem Geschehen auf dem Monitor auf Wunsch simultan das Webcam-Signal, den Mikrofoneingang und Systemaudio.

Der Editor präsentiert alle Inhalte auf einzelnen Spuren. Links neben dem Vorschaufenster bietet das Programm Menüeinträge für Hinweisgrafiken, Kommentaraufnahme, Untertitel, Übergangseffekte und mehr. Mit der Maus zieht man eine Grafik an eine gewünschte Position in der Zeitleiste; nach Mausklick kann man einen Beschreibungstext einfügen. Den Cursor ersetzt Camtasia automatisch durch eine hochauflösende Grafik, die man manuell ändern kann. Der Mauspfad lässt sich über Bézierkurven bearbeiten. Start und Ende von Videoclips kann man einfach mit einer Mausgeste beschrneiden. Der Quizeditor ergänzt auf Wunsch Abfragen zum Inhalt. All das funktioniert genauso, wie man es erwarten würde – Camtasia ist die erste Wahl für Nutzer, die häufig Bildschirmvideos erstellen.

- ⬆️ stabil und funktionsreich
- ⬆️ einfach zu bedienen

Preis: 325,22 Euro



Captivate 12

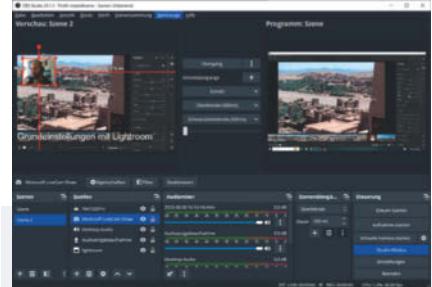
Adobe versteht Captivate als Autoren- tool für E-Learning-Inhalte, in dem man entweder mit einer Software-Aufzeichnung oder einer leeren Folie beginnt. Derzeit konkurrieren zwei Versionen: Das aktuelle Captivate 12.1 setzt Windows 11 oder macOS ab 13.4 voraus, wirkt aber wie ein unfertiger Schnellschuss. Auf älteren Systemen lädt Adobe das deutlich umfangreichere, aber hoffnungslos veraltete Captivate 2019. Es will Inhalte noch an die längst nicht mehr angebotene Animations- software Flash CC und an abgeschaltete Server wie Phonegap weitergeben. Das Programm filmt aber auch Videos und Spiele („Videodemo“).

Captivate 12 zeichnet lediglich statische Inhalte auf Folien mit animiertem Mauspfad auf („Software- simulation“). Videos kann man nur als Datei einbinden, nicht aber vom Bildschirm filmen. Im Vergleich zur Vorversion fehlen außerdem PowerPoint- Import, eine Text-to-Speech-Funktion und multimediale Inhalte wie Bilder- karussells, virtuell umklappende Lernkarten, Zeitleisten und interaktive Infinite-Scroll-Folien.

Im Editor von Captivate 12 kann man Bilder und Videos hinzufügen und einen Audiokommentar aufzeichnen. Außerdem lassen sich interaktive Klick- anleitungen mit verlinkten Folien, animierten Schaltflächen und Quizabfragen inklusive vordefinierten Antworten unter anderem für „richtig“, „falsch“ und „wiederholen“ erstellen. Die Ergebnisse gibt das Programm an SCORM- und AICC-Server weiter. Projekte exportiert es als HTML5-Datei mit integriertem JavaScript-Player und integrierten Medien.

- ⬆️ modernes Autoren- tool
- ⬇️ geringer Funktionsumfang

Preis: 40,45 Euro pro Monat



OBS Studio 29.1

Die unter GPL lizenzierte „Open Broadcaster Software“ steht kostenlos und plattformübergreifend für Windows, macOS und Linux zur Verfügung. Das Tool ist vor allem für Streamer konzipiert und reicht den Webcam-, Fenster- oder Bildschirminhalt an Plattformen wie Twitch, YouTube und Facebook Live weiter – auch viele andere Plattformen wie OnlyFans listet das Programm an weniger prominenter Stelle unter ferner liefern.

Bei der Einrichtung fragt OBS Studio aber auch, ob man es nicht für Aufnahmen optimieren möchte. Möchten wir: Dabei ermittelt das Programm die darstellbare Auflösung und Bildrate, hier 1680 × 1050 Pixel bei 60 Bildern pro Sekunde.

Weil sich das Programm auf die Live-Wiedergabe konzentriert, fehlen abgesehen von einfachen Text-Overlays die im Testfeld sonst üblichen Annotations-Tools wie Pfeilgrafiken oder Sprechblasen. Audioaufnahme, Webcam-Bild-im-Bild und Steuerung über Tastenkürzel funktionieren aber gerade wegen der professionellen Ausrichtung exzellent. Über virtuelle Kameras reicht OBS das Programmbild auch als emulierte Webcam an das Betriebssystem weiter. Programme wie MS Teams können es damit wie eine herkömmliche Webcam einbinden.

Die Oberfläche erinnert eher an ein professionelles Fernsehstudio als an die übrigen, eher an Einsteiger orientierten Testkandidaten. Gerade daher ist OBS Studio aber bei Profis beliebt: Hier lassen sich Aufnahmen auf Pixel, Codec und Bildrate hin haargenau konfigurieren, damit sich eine Bildschirmaufnahme nahtlos in eine Videoproduktion einfügt.

- ⬆️ Streamingprogramm für Profis
- ⬇️ komplexes Bedienkonzept

Preis: kostenlos (Open Source)



Screencastify

Die englischsprachige Web-App Screencastify läuft im Google-Browser Chrome und setzt die Installation einer Chrome-Erweiterung des Herstellers sowie ein Google-Konto voraus. Nach Aufruf der Erweiterung zeichnet die App den gesamten Bildschirm (Vollbild), einen Browser-Tab oder eine Anwendung auf. Wahlweise erfasst sie dabei auch das Webcam-Video. Auch das Mikrofon-Signal nimmt sie auf, Systemklänge aber leider nur im Vollbild- und Tab-Modus.

Der Editor ist einfach gehalten. Hier kann man die Aufnahme um eigene Videos ergänzen, jedoch nicht um Bilder. Außerdem lassen sich Clips beschriften. Auf Wunsch schaltet das Programm die Audiospur stumm, kann sie jedoch nicht um eine weitere Aufnahme ergänzen. Ein Texttool fügt Kommentarkästen oder Untertitel hinzu, letztere allerdings nur manuell. Praktisch: Bildbereiche lassen sich weichzeichnen.

Standardmäßig teilt Screencastify jede Aufnahme mit allen, die den Link kennen; man kann sie aber auf „privat“ stellen und diese Einstellung bleibt auch für zukünftige Projekte erhalten. Links zum Video versendet die App per Gmail – auf Wunsch auch als QR-Code. Über die „Watch Page“ zeigt sie die Anzahl aktiver Zuschauer an, ergänzt über einen einfachen Dialog Quizfragen und exportiert das Video auf lokalen Speicher oder Google Drive im nativen Format WebM sowie nach Transkodierung auch als MP4-Datei. Screencastify vollbringt keine Wunder, erfüllt einfache Dienste aber zuverlässig und pragmatisch.

guter Recorder für Chrome

verhältnismäßig teuer

Preis: ab 15 Euro pro Monat



ScreenPal

ScreenPal, früher Screencast-o-matic, lädt nach Registrierung mit einer E-Mail-Adresse die Datei „WebLaunchRecorder.exe“ zur Aufnahme und Bearbeitung vom Server des Herstellers. Sie erstellt wahlweise Screenshots oder Videos und verbindet sich mit Microsoft Teams, Webex oder Zoom, um Aufnahmen zu teilen.

Der Recorder nimmt simultan das Monitor- und das Webcam-Bild sowie beide Audiosignale auf; dabei zeichnet er auf Wunsch den Hintergrund der Webcam unscharf, was wie bei Software für Videogespräche nie ganz perfekt funktioniert. Den Mauszeiger umrandet ScreenPal wahlweise mit einem gelben Ring, der sich bei gedrückter Maustaste blau färbt. Marker und Zeichenstift stehen ebenfalls zur Verfügung.

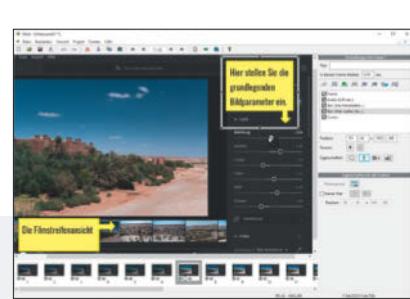
Die Aufnahmen lassen sich gleich nach Fertigstellung auf screenpal.com, YouTube oder anderen Videoplattformen veröffentlichen. Man kann sie aber auch zunächst im Editor bearbeiten. Der bietet auf den ersten Blick lediglich Grundfunktionen: Clips beschneiden, Musik aus Dateien oder dem integrierten Stockangebot hinzufügen, Untertitel ergänzen – letztere auch automatisch in deutscher Sprache. Unter „Tools“ lassen sich außerdem Bilder und Videos einbinden, Grafiken sowie Textboxen hinzufügen oder Bereiche hervorheben. ScreenPal überblendet, beschleunigt oder verlangsamt Clips zudem.

Die App speichert Videos standardmäßig lokal, legt aber auf Wunsch auch Cloud-Backups an. Nach Upload auf screenpal.com kann man das Video über einen Link weitergeben.

einfache Bedienung

umfangreicher Editor

Preis: ab 6 US-Dollar pro Monat



Wink 3.0

Statt eines kontinuierlichen Videos erstellt Wink einzelne Screenshots, auf denen es den animierten Mauscursor zeigt. Es eignet sich damit nicht für Spiele oder Videos, aber auch nur eingeschränkt für Tutorials beispielsweise von Office-Anwendungen. Die Oberfläche der Freeware wirkt antiquiert, aber funktional; sie ist sauber ins Deutsche übersetzt. Nach einem Klick auf „Datei/Neu“ wählt man die Aufnahmestelle aus. Ein gewähltes, aktives Fenster markiert die Anwendung mit einem grünen Rahmen. Ein schwebendes Fenster zählt die gemachten Screenshots.

Wie in einem Fotoshow-Programm lässt sich die Verweildauer einzelner Bilder ändern. Für jedes Bild kann man einen Audiokommentar aufnehmen, nicht jedoch fürs ganze Projekt. Ein Schalter deaktiviert den Ton für einzelne Folien. Klickfelder führen zu Web-Links oder nur nächsten beziehungsweise vorigen Folie. Eine Fülle bunter Hinweisgrafiken mit oder ohne Pfeil erklärt Klickroutinen. Wink stellt sie in einem etwas umständlichen, modalen Dialog bereit.

Vor dem Export als MP4-Datei muss man FFmpeg installieren und einbinden. Außer einem Video erstellt Wink 3 standardmäßig eine HTML- und JavaScript-Datei inklusive klickbarer Schaltflächen. Die Tonspur klang auch bei längeren Aufnahmen über einzelnen Frames abgehackt und unverständlich. Auch das Video ruckelte. So taugt das Programm nur für statische Videos ohne Ton. Wer ohne Hinweisgrafiken auskommt, ist mit Bordmitteln besser beraten.

viele Hinweisgrafiken

abgehacktes Audio und Video

Preis: kostenlos (Freeware)

einer klaren und einfach zu bedienenden Oberfläche.

Adobe Captivate befindet sich im Umbruch. Das umfangreiche Captivate 2019 ist auf das nicht mehr vertriebene Flash CC angewiesen und daher weitgehend unbrauchbar; Adobe vertreibt es in einer Art Kombilösung mit dem halbfertigen Nachfolger, weil nur mit der Vorversion Videoaufzeichnung gelingt. Captivate 12 erzeugt

Folien inklusive Quizabfragen und zeigt dabei Potenzial, wirkt aber noch längst nicht vollständig.

Wer nur gelegentlich ein Tutorial erstellen möchte, sollte sich die Web-Apps ansehen. Für ein Monatsabo zu 15 Euro kann man Grafiken sowie Effekte einbinden und vor allem saubere Videos exportieren. Zuweilen reicht eine simple Bildschirmaufnahme. Die kostenlosen Pro-

gramme CamStudio und Wink sind aber selbst damit überfordert. Besser eignen sich unter Windows 10 Xbox Game Bar, unter Windows 11 das Snipping Tool oder unter macOS der QuickTime-Player. Videostreamer finden in OBS Studio ein mächtiges Werkzeug. (akr@ct.de) ct

Bildschirmaufnahme mit Bordmitteln:
ct.de/y33m

Screenrecorder

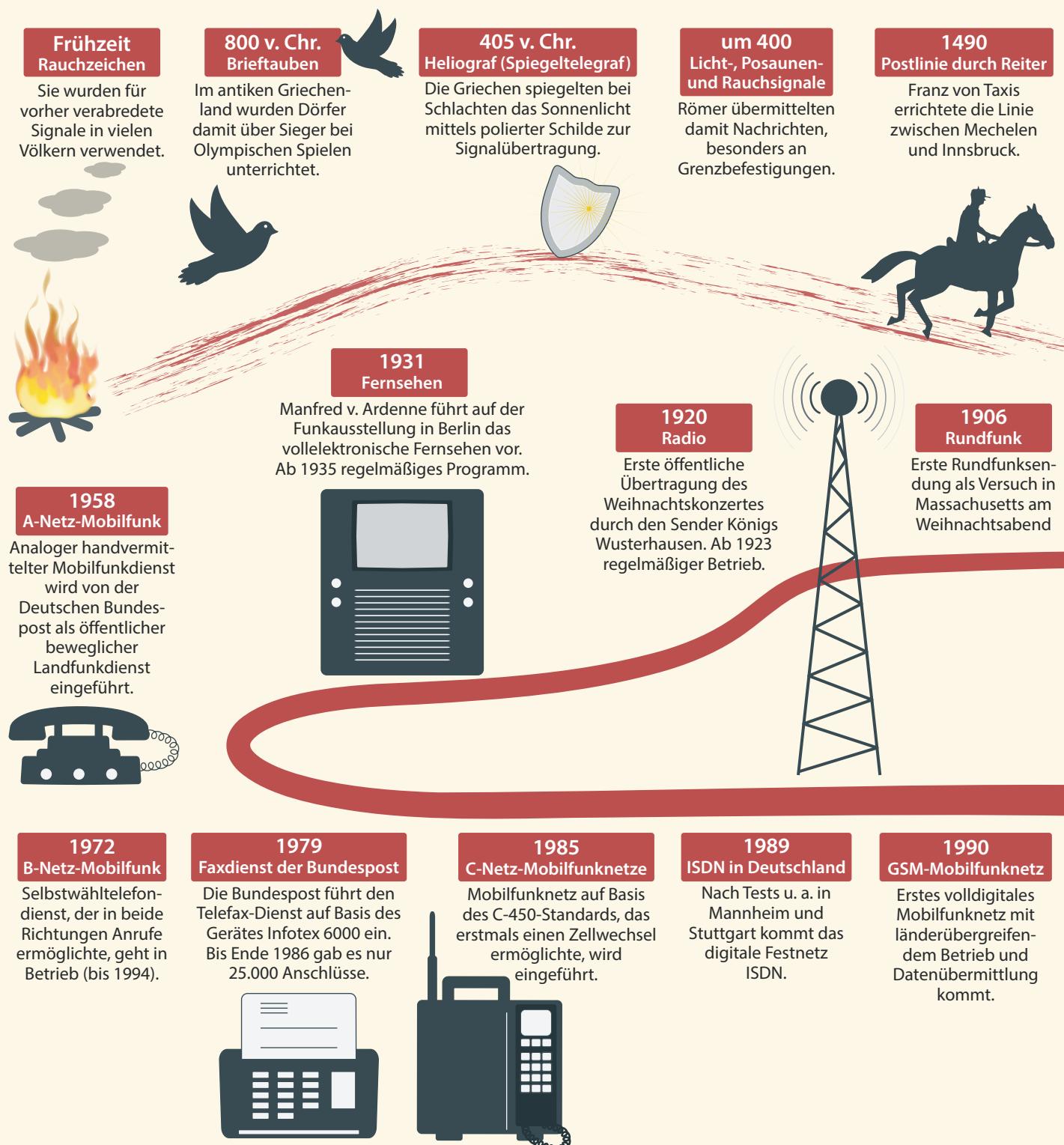
Produkt	CamStudio 2.7	Camtasia 2023	Captivate 12.1	OBS Studio 29.1	Screencastify	ScreenPal 3.2	Wink 3.0
Hersteller, URL	CamStudio Projekt, camstudio.org	TechSmith, techsmith.com	Adobe, adobe.com/de	OBS Projekt, obsproject.com	Screencastify, screencastify.com	ScreenPal, screenpal.com	Debugmode (Satish Kumar), debugmode.com
Systemanf.	Windows ab XP	Windows ab 10 (64 Bit), macOS ab 11.0	Windows 11, macOS ab 13.4	Windows ab 10, macOS ab 11, Linux	Webbrowser Google Chrome	Webbrowser	Windows ab XP, Linux
Sprache	Englisch	Deutsch	Deutsch	Deutsch	Englisch	Deutsch	Deutsch
Aufnehmen							
Bereich: Fenster / Region / gesamter Bildschirm	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ (Standard-formate) / ✓	✓ / ✓ (Standard-formate) / ✓	✓ / - / ✓	✓ / - / ✓	✓ / ✓ (Standard-formate) / ✓	✓ / ✓ / ✓
Video / Screenshot	✓ / -	✓ / -	✓ / ✓	✓ / -	✓ / -	✓ / ✓	✓ / ✓
dem Mauszeiger folgend	✓	✓	✓	-	-	-	-
Spiele aufzeichnen	✓ (ohne Audio)	✓	- (nur Folien)	✓	✓	✓	✓ (ruckelt)
Video-Overlay aufzeichnen	✓	✓	- (nur Folien)	✓	✓	✓	✓
Bilder pro Sekunde	theoretisch 1000/s	max. 60	- (nur Folien)	max. 60	max. 60	30 (automatisch)	beliebig
Mikrofon / System-Sound	✓ / -	✓ / ✓ (gleichzeitig möglich)	✓ / ✓ (gleichzeitig möglich)	✓ / ✓	✓ / ✓ (nur ges. Bildschirm u. Browser)	✓ / ✓	✓ / ✓
Audio-Einstellungen	Mikrofonauswahl, Codec, Samplingrate	Mikrofonauswahl, Bitrate (bei Export)	Mikrofonauswahl, Pegel	Mikrofonauswahl, Samplerate, Pegel, Noisegate	Mikrofonauswahl, Pegel	Mikrofonauswahl	-
Tastenkürzel: Aufnahme / Pause / Stop	F8 / F8 / F10	F9 / F9 / F10	F9 / Pause / F10	benutzerdefiniert	(Alt+Umschalt) +R / +P / +R	Alt-P / Alt-P / -	Shift+Pause / - / Shift+Pause
Tastenkürzel konfigurieren	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mausklick: Ton / Grafik	- / -	✓ / ✓ (mit Animation)	✓ / ✓	- / -	- / -	- / ✓ (farbiger Ring)	✓ / ✓
Töne für Tastenanschlag	-	✓	✓	-	-	-	✓
Bearbeiten							
Zeitleiste	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Film beschneiden	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓ (Folien löschen)
Medien integrieren: Bild, Folie	-	BMP, GIF, JPEG, PNG, PDF, PPT(X), TIFF	BMP, GIF, JPEG, PNG	-	-	BMP, GIF, JPEG, PNG, TIFF u.a.	BMP, GIF, JPEG, PNG, TIFF u.a.
Medien integrieren: Video	-	AVI, MOV, MP4, MPEG-2, WMV u.a.	MP4	MKV, MOV, MP4, FLV	AVI, MOV, MP4, MKV, WebM, WMV u.a.	MOV, MP4, WebM und Stockvideo	-
Webcam-Video integrieren	-	✓	-	✓	✓	✓	-
Tonspur ergänzen / löschen	- / -	✓ (Recorder) / ✓	✓ (MP3, WAV) / ✓	- / -	- / ✓ (stumm schalten)	✓ (MP3, WAV, Stockaudio) / ✓	✓ (WAV, MP3) / ✓
Textkasten / Grafiken / Untertitel	- / - / -	✓ / ✓ / ✓ (manuell)	✓ / ✓ / ✓ (manuell)	✓ / - / ✓ (über externe Dienste)	✓ / - / ✓ (manuell)	✓ / ✓ / ✓ (Speech-to-Text)	✓ / ✓ / -
Link setzen / Animation	- / -	✓ / ✓	✓ / ✓	- / -	- / -	- / -	✓ (Klickfelder) / -
Quiz gestalten	-	Frage/Antwort, Lückentext, Richtig/Falsch, Zuordnung u.a.	Multiple Choice, Richtig/Falsch, Zuordnung u.a.	-	Frage mit vier Antworten	-	-
Exportieren							
Videoformate	AVI, MP4, SWF	MP4, GIF, M4A (nur Audio), MP4 mit Player	- (HTML5, JavaScript, MP4)	MKV (Standard), MOV, MP4, FLV	GIF, MP4, WebM	AVI, GIF, FLV, MP4	MP4
Bildexport	-	BMP, GIF, JPEG, PNG	- (PNG, SVG)	-	-	-	PDF (Folge von Einzelbildern)
Videoeinstellungen	Codec, Qualität, max. Bildrate	Bildrate, Keyframes, Qualität, GPU-Nutzung	-	Bitrate, Qualität, Encoder, Renderer, Farbraum	-	Qualität (niedrig, normal, hoch)	Videobitrate, Audiobitrate, Bildfrequenz
Veröffentlichen im Web	-	Google Drive, YouTube, Knowmia, Panopto, Screencast.com	- (Vorschau im Browser)	Twitch (Standard), YouTube RTMPs, Facebook Live, Restream.io, Twitter u.a.	Google Drive, YouTube, screencastify.com, Google Classroom	screenpal.com, YouTube, Vimeo, Google Drive, Dropbox	-
Bewertung							
Bedienung / Aufnahme	Θ / ΘΘ	⊕⊕ / ⊕⊕	Ο / Ο	Θ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕	Ο / Θ
Bearbeitung / Export	ΘΘ / ΘΘ	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕ / Ο	Θ / ⊕⊕	⊕ / Ο	⊕ / ⊕	Ο / Θ
Bildqualität	Ο	⊕⊕	⊕	⊕⊕	⊕	⊕	ΘΘ
Preis	kostenlos (GPL)	337,35 €	40,45 € pro Monat	kostenlos (GPL)	15 € pro Monat ¹	ab 6 US-\$ pro Monat ¹	kostenlos (Freeware)

¹ kostenlose Basisversion erhältlich ⊕⊕ sehr gut ⊕ gut Ο zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden - nicht vorhanden k.A. keine Angabe

Zahlen, Daten, Fakten

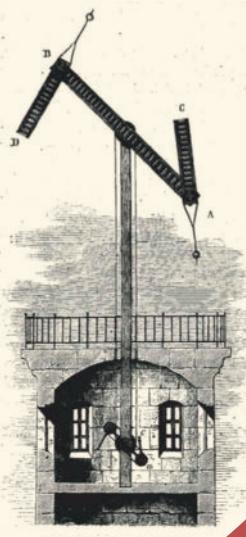
Die Geschichte der Kommunikation

Von Michael Link



1794
Flügeltelegrafen-Linie

Zwischen Paris und Lille wird der reguläre Nachrichtenbetrieb nach einer Idee von Claude Chappe aufgenommen.


1833
Telegrafie

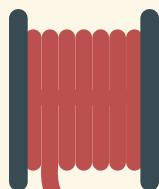
Carl Friedrich Gauß und Wilhelm Eduard Weber erfinden die elektrische Telegrafie als Übermittlung von Zeichen.


1844
Erstes Telegramm

Die erste Morsennachricht geht von Washington, D.C. nach Baltimore, seit 1852 nennt man sie Telegramme. 1849 Freigabe in Deutschland für die Allgemeinheit mit einer Übermittlungsdauer von 2 Stunden.

1857
Transatlantikkabel

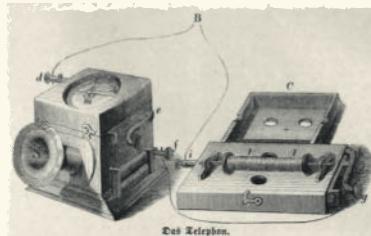
Erstes Transatlantikkabel wird verlegt, das aber schnell unbrauchbar wird.


1896
Morsetelegrafie über Funk

Guglielmo Marconi meldet seine Drahtloselegrafie zum Patent an.


1861
Telefon

Philipp Reis stellt in Frankfurt/Main das erste Telefon vor.


1900
Sprechfunk

Versuche von Reginald Fessenden über eine Entfernung von 1,5 km.

1876
Bell-Telefon

Alexander Graham Bell meldet sein Telefon zum Patent an.

1996
Digitalfunk für Behörden

Die Innenministerkonferenz beschließt die Einführung eines digitalen Behördensfunks (BOS). Der Netzaufbau dauert 20 Jahre.

2001
Glasfasernetze

In Japan kommen Glasfasernetze in Mode, was in Deutschland erst zehn Jahre später in Fahrt kommt.

2010
LTE

Erste LTE-Sendemasten werden in Deutschland in Betrieb genommen.

2023
Cell Broadcast

Der uralte GSM-Dienst Cell Broadcast wird für die Katastrophenwarnung in Deutschland reaktiviert.

1991
D-Netz

In Deutschland wird das D-Netz im Mobilfunk eingeführt, drei Jahre später das E-Netz.


1999
DSL

Die Telekom schaltet in ersten Städten DSL-Anschlüsse mit 768 kbit/s Downstream und 128 kbit/s Upstream.

2002
Erstes UMTS-Netz in Europa

Der österreichische Netzbetreiber Mobilkom Austria schafft das europaweit erste 3G-Netz. Das weltweit erste (Insel-)Netzwerk lief auf der Isle of Man ein Jahr zuvor.


2015
5G

Vodafone startet das erste für Privatkunden nutzbare Angebot in Deutschland.



Zahlenspielchen

Wie Sie sich gegen Postleitzahl-Betrug bei PayPal wehren

Der PayPal-Käuferschutz hat kleine, aber feine Einschränkungen bei der Adresskontrolle. Cyberkriminelle nutzen dies, um Käuferschutzverfahren gegen ihre Opfer zu gewinnen. Dagegen gibt es jedoch zuverlässige Mittel.

Von Markus Montz

Sie erwarten ein Paket. „Zugestellt“, heißt es in der Sendungsverfolgung. Mag sein – aber ganz sicher nicht bei Ihnen. Ein lösbares Problem, denken Sie. Schließlich haben Sie über PayPal mit Käuferschutz gezahlt. Sie eröffnen ein Verfahren und reichen PayPal die verlangte Sendungsverfolgungsnummer weiter. Kurz darauf fallen Sie aus allen Wolken: Der Zahlungsdienst hat Ihren Antrag auf Käuferschutz abgelehnt. Der Verkäufer habe nachgewiesen, dass das Paket korrekt zugestellt sei. Doch Sie haben ja nichts bekommen – wie kann das sein?

Möglicherweise sind Sie Opfer des relativ neuen und vergleichsweise seltenen Postleitzahl-Betrugs geworden. Damit zocken die Täter Käufer ab, die sich auf den Käuferschutz von PayPal, aber auch anderer Zahlungsdienste verlassen. Wir zeigen, wie die Masche funktioniert, worauf Sie achten müssen und wie Sie im Gegensatz zu anderen Maschen fast immer Ihr Geld zurückbekommen.

Alles sieht ganz normal aus

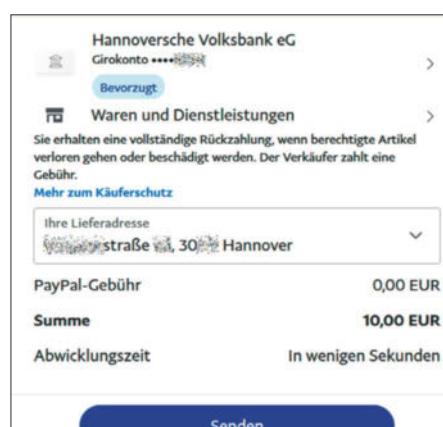
Die Masche beginnt harmlos und ist zu Beginn kaum zu erkennen. Sie suchen zunächst scheinbar ohne besondere Auffälligkeiten auf einem Kleinanzeigenportal, Marktplatz oder in einem Shop beispielsweise nach einem neuen oder gebrauchten Smartphone (zu etwaigen Indizien für Betrugsmaschen siehe [1, 2]). Sie werden

fündig und mit dem Verkäufer handelseinig. Dieser will Ihnen das Smartphone zusenden.

Als Zahlungsart vereinbaren Sie PayPal. Theoretisch sind auch andere Dienste möglich, dazu später mehr. Damit der PayPal-Käuferschutz aktiv ist, wählen Sie die Option „Waren und Dienstleistungen“ – zu dieser und anderen Bedingungen für den PayPal-Käuferschutz siehe [2] und ct.de/y12k. Ihr Gegenüber bestätigt kurz darauf, dass das Geld angekommen ist.

Wenig später bekommen Sie eine Mail des Paketdienstes, dass Ihre Sendung unterwegs ist, Sendungsverfolgungsnummer inklusive. Die Postleitzahl in der Sendungsverfolgung stimmt, Ihr Nachname bis auf etwaige Tippfehler ebenfalls.

Was Sie nicht wissen: Die Täter haben das Paket nicht an Sie adressiert, sondern an einen Strohmann. Dessen Straße und Hausnummer liegt im selben Postleitzahlgebiet. Der Nachname ist keine Hürde: Ein Klingelschild lässt sich überkleben oder der Vorname in der Adresse lautet auf die Zielperson. Da die Paketdienste in der Sendungsverfolgung nur den Namen und den auch nicht immer vollständig anzeigen, können Sie dies nicht überprüfen und dem Paketboten wird es nicht auffallen.



Bei der Zahlung über PayPal „Waren und Dienstleistungen“ geben Sie zwar eine für Käufer und Verkäufer verbindliche Adresse an ...

Frust beim Käuferschutz

Nach einer Weile wundern Sie sich, dass die Sendungsverfolgung das Paket als zugestellt anzeigt, obwohl es nie bei Ihnen angekommen ist. Zunächst reklamieren Sie beim Verkäufer. Der aber stellt sich unwissend, verweist auf die Sendungsverfolgung und hält Sie ansonsten mit allerlei Ausflüchten möglichst lange hin. Schließlich leiten Sie ein Käuferschutzverfahren ein. Der Verkäufer beharrt jedoch auch dort auf seiner Version und legt dem Zahlungsdienst die Sendungsverfolgungsnummer vor.

PayPal reicht dies bereits als Nachweis. Laut den Bedingungen für den PayPal-Käuferschutz genügt es, wenn der Verkäufer einen Lieferbeleg präsentiert, der eine Sendungsverfolgungsnummer, ein Lieferdatum und den Status „zugestellt“ enthält. Als Adressnachweis fordert PayPal lediglich „eine Empfängeradresse, die mindestens ... den Ort und das Land oder die Postleitzahl ... enthält“. Damit hat PayPal nach eigener Aussage auf die DSGVO reagiert. In der Tat übermitteln die Paketdienste seit deren Einführung keine weiteren Daten mehr über die Sendungsverfolgungsnummer – insbesondere nicht die Straße und Hausnummer.

Folgerichtig lehnt PayPal Ihren Antrag auf Käuferschutz ab, da die Postleitzahl und der Nachname übereinstimmen. Bei den Paketdiensten kommen Sie ebenfalls nicht weiter: Deren Vertragspartner ist der Verkäufer, somit erhalten Sie dort aus Datenschutzgründen keine weiteren Angaben. Die Sendungsverfolgungsnummer hilft Ihnen nicht, da die Paketdienste nicht zweifelsfrei nachvollziehen können, woher Sie diese bekommen haben. Das Geld scheint futsch, die Ware ebenso.

Unbedingt Anzeige erstatten

Glücklicherweise gibt es einen Ausweg. Dokumentieren Sie die Kommunikation mit den Tätern und mit PayPal samt der Sendungsverfolgungsnummer, gehen Sie damit möglichst rasch zur Polizei und erstatten Anzeige. Auch die Onlinewache (ct.de/y12k) ist eine Option. Gegen PayPals Entscheidung legen Sie innerhalb von zehn Tagen auf der Seite „Konfliktlösungen“ Widerspruch ein. PayPal wird dann neue oder zusätzliche Informationen anfordern und Ihnen dafür eine weitere Frist setzen.

In diesem Zuge reichen Sie die Vorgangsnummer Ihrer Anzeige bei PayPal ein. Anders als Sie oder PayPal kommen

Strafverfolgungsbehörden bei den Paketdiensten an die vollständige Adresse, sobald sie wegen einer Straftat ermitteln. Wir haben die gängigen Paketdienste dazu befragt; alle kooperieren bei Betrugsverdacht nach eigener Aussage eng mit den Behörden. Zwar erhalten Sie auch dann die tatsächliche Adresse nicht. Da die Ermittlungsbehörden aber auch PayPal zu dem Fall befragen werden, erfährt der Dienst auf diesem Weg, dass die Adressen nicht übereinstimmen. Sie können zudem einen Anwalt beauftragen. Dieser bekommt bei den Ermittlungsbehörden Akteneinsicht und damit die tatsächliche Adresse.

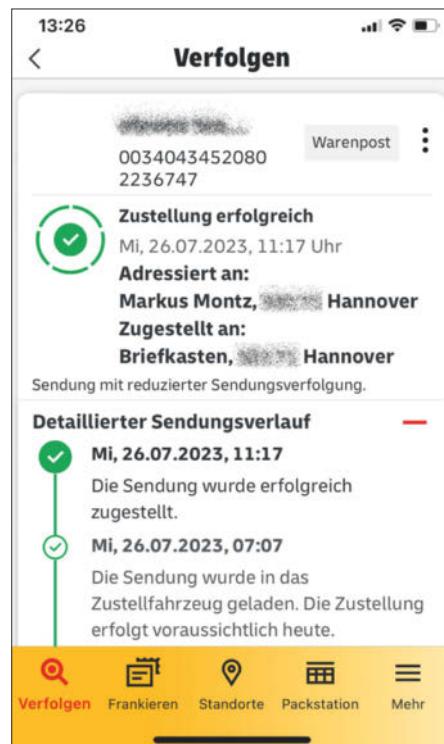
Damit haben Sie nun gute Karten, das Käuferschutzverfahren im zweiten Anlauf doch noch zu Ihren Gunsten zu entscheiden. Auch bei der Strafverfolgung stehen die Chancen besser. Anders als in den meisten Fällen von Onlinekriminalität hat die Polizei bei dieser Masche einen physischen Ermittlungsansatz, nämlich den Strohmann.

Die Täter setzen bei dieser Masche darauf, dass Sie als Betroffener die Entscheidung von PayPal hinnehmen, Fristen versäumen oder schon vorher aufgeben. Tun Sie das nicht, steigt deren Risiko. Gegebenenfalls halten die Betrüger Sie deshalb weiter hin. Sie tischen Ihnen Falschaussagen über Käuferschutzverfahren oder das Strafgesetzbuch auf oder setzen Sie emotional unter Druck. Dem dürfen Sie sich jedoch nicht beugen.

Verbesserungspotenzial

Die Masche ist bislang ein Randphänomen, egal ob die Täter auf Kleinanzeigenportalen oder mit Fake-Shops ihr Unwesen treiben. Denn sie müssen tatsächlich ein Paket verschicken und benötigen einen zuverlässigen Strohmann oder zumindest Zugriff auf eine Adresse im selben Postleitzahlbereich wie ihr Opfer. Im Gegenzug können sie durch den Zeitgewinn mögliche Sicherheitsmechanismen aushebeln. Dazu zählt beispielsweise, dass PayPal bei neuen Konten Limits einzieht und Zahlungseingänge erst verzögert gut-schreibt.

Die Täter sind daher gut organisiert und spielen die beteiligten Dienstleister sowie den Käufer geschickt gegeneinander aus. Den Ausgangspunkt bilden oft gekaperte oder von Strohmännern eröffnete PayPal- und Kleinanzeigenkonten, seltener auch Fake-Shops. Durch ihre Vorteile im Käuferschutzverfahren können



... in der Sendungsverfolgung fehlen jedoch aus Datenschutzgründen Straße und Hausnummer. Diese Lücke nutzen Betrüger aus.

die Täter bei PayPal länger unauffällig bleiben.

Die Paketdienste haben abgesehen von der bereits erwähnten Kooperation mit den ermittelnden Beamten keine Möglichkeit, das Treiben zu unterbinden. Sie können schließlich nicht erkennen, ob der Absender ein Paket absichtlich falsch adressiert. Die datenschutzrechtlichen Schranken verbieten es ihnen sodann, dem Empfänger Detailinformationen bereitzustellen. Das wiederum macht es den Zahlungsdiensten schwer, in Käuferschutzverfahren richtig zu entscheiden. Schließlich gibt es im Internet auch etliche unehrliche Käufer und zunächst steht Aussage gegen Aussage.

PayPal lässt sich – abgesehen von den Dauerbrennern Kundenidentifikation und Kontoübernahmen – nur eins vorwerfen: Die Kalifornier machen sich das Käuferschutzverfahren vergleichsweise einfach. So können sie viele Fälle automatisiert abwickeln. Den Aufwand trägt am Ende der Kunde. Dass es auch anders geht, zeigt OPP, der Zahlungsdienstleister hinter „Sicher bezahlen“ von Kleinanzeigen. Auch dort kennt man die Masche. Allerdings nimmt OPP den Verkäufer stärker in die Pflicht. Kleinanzeigen versicherte uns,

dass stets Menschen die Fälle prüfen. Zusätzlich zur Sendungsverfolgungsnummer sowie der Postleitzahl und dem Empfänger-Nachnamen verlangt OPP überdies weitere Nachweise vom Verkäufer, zum Beispiel einen Nachforschungsauftrag beim Paketdienst.

Auf Kleinanzeigen setzen die Täter deshalb noch stärker auf Hinhaltetaktiken. Die Opfer sollen möglichst die 14-tägige Frist streichen lassen, innerhalb der sie die Auszahlung des Geldes vom OPP-Treuhandkonto an den Verkäufer blockieren könnten. Lassen Sie sich deshalb nicht von den Geschichten Unbekannter beeinflussen, die Sie nicht überprüfen können. Jedes Paket kann sich verspätet, aber Sie müssen rechtzeitig handeln – wieder freigeben können Sie die Zahlung immer noch.

Mit Amazon Pay wäre die Masche theoretisch ebenfalls denkbar. Zwar sind uns keine Fälle mit Amazon Pay bekannt und Amazon selbst wollte sich nicht dazu äußern. Die Nutzungsbedingungen und Amazons restriktive Serviceanforderungen an Händler legen aber nahe, dass Betrüger dort zu viel Aufwand treiben müssten.

Darüber hinaus gelten die üblichen Ratschläge fürs Online-Shoppen: Machen Sie sich mit den Bedingungen der Zahlungsdienste in Ruhe vertraut. Für die Wahl des Shops oder Verkäufers gilt: Was zu schön ist, um wahr zu sein, ist es meistens auch nicht [1, 2]. Bei teuren Gebrauchtkäufen sollten Sie stets verbindlich vorschlagen, den Gegenstand gegen Bargeld vor Ort abzuholen. Betrüger springen dann meistens ab. Verdächtige Nutzerkonten oder Marktplatzhändler melden Sie der Plattform, Fake-Shops den Verbraucherzentralen (ct.de/y12k). Außerdem erstatten Sie in jedem Fall Anzeige. Das hilft Polizeibehörden, Muster zu erkennen und macht es den Tätern auf Dauer schwerer. (mon@ct.de) ct

Literatur

- [1] Markus Montz, Perfektes Schauspiel, Wie Betrüger mit Fakt und Fiktion Gebrauchtkäufer abzocken, c't 21/2022, S. 132
- [2] Georg Schnurer, Händler-Roulette, Onlin Kauf-Checkliste Shop-Auswahl, c't 8/2022, S. 24
- [3] Markus Montz, Schutzlos ausgeliefert, PayPal-Betrugsmaschen auf Kleinanzeigen-Portalen, c't 20/2020, S. 150

Käuferschutz, Onlinewache, Fake-Shop-Finder: ct.de/y12k

Autonom in der Hot Zone

Universal-Kit wertet Serienfahrzeuge zu selbststeuernden Krisenhelfern auf

Das deutsche Forschungsprojekt AKIT Pro hat ein universelles Autonomie-Kit hervorgebracht. Damit ausgestattet suchen sich handelsübliche Traktoren oder Bagger ferngesteuert oder sogar autonom einen Weg in Katastrophengebieten und bergen Gefahrstoffe.

Von Arne Grävemeyer

Das Szenario der Übung ist ein Waldbrand in unmittelbarer Nähe zu Gefahrgut. Da eine Drohne das Gelände wegen der Rauchentwicklung nicht gut aus der Luft kartieren kann, startet als Erstes der autonome Roboterhund Spot mit aufgeschnalltem Sensorpack auf dem Rücken und läuft die Gegend ab. Im Lagezentrum kann man sich anhand von Kamerabildern und Lidar-Scans (Light Detection and Ranging) einen ersten Eindruck vom Gelände verschaffen und erkennt verstreut liegende Fässer, die das heranrückende Feuer zu beschädigen droht. Für Einsatzkräfte vor Ort ist die Lage zu gefährlich.

Daher startet als Nächstes ein Verband bestehend aus einem großen Bagger, einem Gabelstapler und einem Traktor mit Anhänger. Die drei handelsüblichen Nutzfahrzeuge sind mit Autonomie-Kits ausgerüstet. Ihr Auftrag: Sie sollen sich an den Koordinaten der Fässer treffen, sie gemeinsam aufladen und in Sicherheit bringen – und zwar autonom.

Die Vorführung im Juni auf dem Technik- und Trainingszentrum des niedersächsischen Landesamts für Brand- und

Katastrophenschutz in Celle-Scheuen bildet den Abschluss des Forschungsprojekts AKIT Pro. Bereits 2019 zeigten die Partner des Vorgängerprojekts AKIT (Autonomie-Kit für seriennahe Arbeitsfahrzeuge), wie ein Kleinbagger und ein Traktor gemeinsam autonom Fässer bergen [1]. Bereits zu diesem Zeitpunkt hatten sie ein Autonomie-Kit mit RGB- und Nahinfrarot-Kameras, 3D-Lidar-Laserscannern und Kommunikationskomponenten sowie Steuerrechner vorzuweisen. Zwei GPS-Antennen erlauben es, die Ausrichtung des Fahrzeugs zu bestimmen. Das Kit lässt sich etwa auf einem Kabinendach installieren und kann per Zugriff auf den in mo-

dernen Fahrzeugen weit verbreiteten CAN-Bus (Controller Area Network) die Steuerung übernehmen. Ein Problem stellt allerdings die Vielzahl unterschiedlicher Schnittstellen der Fahrzeughalter dar, die in der Regel nicht offengelegt sind.

Gehärtete Systeme

Mit AKIT Pro haben die Partner ihr System robuster gemacht, erläutert Andreas Wenzel vom Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB). Das ursprüngliche Autonomie-Kit ist nun sicher gegen Regen und Staub geschützt. An der Präsentation beteiligen sich nicht nur der neu hinzugekommene Roboterhund von Boston Dynamics und ein geländegängiger Knickgelenk-Gabelstapler von Palfinger, sondern auch ein großer Liebherr-Bagger. An dem Bagger haben die Entwickler zusätzlich zum Standard-Kit weitere Lidar-Scanner und Kameras angebracht, um eine bessere Rundumsicht zu bekommen. Überdies ermitteln Encoder am Kettenantrieb die genaue Fahrbewegung und zahlreiche Sensoren erfassen alle Gelenkwinkel sowie die Drücke in den Hydraulikleitungen.

Auf dem AKIT-Steuerrechner läuft ein ständig wachsendes Paket von Softwaremodulen. Diese dienen dazu, das



Gemeinsam rücken drei autonome Fahrzeuge an und bergen einige Fässer, selbsttätig von der Wegeplanung über die Objekterkennung bis zum Verladen auf den mitgeführten Anhänger.

Fahrzeug zu steuern, das Gelände zu kartieren und den Pfad der Maschine zu planen. Sie binden unterschiedliche Sensoren und Kameratypen ein und sie steuern beispielsweise auch Greiffunktionen oder den Erdaushub. Zu den Aufgaben einzelner Module gehört es, die Form von Fässern zu erkennen und die vielversprechendste Greifmöglichkeit auszuwählen. Mit anderen Modulen könnte der Bagger beispielsweise ein vorgegebenes Areal eigenständig bis auf eine festgelegte Tiefe abgraben.

Lagezentrum mit Joystick

Parallel zum Autonomie-Kit hat der Projektpartner Binz ein sogenanntes Incident Command Vehicle (ICV) entwickelt. Auf einem Iveco-Lkw-Chassis ist ein ausfahrbbarer Raum für ein Lagezentrum mit vielen Bildschirmen und sechs Monitorarbeitsplätzen entstanden. Für die Kommunikation stehen diverse Funk- und Mobilfunkfrequenzen sowie Satellitenkommunikation zur Verfügung.

Das Autonomie-Kit erlaubt bei ungehörter Funkverbindung auch den Zugriff auf die Fahrzeugfunktionen per Fernsteuerung. An den Überwachungsmonitoren im Lagezentrum gibt es sogar Joysticks, die die Operatoren zur intuitiven Steuerung von Bagger und Traktor in die Hand nehmen können. Der Bagger durchläuft die Abschlussvorführung aber vollständig autonom. Er sucht sich seinen Weg ange-sichts der Bodenverhältnisse selbsttätig und vermeidet auch Kollisionen mit dem autonom anrückenden Gabelstapler. Der Gabelstapler entnimmt vom Anhänger des Traktors eine Transportbox und stellt sie neben die am Waldrand verstreuten Fässer. Der Bagger erkennt die Positionen der Fässer, wählt das erste aus, greift es auf eine Weise, die den meisten Erfolg verspricht, und stellt es in die Box. Schließlich deponiert der Stapler die Box wieder auf dem Anhänger und die Fahrzeuge ziehen sich zurück. Das Ganze geschieht in deutlich höherem Tempo als bei der Präsentation 2019.

Brand auf Truppenübungsplatz

Dass das Szenario für die Vorführung gar nicht so weit hergeholt ist, zeigen Beispiele aus der jüngeren Vergangenheit. So standen Berliner Feuerwehren im August 2022 einem Brand im Grunewald gegenüber, der einen Sprengplatz der Polizei samt Munitionslager bedrohte. Erst im Juni dieses Jahres brannte es auf einem

Im fahrbaren Leitstand können die Operatoren bis zu sechs Fahrzeuge oder Drohnen gleichzeitig aktiv steuern.



Truppenübungsplatz nahe dem mecklenburgischen Lübtheen; es kam zu Explosio-nen. In solchen Fällen bewegen sich die Einsatzkräfte in der sogenannten Hot Zone in Lebensgefahr, aber autonome Spezialfahrzeuge sind in aller Regel nicht verfügbar.

Mit einem Autonomie-Kit und einem modular aufgebauten Software- und Schnittstellenpaket könnten dagegen Serienfahrzeuge unbemannt an den Einsatzort fahren und erst einmal explosive oder giftige Gefahrstoffe bergen, so die Idee der AKIT-Projektbetreiber.

Allerdings haben bisher erst wenige Bau- und Landmaschinenhersteller ihre CAN-Schnittstellen offen gelegt. Auch die Lkw-Hersteller geben bisher den elektronischen Zugriff nur eingeschränkt frei. In solchen Fällen könnte ein einfaches elektromechanisches Nachrüstset schnelle Hilfe bieten. Der Projektpartner Götting hat ein solches entwickelt. Es besteht aus Gestänge und einfachen Klemmlösungen

sowie Aktuatoren für Lenkrad und Pedale. Beim Kalibrieren der Stellwege hilft ein Teach-in-Verfahren per App auf Smartphone oder Tablet. Die Notbremse besteht aus einer gespannten Feder, die im Ernstfall mit einer Kraft von 50 Kilopond aufs Bremspedal drückt.

Der große Vorteil des elektromechanischen Nachrüstsysteams: Es kann kurzfristig beschafft werden und im Kofferraum oder einer einfachen Box immer dabei sein. Im Verbund mit dem Autonomie-Kit kann das Fahrzeug damit ebenfalls ferngesteuert oder autonom agieren, sogar ohne elektronischen Zugriff auf den CAN-Bus.

(agr@ct.de) **ct**

Literatur

- [1] Arne Grävemeyer und Hans-Arthur Marsiske, Die Autonomen räumen auf, Roboter und selbststeuernde Fahrzeuge für menschenfeindliche Umgebungen, c't 24/2019, S. 134

Projektseite und Videos: ct.de/ycup

Ein Nachrüst-set bestehend aus Gestänge, einfachen Klemmlösun-gen und Ak-tuatoren für Lenkrad und Pedale ermög-licht hilfswei-se eine elek-tromechani-sche Anbin-dung an das Autonomie-Kit.



Bild: Götting



Bild: KI Midjourney | Collage c't

Gedankensteuerung

Hirnströme können Prothesen bewegen und Texte diktieren

Über Elektrodennetze unter dem Schädelknochen erfassen Forscher die Hirnaktivität und ermitteln, was Testpersonen sagen wollen. Inzwischen funktioniert das sogar in Echtzeit. Mit nichtinvasiven Sensoren am Kopf können Patienten bereits Exoskelette und Prothesen steuern, doch da könnte noch mehr gehen.

Von Arne Grävemeyer

Mit implantierten Gehirn-Computer-Schnittstellen (Brain-Computer-Interface, BCI) haben Forscher spektakuläre Erfolge erzielt: Unabhängig voneinander lasen zwei Teams aus den Hirnströmen von gelähmten, sprechunfähigen Patientinnen das aus, was diese sagen wollten. Dabei erreichten sie Erkennungsraten von über 60 und sogar über 70 Wörtern pro Minute – ein gesunder Mensch kann etwa 150 Wörter in einer Minute sprechen.

Die eingesetzte Technik erforderte allerdings invasive Eingriffe unter dem geöffneten Schädelknochen. Dabei platzierten Chirurgen Elektrodenfelder direkt im Gehirn, und zwar in jenen Windungen, die bei Bewegungen der Gesichts- und Mundmuskulatur besonders aktiv sind. Dort erfassten die Elektroden wie bei einem her-

kömmlichen EEG (Elektroenzephalografie) die Verteilung der Hirnströme, nur eben direkt im Organ und dadurch sehr genau.

Die Gruppe um Edward Chang an der University of California in San Francisco (UCSF) [1] hatte ihrer Probandin, einer Schlaganfallpatientin, ein flexibles Silikonimplantat mit feinen Drähten und 253 Elektroden auf die Gehirnhaut gelegt. Eine vergleichbare Technik entwickelt auch das Unternehmen Neuralink, mit dem der Visionär, Tesla- und SpaceX-Gründer Elon Musk die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine radikal verändern will.

Auch das Forscherteam um Francis Willet an der Stanford University [2] ist mit Neuralink verflochten. Es hat einer Patientin mit der nicht heilbaren degene-

rativen Nervenerkrankung ALS eine feste Platine mit insgesamt 128 Nadelelektroden eingepflanzt, die in die Hirnrinde hineinstechen. Diese Technik ist ein Abkömmling des sogenannten Utah-Arrays: Jenes invasive BCI wurde bereits 1993 patentiert und wird seitdem bei vielen klinischen Studien eingesetzt.

KI erkennt Tausende Wörter

Deep Learning ermöglichte nun große Leistungssprünge dabei, Wörter direkt aus Hirnaktivitäten herauszulesen. Beide Forschergruppen setzten eigens entwickelte Recurrent Neural Networks (RNN) ein, wie die jüngsten Veröffentlichungen in Nature im August 2023 belegen [1,2]. Bei diesen neuronalen Netzen laufen die Eingangssignale nicht nur von einer Neuronenschicht zur nächsten, sondern es existieren auch Verschaltungen innerhalb einer Neuronenschicht und zu vorangegangenen Schichten. Durch diese Architektur haben RNN die Möglichkeit, zeitliche Abläufe in Signalen zu berücksichtigen.

Um die neuronalen Netze auf die individuellen Hirnströme trainieren zu können, mussten die Patientinnen zunächst viele Stunden lang Vokabeln lesen, wobei die Wissenschaftler die Signatur der EEG-Signale aufnahmen. Diese EEGs repräsentierten also die Hirnaktivität, wenn eine Testperson an bestimmte Wörter dachte. Die EEG-Wort-Paare bilden dann das Trainingsmaterial, mit dem das RNN angeleert wird. Wenn sie schließlich versucht, Wörter zu bilden, erkennt das neuronale Netz die Muster wieder und kann die Wör-

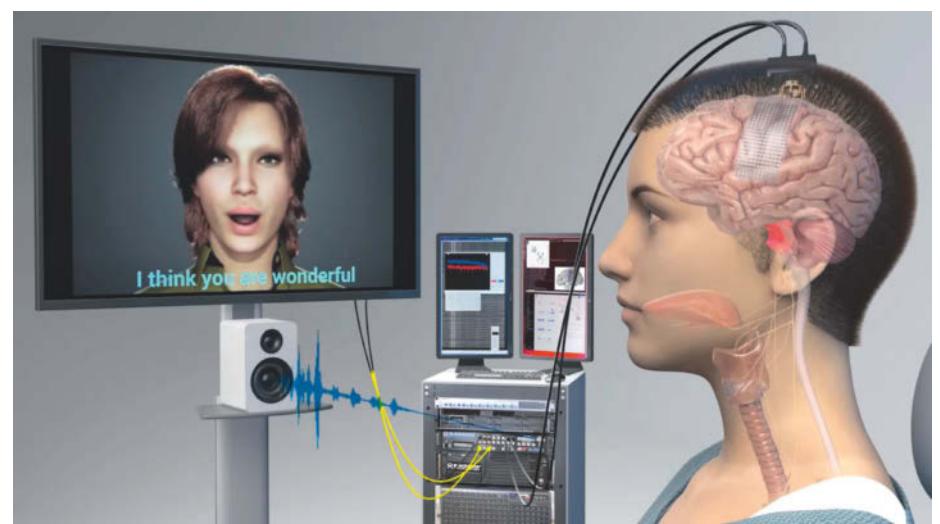


Bild: UCSF

Ein implantiertes Elektrodenfeld unter der Schädeldecke auf der Gehirnhaut misst die Hirnströme der Patientin. Ein individuell trainiertes neuronales Netz setzt die Signale in Wörter um, die dann der Avatar auf dem Bildschirm ausspricht.

ter zuordnen. Der große Sprung nach vorn besteht in der Geschwindigkeit, mit der das nun möglich ist. Stanford-Forscher hatten 2021 einen Rekord mit 18 Wörtern pro Minute aufgestellt, die heutige Technik arbeitet bis zu viermal so schnell.

Der ALS-Patientin in Stanford gelang es, bis zu 62 Wörter in der Minute über ihr BCI an die KI zu übermitteln. Wenn sie sich dabei auf ein einfaches Vokabular mit 50 Wörtern beschränkte, wies die Erkennung laut Studie eine Fehlerquote unter zehn Prozent auf. Aber selbst in einem 125.000-Wörter-Vokabular erkannte das System mehr als drei von vier Wörtern korrekt, die Fehlerquote lag bei 23,8 Prozent.

Das Team um Chang an der UCSF ging etwas anders an das Problem heran. Es trainierte sein RNN darauf, Wortlaute – die sogenannten Phoneme – zu erkennen und daraus Wörter zusammenzusetzen. Damit stand ihrer Schlaganfallpatientin ein Wortschatz von 1024 Begriffen zur Verfügung. Wenn die Frau sich vorstellte, mit diesem Vokabular zu sprechen, gelang es der KI, bis zu 78 Wörter in der Minute zu erfassen. Die Fehlerrate bei der Erkennung der gedachten Wörter liegt der Studie zufolge bei 25 Prozent.

Als zusätzlichen Clou begannen die Forscher an der UCSF, aus den Hirnströmen ihrer Patientin auch Gesichtsausdrücke auszulesen. Die erkannten Wörter

c't kompakt

- Mit Gehirnimplantaten haben Forscher jüngst aus der Hirnaktivität einer Frau über 70 Wörter pro Minute ausgelesen.
- Gehirn-Computer-Schnittstellen wecken Hoffnungen – nicht nur für Menschen mit gelähmter Sprechmuskulatur.
- Quantensensoren könnten in Zukunft als nichtinvasive Technik eine gedankenschnelle Kommunikation mit digitalen Geräten ermöglichen.



Bild: UCSF

Das invasive Brain-Computer-Interface der Patientin ist per Kabel mit dem Computer verbunden.

und Sätze gaben sie nicht nur als Text aus. Stattdessen schufen sie einen Avatar, der die Sätze der Patientin möglichst mit der passenden Mimik ausspricht. In weiteren Studien wollen die Forscher nicht nur den Wortschatz ihres Systems ausbauen, sondern dem Avatar sogar die ursprüngliche Stimme ihrer Patientin verleihen.

Alternative zur Tastatur?

Angesichts der schnellen Fortschritte, die die BCI-Forschung heute zeigt, kann man ins Grübeln kommen, wie lange die Menschheit wohl noch mit zwei Daumen Nachrichten in Handys eintippen wird. Wäre es nicht praktischer, mit digitalen Medien direkt im Gedankentempo zu kommunizieren? Zeitweilig hatte Meta-Gründer Mark Zuckerberg an technischen Massenlösungen forschen lassen, um Computereingaben über EEG-Signale zu vereinfachen. Heute ist Neuralink der stärkste Entwicklungstreiber, wenn es darum geht, Menschen durch Implantate einen direkteren Computerzugang zu eröffnen.

Diese Anwendungen sind durch medizinische Forschungen mit schwerwiegend beeinträchtigten Patienten seit Jahren etabliert. Neuralink setzt nun auf Implantationsmethoden, die angeblich verträglicher sind und bei denen man von außen keine großen Wunden mehr wahrnehmen soll. Zudem sieht das Unternehmen einen Elektrodenpatch mit über 1000 Kontakten vor, der sich möglicherweise mehrfach, mit einigen nebeneinanderliegenden Exemplaren einpflanzen lässt. Die US-Zulassungsbehörde FDA hat in diesem Jahr klinische Tests mit Neuralink-Implantaten genehmigt. Gerade erst im August 2023 schloss das Unternehmen eine weitere Finanzierungsrunde ab

und sammelte dabei über 250 Millionen Euro neues Kapital ein.

„BCI sind entwickelt worden für Menschen, die sonst keine Kommunikationswege haben“, gibt Surjo Soekadar zu bedenken. Der Mediziner kann verstehen, dass ein Unternehmen skalieren und eine wirtschaftliche Nische schnell besetzen will. „Aber momentan sind diese Schnittstellen noch nicht so leistungsfähig, dass es sich lohnt, sie bei einem gesunden Menschen einzusetzen.“ Es gebe immer das Risiko, das Gehirn dabei zu verletzen. Außerdem stellen die offenen Drähte am Kopf jederzeit ein Infektionsrisiko dar. Das Utah-Array in all seinen Varianten ist zudem ein steifer Fremdkörper mit Hunderten Nadelelektroden im weichen Gehirn. Da besteht die Gefahr, dass der Körper das BCI abstößt und dieses von Bindegewebe umwachsen wird. In dem Fall sinkt mit der Zeit auch noch die Erkennungsleistung des Arrays.

Nichtinvasive Elektroden

Soekadar forscht und lehrt an der Berliner Charité und ist Leiter des Fachbereichs Translation und Neurotechnologie. Sein Team hat sich auf BCI mit nichtinvasiven Elektroden spezialisiert, die auf der Kopfhaut kleben oder als EEG-Kappe getragen werden. Damit können Patienten beispielsweise Handprothesen steuern. Ein zweites Hilfsmittel sind Exoskelette, durch deren Steuerung Gelähmte sich nicht nur ganz unmittelbar bewegen können. In einigen Fällen erleben sie auch zusätzlich eine therapeutische Wirkung.

Exoskelette kommen zum Einsatz, wenn Menschen etwa nach einem Schlaganfall teilweise gelähmt sind. Bei einigen Betroffenen haben die Mediziner beobachtet, dass die Vorstellung, den eigenen

Körper zu bewegen, zusammen mit der dadurch initiierten tatsächlichen Bewegung ein Auslöser dafür sein kann, die direkte Kontrolle über die gelähmten Muskeln wiederzugewinnen. Der Patient denkt daran, die Hand zu schließen, das BCI erkennt dies in den Hirnströmen, das Exoskelett schließt die Hand – mit der Zeit können dadurch neue Nervenverbindungen wachsen, mit denen der Patient tatsächlich wieder in der Lage ist, selbst seine Hand zu schließen.

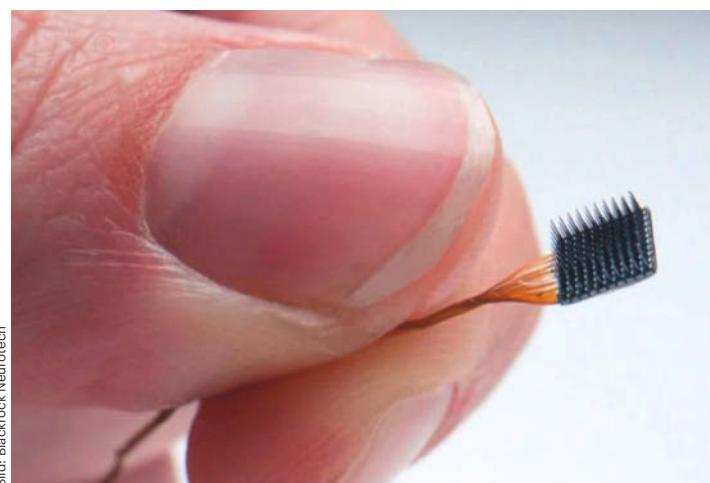
Es gibt prinzipiell zwei Methoden, Bewegungen mit Gedanken zu steuern. Zum einen kann die Technik die neuronale Aktivität dekodieren, die das Gehirn natürlicherweise etwa für eine Muskelanspannung erzeugt. Dieses Verfahren haben die Forscher genutzt, die in den oben genannten Studien ihren Patienten die Sprache wiedergegeben haben. Der zweite Ansatz stützt sich auf die operante Konditionierung: Nervenzellen können lernen, ihre Aktivität so zu ändern, dass die Testperson das, was sie beabsichtigt, auch erreicht. Gelingt es einem Patienten also vielleicht sogar zufällig, eine Elektrode anzusprechen und damit auszulösen, dass etwas Gewünschtes passiert, dann ist eine Feedback-Schleife geschlossen. Mit jeder Wiederholung lernt die Nervenzelle, welches Signal sie aussenden muss, um das Erwünschte zu erreichen. Mit der Zeit fühlt sich der Vorgang natürlich an.

Das ist der Weg, auf dem eine Prothese zu einem akzeptierten Teil des Körpers wird. Der Vorgang erinnert daran, wie ein Kind seinen Körper ausprobiert und so Bewegungen erlernt. Die Verknüpfungen zwischen den Neuronen im Gehirn verändern sich dabei permanent.

Magnetfelder bieten reiche Daten

Nun liefern EEGs, die mit Elektroden außen auf der Kopfhaut aufgezeichnet wurden, deutlich schwächere Signale als solche, die von Implantaten unter dem Schädelknochen stammen. Das liegt daran, dass der größere Abstand und die Knochenschicht die elektrischen Felder der Hirnströme deutlich dämpfen. Ganz andere Möglichkeiten eröffnen die von Hirnströmen induzierten Magnetfelder. Sie durchdringen den Schädelknochen fast unverändert, sodass empfindlich eingestellte Magnetometer sie theoretisch in hoher Signalqualität empfangen können.

In Laboren an der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Berlin hat



Ein Utah-Array, wie es der Patientin an der Stanford-University eingepflanzt worden ist: Über 100 Nadel-elektroden dringen leicht in die Hirnrinde ein und messen dort die Hirnströme.

Soekadar bereits an Quantensensoren in Form optisch gepumpter Magnetometer (OPM) geforscht. Bei der OPM-Technik dienen gasförmige Atome als Magnetfeldsonden, Laserlicht regt sie zu einem kohärenten Spin an, was die Physiker „pumpen“ nennen. Probleme bereitet bei diesen Forschungen heute, dass die Gaszellen erst bei über 100 Grad Celsius ihre Betriebstemperatur erreichen. Vor allem aber muss man die Messungen aufwendig von äußeren Magnetfeldern abschirmen. Damit können sie derzeit nicht in der Alltagsumgebung stattfinden. Im Labor erreichten die Forscher aber bereits eine Signalqualität, die der von ins Gehirn eingepflanzten Elektroden vergleichbar ist.

Entsprechend blickt Soekadar mit großem Interesse auf die Ergebnisse der beiden jüngst veröffentlichten Studien und die Forschungserfolge mit RNN bei der Interpretation der Hirnaktivität. Er hofft, mit seinen Patienten und Magnetoenzephalografie (MEG) bereits in einem Jahr komplexe Finger- und Handbewegungen an Prothesen und Exoskeletten umsetzen zu können – mit nichtinvasiver Technik.

Quantensensoren für den Alltag

Parallel läuft die Entwicklung von Quantensensoren, die in nicht abgeschirmten Umgebungen die neuromagnetischen Felder erfassen können. Dafür haben sich neun Partner im Projekt NeuroQ zusammen geschlossen, gefördert vom Bundesforschungsministerium (BMBF). Die angestrebten sogenannten Quantenmagnetometer sollen auf Diamanten mit Stickstofffehlstellen in der Gitterstruktur beruhen. Damit wollen die Projektpartner bis 2027 erste BCI bestücken. Zusätzlich gibt es ein BMBF-Forschungscluster „QSens – Quantensensoren der Zukunft“, an dem auch Industriepartner beteiligt sind. Diese Konstellation soll bewirken, dass nicht nur deutsche Institute neue Patente auf dem Gebiet der Quantensorik sammeln, sondern auch Unternehmen schnell miniaturisierte, alltagstaugliche Quantenmagnetometer für die Praxis entwickeln.

Damit könnten Soekadar zufolge in wenigen Jahren handhabbare, nichtinvasive BCI entstehen, die die Hirnaktivität mit der gleichen Detailtreue abbilden wie heutige invasive Implantate.

Implantate auf Dauer?

Dann ließe sich auch ein großes Problem eliminieren, das heutige Testpersonen mit



Bild: Charité Berlin

Mittels einer Exoskeletthand versucht ein Patient, seine gelähmte Hand zu bewegen, links überwacht der Mediziner Surjo Soekadar den Versuch. Eine Elektrodenkappe nimmt das EEG des Patienten auf, aus dessen Daten ein Computerprogramm den Greifimpuls abliest.

implantierten BCI haben: Wenn es gesundheitliche Probleme verursacht oder der Technikanbieter sein Geschäft aufgibt, muss das Implantat wieder entfernt werden. Menschen, für die ihr BCI ein Teil ihres Körpers geworden ist, die gelernt haben, damit zu kommunizieren oder sich zu bewegen, leiden erheblich unter einer solchen Explantation.

Soekadar weist auf ein weiteres Problem leistungsfähiger Mensch-Maschine-Schnittstellen hin: Abgesehen von bewussten Gedankenbefehlen könnten sie zusätzlich zur Hirnaktivität auch Biosignale aufzeichnen, beispielsweise Augenbewegungen, Pupillenreaktionen, Herzschlag oder verschiedene Stresssymptome. Daraus könnte ein Computermodell in Form eines digitalen Zwillings entstehen, das über die Denkvorgänge auch Einblick in den Zustand einer Person gibt. Aus diesen Daten könnte eine künstliche Intelligenz ablesen, in welcher Verfassung sich der Mensch befindet, was ihm gefällt und was nicht. Mit der Zeit könnte sie so ermitteln, wo seine Präferenzen liegen. „Die KI weiß dann möglicherweise mehr über Sie als Sie selbst“, meint Soekadar. Mit dieser Sorge ist der Experte nicht allein. Im Auftrag der Bundesregierung vergibt die Hallenser Agentur für Innovation in der Cybersicherheit Forschungsaufträge zu den Gefahren, die ein BCI für die Privatsphäre ihres Trägers darstellt (siehe ct.de/y2tb).

Damit ist es umso fraglicher, ob gesunde Menschen durch den Einsatz einer

möglicherweise invasiven BCI eine Art Neuro-Enhancement anstreben sollten. Die Forschungsergebnisse an gelähmten und verstummbten Patienten lassen aufhorchen, kommen aber noch längst nicht an die Leistungsfähigkeit eines gesunden Menschen heran. In dem Moment aber, in dem ein Privatunternehmen seinen Kunden BCI in die Köpfe pflanzt, erfährt es mehr über sie, als sie wissentlich verraten wollen. Das öffnet der Manipulation die Pforten.

Spannend ist die Entwicklung der Quantenmagnetometer. Schon heute erweist sich die MEG im gut abgeschirmten Labor ähnlich leistungsfähig wie eingepflanzte Elektroden. Mit zukünftigen Quantenmagnetometern, die unter Alltagsbedingungen nichtinvasive, datenreiche Messungen der Hirnaktivität erlauben, könnten Gehirn-Computer-Schnittstellen kurzfristig angelegt und für vielfältige Anwendungen interessant werden.

(agr@ct.de) ct

Literatur

- [1] Edward Chang et al., A high-performance neuroprosthesis for speech decoding and avatar control, *Nature*, August 2023, <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06443-4>
- [2] Francis Willett et al., A high-performance speech neuroprosthesis, *Nature*, August 2023, <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06377-x>

Videos und Paper zu den BCI-Studien:
ct.de/y2tb

Freuen Sie sich auf hochkarätige Speaker



Joerg Heidrich

Justiziar und Datenschutzbeauftragter
bei Heise Medien, Anwalt Datenschutz,
KI-Recht und Compliance



Daniel Domscheit-Berg

Informatiker, ehemaliger Sprecher der
Enthüllungsplattform WikiLeaks,
Gründer von OpenLeaks, Autor



Prof. Dr. Isabell Welpe

Professorin für Strategie an der
Technischen Universität München



Markus Bentele

CIO bei Mahle
International GmbH



Und viele mehr!

Mehr Informationen unter: www.mitexx.de

09. + 10. November 2023 HALLE 45, Mainz

MiTEXX

DIE FACHKONFERENZ FÜR IT IM MITTELSTAND



Jetzt
Ticket sichern!

499 € statt 549 €
Gültig bis 06.10.2023

Aktionscode:
MTXX23ct2309

Rabatt nicht kombinierbar

Top-Themen 2023

- Automation
- New Work
- Multi/Hybrid Cloud
- Big Data
- IT-Security
- Sustainability

powered by  DILK

Ein Angebot von

FLEET Events
COMMERCE & BUSINESS

ct magazin für
computer
technik

MBmedien
Group GmbH



Anagrammisiert

Doppelwürfel-Verschlüsselung in Python

Vor dem Zeitalter von Computern schützten Spione ihre Geheimnisse mit Chiffren wie Doppelwürfel. Im Unterschied zu modernen rechenintensiven Verfahren benötigt Doppelwürfel nur ein Blatt Papier und einen Stift und kommt ganz ohne komplizierte Formeln oder Rechenschieber aus. Wir erklären, wie es funktioniert, und programmieren die Chiffre in Python nach.

Von Wilhelm Drehling

Zwei unscheinbare Menschen begegnen einander auf einer Brücke und tauschen mit einem Händedruck ein Schnipsel Papier aus. Darauf stehen Wörter, die allesamt fünf Buchstaben lang sind und bei näherer Betrachtung keiner bekannten Sprache ähneln. Sollte einer der beiden Spione später erwischt werden, so findet sich außer dem Zettel nichts am Leibe, das einen Rückschluss auf die Botschaft bieten könnte.

Im Kalten Krieg kodierten Agenten ihre Nachrichten nicht selten mit einer Chiffre namens Doppelwürfel, die man mit Stift und Papier ohne Zuhilfenahme spezieller Utensilien durchführte. Man benötigte lediglich zwei Schlüsselwörter, die man im Voraus festlegte. Diese Einfachheit war ein Vorteil gegenüber anderen Methoden, die eine Maschine wie die

Enigma oder eine Codetabelle erforderten. Fielen solche Mittel Dritten in die Hände, war die Sicherheit des Verfahrens oder – schlimmer noch – das Leben der Agenten gefährdet.

Doppelwürfel ist zudem ein leicht einprägsames Verfahren, ganz ohne Zahlen und Formeln, das nur wenige Minuten dauert. Klar, eine Aufgabe wie diese können Sie heute einem Computer überlassen, der Ihnen auf Knopfdruck sofort den

Frisch aus
c't Nerdistan

chiffrierten Geheimtext ausspuckt. Ein solches Python-Programm haben wir auch programmiert und stellen es Ihnen in der zweiten Hälfte des Artikels vor. Es ist aber trotzdem sinnvoll, zuerst eine Beispielchiffre mit Papier und Stift durchzuspielen, um das Programm später leichter nachvollziehen zu können.

Mühselige Handarbeit

Auch wenn der Name es vermuten lässt, hat das Verfahren nichts mit Würfeln zu tun. Es ist eher ein aufwendig erstelltes Anagramm des eigentlichen Textes, das am Ende wie durchgewürfelt aussieht. In der Kryptografie nennt man das Transposition: Buchstaben ändern ihren Platz im Text, werden aber nicht gegen neue oder andere ausgetauscht. Das Ganze passiert nicht zufällig, sondern nach einem bestimmten Schema. Welche Buchstaben wohin wandern, bestimmen die Schlüsselwörter.

Die Wahl der Schlüsselwörter ist essenziell für die Sicherheit des Verfahrens. Sind sie zu kurz, kann man sie leicht erraten. Im Interview mit dem Experten Klaus Schmeh am Ende des Artikels ordnet er die Länge der Schlüsselwörter ein. Die Agenten aus der Einleitung hätten sich bei Schlüsseln wie „HALLO“ und „WELT“ zwar die Hände über den Kopf zusammengeschlagen, aber um ein einfaches Beispiel durchzugehen, reichen diese aus. Mit den gerade genannten Schlüsselwörtern kodieren wir den Satz „Die ct ist vierzig Jahre alt“. Eine Visualisierung sehen Sie in den Bildern auf Seite 128.

Das Kodieren setzt sich aus zwei Teilen zusammen: Im ersten Part schreibt der Sende-Spion die Textnachricht ohne Leerzeichen oder Satzzeichen an einem Stück unter das Schlüsselwort (linke Tabelle im Bild). Hat der Agent die Länge des Schlüsselworts erreicht, schreibt er einfach in der nächsten Zeile weiter. Unter jedem Buchstaben des Schlüssels steht dann eine Spalte mit Buchstaben des Textes. Im zweiten Schritt will er nun diese Spalten und damit den Text gezielt durcheinanderbringen. Dafür sortiert er die Buchstaben des Schlüsselwortes alphabetisch und verschiebt die darunter stehenden Spalten entsprechend (rechte Tabelle im Bild). Das verändert manchmal nur geringfügig etwas, in unserem Beispiel tauscht beim Schlüsselwort HALLO nur der erste Buchstabe mit dem zweiten den Platz, bei WELT wandert W ans Ende des Wortes.

Das Ergebnis der vertauschten Spalten von links nach rechts gelesen erinnert noch vage an den ursprünglichen Text. Um einen Geheimtext zu bekommen, der ganz und gar nicht mehr dem Klartext ähnelt, liest man daher die Spalten von oben nach unten aus (Zwischenergebnis: ISRALDIEJAETZHTCVIRTIGE), schreibt das vorübergehende Ergebnis auf und wiederholt den Prozess mit dem

ct kompakt

- Doppelwürfel ist ein Spaltentranspositionsverfahren, an dem sich Computer heutzutage immer noch die Zähne ausbeißen.
- Wer ein wenig Python kann, muss sich nicht bemühen, alles auf Papier niederzuschreiben, sondern kann die Arbeit einem Programm überlassen. Die gesamte Logik von Doppelwürfel passt bequem in 100 Zeilen Code.
- Wir haben den Experten für historische Verschlüsselungen Klaus Schmeh gefragt, wie ein Doppelwürfel-Rätsel noch 2007 für sechs Jahre ungelöst bleiben konnte.

zweiten Schlüsselwort. Heraus kommt der fertige Geheimtext SDAHI GRIET REAET CTILJ ZVI. Es ist üblich, nach fünf Buchstaben ein Leerzeichen einzufügen, um die Lesbarkeit zu verbessern. Die Leerzeichen sind ein Überbleibsel aus der Zeit, als man Botschaften noch per Telegramm versendete.

Obacht: Bei Schlüsseln mit identischen Buchstaben müssen Sie bei der Sortierung des Schlüssels auf die Position Acht geben. Für ANNA lautet die alphabetische Reihenfolge AANN, wobei das erste A an der gleichen Stelle bleibt und das zweite dahinter gehängt wird, das Gleiche gilt für die beiden N. Ähnliches sehen Sie beim Beispiel HALLO: Die Spalten unter den beiden L verändern ihre Position nicht. Das ist wichtig, denn sonst müsste der andere Agent beim Dekodieren raten, welche Spalten zu welchen Buchstaben des Schlüsselwortes gehörten.

Die Dekodierung erfolgt rückwärts. Sie gestaltet sich ein wenig schwieriger als die Kodierung, da in der letzten Zeile der Text häufig nicht bis ans Ende der Zeile reicht und somit leere Felder erzeugt. Solche beeinflussen die Länge der einzelnen Spalten, weshalb man besonders beim Auffüllen der Tabelle aufpassen muss, keine Buchstaben falsch zuzuordnen. Um herauszufinden, wie viele Leerstellen der Text enthält und wie lang die Spalten ausfallen, schreibt der Empfangs-Spion den Geheimtext von links nach rechts unterhalb des zweiten Schlüsselwortes auf. Für WELT ergibt das eine

leere Stelle und eine maximale Länge von sechs Buchstaben (im Bild linke Tabelle bei Dekodierung).

Mit diesen Informationen im Gepäck kann der Spion die Spalten in der zweiten Tabelle unterhalb des Schlüsselwortes beruhigt ausfüllen. Es gibt aber noch eine Besonderheit: Das Schlüsselwort bleibt diesmal in seiner normalen Form und wird nicht umsortiert. Stattdessen notiert der Spion über dem Schlüssel die alphabetische Reihenfolge in Zahlen. Für das Beispiel WELT ergibt das 4123. W ist der letzte Buchstabe in der Reihenfolge, E, L und T stehen schon korrekt alphabetisch da.

Stellen Sie sich das als eine Art Warteschlange vor, die abgearbeitet wird: Als Erstes ist die Spalte unter der 1 an der Reihe, danach die unter der 2 und so weiter. Durch die erste Tabelle wissen Sie auch schon, wie viele Buchstaben in eine Spalte passen und wie viele Sie daher aus der linken Tabelle in normaler Leserichtung (links nach rechts mit Zeilenumbrüchen) herausnehmen müssen. Die ersten sechs Buchstaben landen somit unter dem E, die nächsten sechs unter dem L; T erhält fünf Buchstaben, weil es eine Leerstelle enthält, und W bekommt die letzten sechs verbleibenden (im Bild rechte Tabelle bei Dekodierung).

Danach liest man den Text von links nach rechts normal aus und wiederholt das Ganze mit dem zweiten Schlüsselwort. Nachdem der Empfänger die Leerzeichen sinnvoll ergänzt hat, kommt wieder „Die ct ist vierzig Jahre alt“ heraus.

Rechnen lassen

Weitaus angenehmer klappen Kodieren und Dekodieren mit unserem Python-Programm. Dieses finden Sie im GitHub-Repository unter ct.de/y4g4. Sollten Sie Python noch nicht auf Ihrem Rechner haben, dann hilft Ihnen unser frei verfügbarer Artikel [1], es auf Ihrem jeweiligen System zu installieren.

Die gesamte Logik des Programms umfasst gerade mal 100 Zeilen Code. Damit Sie nicht im Programm herumfummeln und händisch Variablen umschreiben müssen, können Sie es über die Kommandozeile bedienen und über Argumente steuern. Das sieht für das Beispiel „Die ct ist vierzig Jahre alt“ mit den Schlüsselwörtern HALLO und WELT so aus:

```
python3 doppelwuerfel.py e ↵
↳ "Die ct ist vierzig Jahre alt" ↵
CHALLO WELT
```

Das „e“ steht für kodieren (encode). Wenn Sie dagegen etwas dekodieren wollen, ersetzen Sie den Text durch den Geheimtext und benutzen den decode-Modus (d anstatt e). Die Groß-/Kleinschreibung des

Textes spielt keine Rolle. Das Programm wirft alle Leerzeichen aus dem Klartext und tauscht Großbuchstaben gegen kleine aus. Damit das Chiffraum nicht so leicht zu erraten ist, sollten Sie auf Satzzeichen ver-

zichten. Achten Sie darauf, dass Sie die umschließenden Gänsefüßchen nicht vergessen.

Kodierung

Der Code verdankt seine Kürze dem Umstand, dass Doppelwürfel zweimal das Gleiche macht: Unsere objektorientierte Implementierung steckt die Logik der Kodierung in die Methode `encode_step()`, die einen einzelnen Durchlauf rechnet. Eine zweite Methode (`encode()`) koordiniert die beiden Aufrufe, speichert das Zwischenergebnis und ruft die Methode mit den zwei unterschiedlichen Schlüsselwörtern auf:

```
def encode(self, text):
    helper = self.encode_step(
        text, self.key1)
    cipher = self.encode_step(
        helper, self.key2)
    return cipher
```

Dank dieser Aufteilung muss `encode_step()` nur einen Text aufnehmen, den es mit dem einen übergebenen Schlüsselwort kodieren soll. Dazu braucht die Methode zunächst eine Liste der Länge des Schlüsselwortes mit leeren Strings:

```
transposed = [''] * len(key)
```

Anschließend füllt es die Listen-Variable `transposed` mit dem übergebenen Text aus:

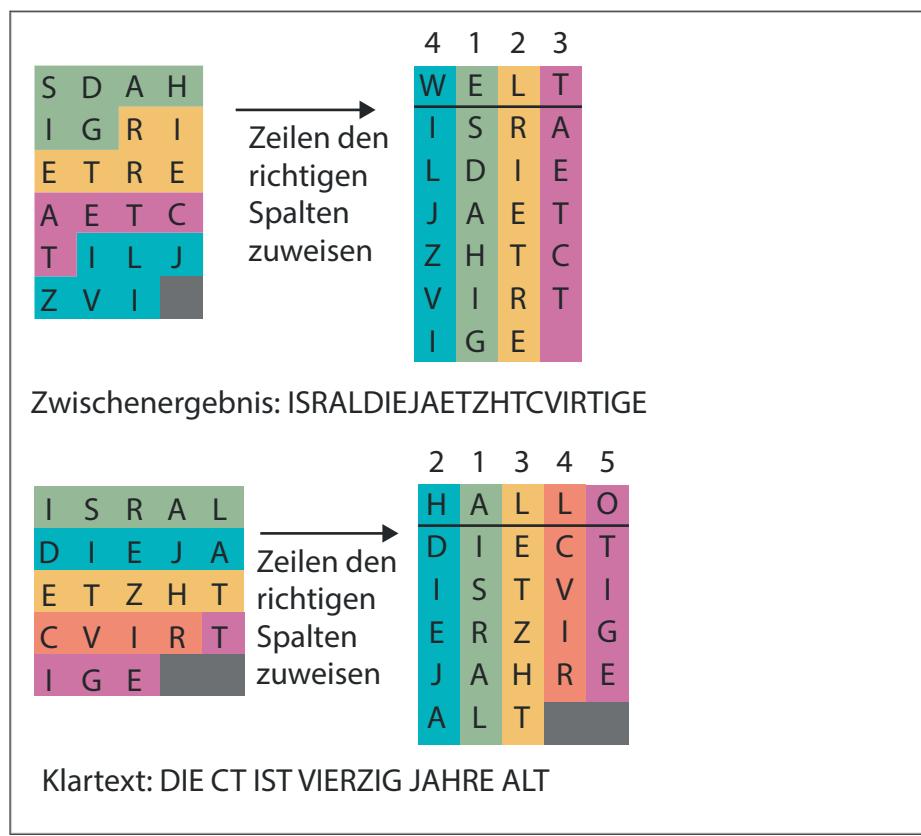
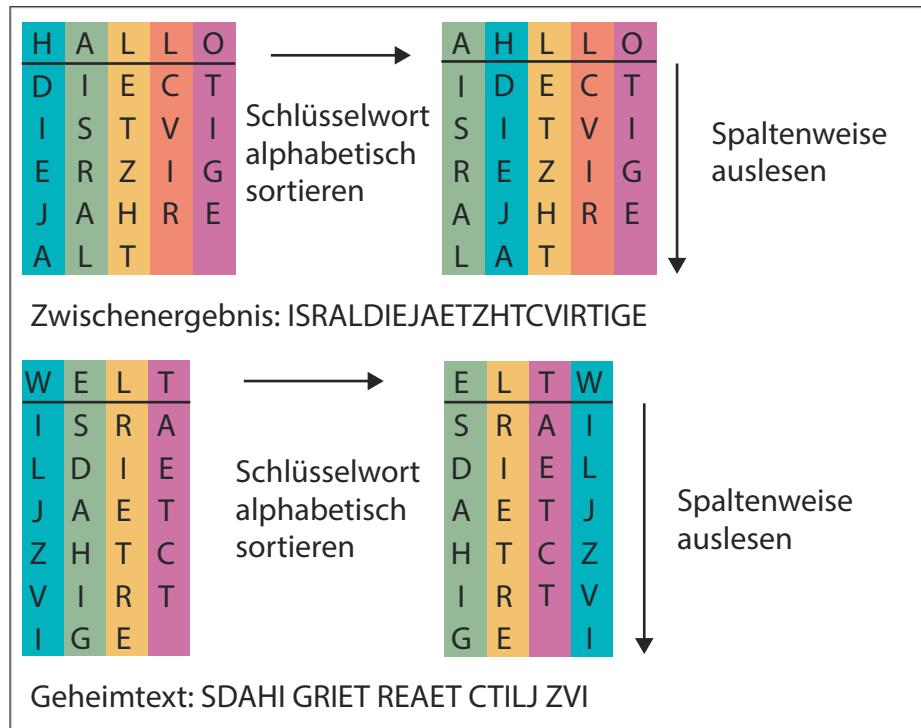
```
for i in range(len(text)):
    transposed[i % len(key)] += text[i]
```

Nun ist das Programm im Besitz einer Liste aus Zeichenketten, die den Spalten unterhalb des Schlüsselwortes aus den Bildern entspricht.

Als Nächstes muss es die Buchstaben im Schlüssel alphabetisch sortieren und den alten Index speichern. Diesen benötigt es, um die ursprüngliche Reihenfolge der Buchstaben zu kennzeichnen, damit es später die Zeichenketten (Spalten) korrekt zum Geheimtext zusammenbauen kann. Glücklicherweise erfordert das nicht viel Code, da Python solche Funktionen bereits im Repertoire hat:

```
sorted_col_data = sorted(
    enumerate(key),
    key=lambda x: x[1].lower())
```

`enumerate()` erzeugt aus dem Schlüsselwort eine Liste von Tupeln, bestehend aus



Beim Kodieren (oben) und Dekodieren (unten) von Nachrichten ist Sorgfalt das A und O. Ein vergessener Buchstabe oder eine verschobene Spalte resultiert in verworrenen Ergebnissen und man muss neu anfangen.

der Ordnungsnummer der einzelnen Buchstaben und den Zeichen selbst. `sorted()` sortiert diese Liste nach dem Alphabet (`key=lambda x: x[1].lower()`). Die lambda-Funktion konvertiert die Buchstaben kurzzeitig in Kleinbuchstaben, damit Groß-Kleinschreibung nicht die Reihenfolge verwirbelt. Bei `sorted()` handelt es sich um eine stabile Sortierung, die die Reihenfolge berücksichtigt, sobald ein Buchstabe mehrfach vorkommt. Für das Beispiel HALLO sieht `sorted_col_data` wie folgt aus:

```
[(1, 'A'), (0, 'H'), (2, 'L'),
 (3, 'L'), (4, 'O')]
```

Zu guter Letzt entsteht der Geheimtext `cipher`. Hier kommt der Index wieder ins Spiel: Eine `for`-Schleife pfriemt diesen aus `sorted_col_data` heraus, nimmt die entsprechende Zeichenkette aus dem Helfer-Array `transposed` und hängt diesen an `cipher`:

```
cipher = ''
for number, _ in sorted_col_data:
    cipher += transposed[number]
```

Der zweite Durchlauf mit dem zweiten Schlüsselwort und dem Zwischenergebnis läuft genauso ab.

Die Methode `printCipher()` fügt nach jeweils fünf Buchstaben ein Leerzeichen hinzu:

```
def printCipher(self, cipher):
    return ' '.join(
        cipher[i:i + 5] for i in range(0,
                                       len(cipher), 5))
```

Dekodierung

Das Programm verfolgt beim Dekodieren einen ähnlichen Ansatz wie beim Kodieren: Das Pendant zu `encode_step()` heißt `decode_step()`. Es gibt außerdem erneut eine Methode (`decode()`), die als Helfer fungiert und die Durchläufe steuert:

```
def decode(self, text):
    helper = self.decode_step(
        text, self.key2)
    plain_text = self.decode_step(
        helper, self.key1)
    return plain_text
```

`decode_step()` kümmert sich genauso wie `encode_step()` um einen Durchlauf. Hier hören aber die Gemeinsamkeiten schon

```
def decode_step(self, text, key):
    col_max_len = ceil(len(text) / len(key))
    num_long_cols = len(text) % len(key)

    # Schlüsselwort sortieren, Index aufschreiben
    # und Länge der Spalten hinzufügen
    col_data = [(char_no, key_char, col_max_len if char_no < num_long_cols
                 or num_long_cols == 0
                 else col_max_len - 1)
                for char_no, key_char in enumerate(key)]
    sorted_col_data = sorted(col_data, key=lambda x: x[1].lower())

    # Spalten erstellen und mit Buchstaben auffüllen
    permuted = [None] * len(key)
    src_idx = 0
    for idx, _, length in sorted_col_data:
        permuted[idx] = list(text[src_idx:src_idx+length]) + [None] * (col_max_len
                                                                       - length)
        src_idx += length

    # Klartext zusammenstellen
    result = []
    for col in zip(*permuted):
        result += list(filter(lambda x: x is not None, col))

    return ''.join(result)
```

Die Methode `decode_step()` berechnet aus dem Geheimtext wieder den Klartext. Das benötigt zwar den ein oder anderen Python-Trick wie `zip()`, fällt aber recht kurz aus.

wieder auf, denn aus dem Geheimtext wieder den Klartext zu bekommen, ist programmietechnisch aufwendiger als der Kodierprozess.

Das liegt daran, dass der Geheimtext aufgeschrieben unter dem Schlüsselwort nicht immer bis ans Ende der Zeile reicht, sondern auch mal früher aufhört und leere Stellen erzeugt. Beim händischen Dekodieren kann man diese leicht erkennen, wenn man den Text einmal unter das Schlüsselwort aufschreibt. Das wäre aber aufwendig zu programmieren.

Das Programm berechnet stattdessen zuerst aus der Länge des Textes und des Schlüsselwortes, wie viele Buchstaben maximal in eine Spalte passen (`col_max_len`) und wie viele dieser langen Spalten es braucht (`num_long_cols`, siehe Codekasten oben).

Diese Werte sind ausschlaggebend, um `sorted_col_data` ähnlich wie schon bei `encode_step()` zu erstellen. In diesen zwei Zeilen Code passiert sehr viel auf einmal. Im Grunde will man eine Struktur konstruieren, die alle Informationen enthält, um die Warteschlange an zu befüllenden

Spalten zu initialisieren: den Index, den Buchstaben aus dem Schlüsselwort und die Länge der Spalte. Wie lang eine Spalte ausfällt, klärt die `if`-Abfrage im Befehl (`col_max_len if char_no < num_long_cols or num_long_cols == 0 else col_max_len - 1`). Diese behandelt auch den Ausnahmefall, wenn der Schlüssel den Text ohne Rest teilt, es also gar keine leeren Stellen gibt (`num_long_cols == 0`).

`sorted_col_data` sortiert anschließend `col_data` nach dem Alphabet. Die lambda-Funktion kennen Sie schon aus `encode_step()`. Für das Schlüsselwort WELT sieht `sorted_col_data` wie folgt aus:

```
[(1, 'E', 6), (2, 'L', 6),
 (3, 'T', 5), (0, 'W', 6)]
```

`sorted_col_data` enthält nun alle Informationen, die das Programm benötigt, um die einzelnen Spalten mit der korrekten Anzahl an Buchstaben zu befüllen. Dazu legt es die Hilfsliste `permuted` an und füllt diese vorerst mit Listen mit nur einem Eintrag `None`. Danach geht eine `for`-Schleife `sorted_col_data` durch und setzt die Buch-

Interview: Klaus Schmeh über die Sicherheit von Doppelwürfel

c't: Sie haben 2007 mit dem Doppelwürfel ein sehr schwieriges Krypto-Rätsel erstellt. 2013 konnte der Kryptoanalytiker George Lasry dieses lösen. Wie genau ist ihm das gelungen?

Klaus Schmeh: Erstaunlicherweise hat George Lasry gleich zwei Lösungswege entdeckt, die beide funktionierten. Zum einen hat er Hill Climbing angewendet. Das ist eine Methode, bei der man mit einem zufälligen Schlüssel beginnt und diesen variiert, um immer bessere Entschlüsselungsergebnisse zu erhalten. Wenn sich irgendwann das Ergebnis nicht mehr verbessern lässt, hat man mit etwas Glück den richtigen Schlüssel gefunden. Hill Climbing funktioniert sehr gut gegen viele klassische Verschlüsselungsverfahren. Lasry und andere haben damit schon so manchen Erfolg erzielt. Die besondere Schwierigkeit lag in diesem Fall jedoch darin, dass es zwei Schlüssel gab, wobei man die Korrektheit des einen bewerten musste, ohne den anderen zu kennen. Seine zweite Methode nutzte aus, dass die beiden Schlüssel aus sinnvollen Wörtern zusammengesetzt waren. Lasry konnte diese ermitteln, indem er ein ganzes Wörterbuch auf geeignete Weise durchprobierte. Das war nicht einfach, da er ja mehrere Wörter auf einmal finden musste, aber er hat es geschafft.

c't: Welche Angriffe gibt es noch?

Schmeh: Der US-Amerikaner Jim Gillogly konnte die Challenge kurz nach Lasry ebenfalls lösen – mit einer ganz anderen Methode. Da ich vorgegeben hatte, dass der Klartext der Challenge über 100 Jahre

alt ist, hat er einfach systematisch alle im Internet verfügbaren Texte dieses Alters abgesucht und die enthaltenen Buchstaben verglichen. Tatsächlich hat er so die Stecknadel im Heuhaufen gefunden. Diese Technik hätte im Ernstfall natürlich nicht funktioniert, da man den Klartext üblicherweise nicht im Internet findet.

c't: Als wie sicher gilt Doppelwürfel derzeit?

Schmeh: Nach dem Erfolg von Lasry habe ich zusammen mit meinen Kollegen Bernhard Esslinger und Arno Wacker drei weitere Doppelwürfel-Challenges erstellt und auf der Kryptorätsel-Seite MysteryTwister (mysterytwister.org) veröffentlicht. Dieses Mal sind die Schlüssel noch länger und enthalten teilweise keine sinnvollen Wörter. Bisher konnte niemand diese Challenges lösen. Das spricht dafür, dass der Doppelwürfel in dieser Ausprägung ziemlich sicher ist. Ich wüsste nicht, wie man als Codeknacker vorgehen sollte, ohne dass man es mit astronomisch vielen Möglichkeiten zu tun bekommt, die selbst den stärksten Computer überfordern.

c't: Gibt es Einsatzzwecke, an dem eine Chiffre wie Doppelwürfel noch Sinn ergibt?

Schmeh: Kaum. Sobald ein Computer zur Verfügung steht, und das ist heutzutage ja fast überall gegeben, benötigt man den Doppelwürfel nicht mehr. Es gibt deutlich bessere computerbasierte Verfahren, wie den AES, Ascon oder Triple-DES. Trotzdem zählt der Doppelwürfel nach wie vor zu den besten Verfahren, die man von Hand ausführen kann. Leider wird es recht



Bild: Eviden

Klaus Schmeh ist Informatiker und Experte auf dem Gebiet historischer Verschlüsselungen.

umständlich, wenn die Verschlüsselung wirklich sicher sein soll.

c't: Was muss man tun, um es Angreifern besonders schwer zu machen?

Schmeh: Da muss man einiges beachten: Die verwendeten Schlüssel sollten jeweils um die 30 Buchstaben lang sein. Die Schlüssellängen müssen sich unterscheiden und dürfen keinen gemeinsamen Teiler haben. Zudem darf die Länge des zu verschlüsselnden Texts kein Vielfaches einer Schlüssellänge sein und sollte auch nicht nur knapp davon abweichen. Außerdem dürfen die Schlüssel selbst mit großem Aufwand nicht zu erraten sein – also beispielsweise nicht aus einem sinnvollen Satz bestehen oder gar als Ganzes in einem Wörterbuch stehen. Und natürlich sollte der Absender beim Verschlüsseln keinen Fehler machen, sonst kann der Empfänger die Nachricht nicht entschlüsseln.

stabent in die einzelnen Spalten ein. Sollte es ein leeres Feld geben, erhält es None, damit alle Spalten von außen betrachtet die gleiche Länge haben.

Auch wenn mit `permuted` jetzt der typische „würfelförmige“ Zustand von Doppelwürfel erreicht ist, muss man noch die korrekte Reihenfolge der Botschaft wiederherstellen. Dass erreicht man mit einer `for`-Schleife und der praktischen Funktion `zip()`. Diese kombiniert die Elemente in den Spalten und erstellt aus ihnen neue Listen. Sprich, sie transformiert die Spal-

ten zurück in die Zeilen. Die einzelnen Zeilen landen dann in dem String `result`. Die `lambda`-Funktion entfernt zusätzlich alle vorher gesetzten leeren Felder. Fertig ist das Grundgerüst des Doppelwürfel-Codes.

Letzte Worte

Der Code im GitHub-Repository enthält ein paar mehr Zeilen, unter anderem um Eingaben aus der Kommandozeile auszuwerten und den ein oder anderen Eingabefehler abzufangen. Fühlen Sie sich hiermit

ermutigt, selbst ein wenig am Code zu feilen und Ihre Freunde sowie Bekannte mit kodierten Texten zu ärgern. Klaus Schmeh nennt im Interview Tipps und Tricks, wie Sie es Ihren Opfern sehr schwer machen können. Viel Spaß! wid@ct.de

Literatur

- [1] Ronald Eikenberg, Jan Mahn, Draufgebeamt, So richten Sie Python schnell und einfach ein, c't 5/2022, S. 20

GitHub-Repository: ct.de/y4g4

Heise und if(is) präsentieren den

IT-Sicherheitstag

Die Konferenz für Sicherheitsverantwortliche, Security-Experten, Hacker und IT-Projektleiter

9. NOVEMBER 2023
GELSENKIRCHEN

DIE THEMEN

- Wie gegen DDoS-Angriffe schützen?
- Optimale Backup-Strategien bei Ransomware-Vorfällen
- Tipps für ein Schwachstellen-Management
- Risiken und Potenziale durch ChatGPT & Co.
- Moderner Endgeräteschutz sowie Zero-Trust-Philosophie
- Neue Rahmenbedingungen durch NIS2



Der Weg zu einem guten Schutz:

Anmelden, professionelle Cyber-Sicherheitsstrategien und -mechanismen kennenlernen und mehr über die neuesten Trends und Entwicklungen in der Cyber-Sicherheit erfahren!
Wir freuen uns auf Sie!



Jetzt Frühbucherrabatt sichern:
konferenzen.heise.de/it-sicherheitstag



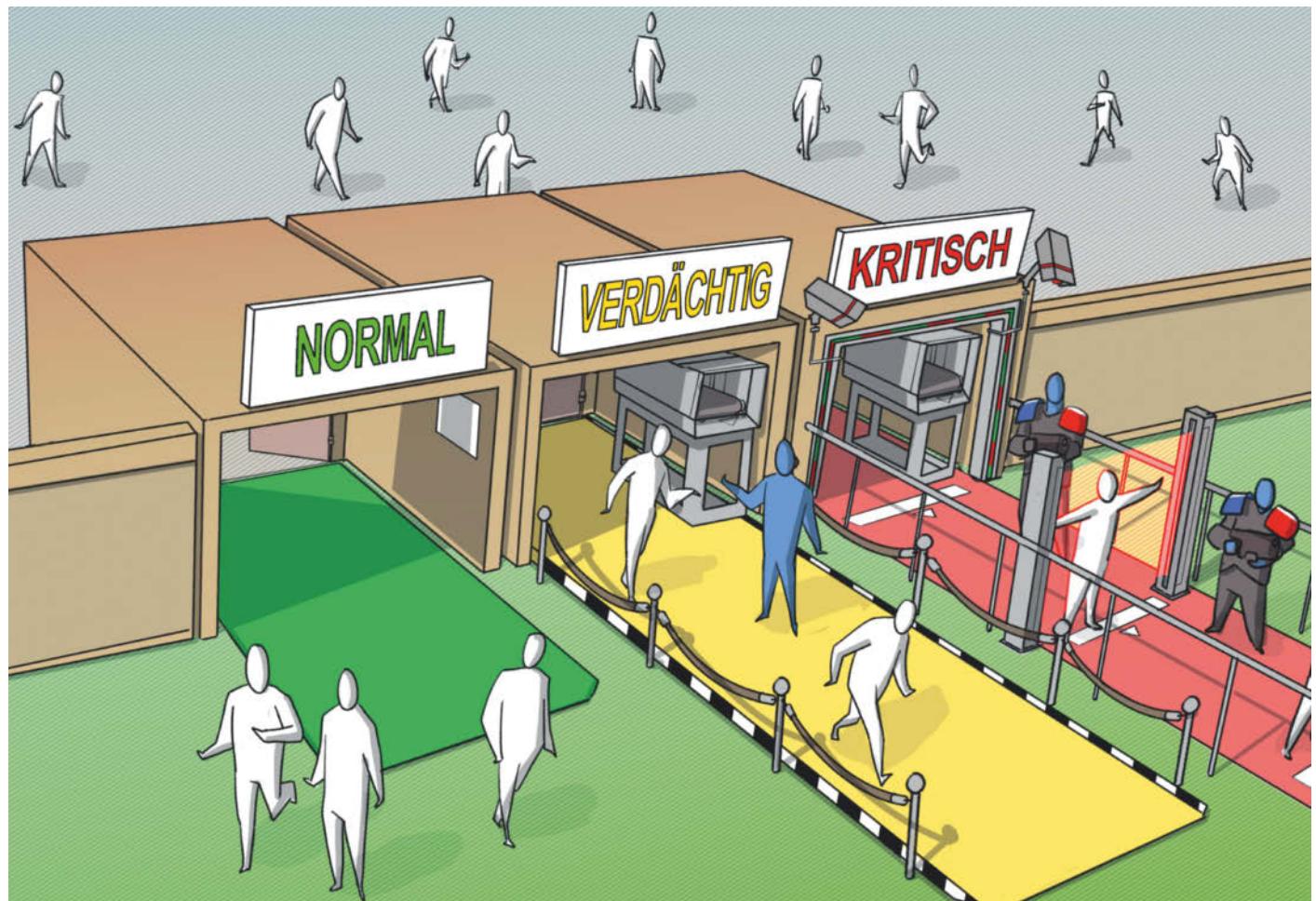


Bild: Thorsten Hübler

Abfertigung nach Maß

Wie risikobasierte Authentifizierung funktioniert

Mit risikobasierter Authentifizierung (RBA) erhöhen Webdienste die Sicherheit von Benutzerkonten, ohne Besucher mit häufiger Re-Authentifizierung zu nerven. Wir zeigen, wie RBA funktioniert, wie effektiv sie Ihre Accounts in der Praxis schützt und was Betreiber dabei beachten müssen.

Von Stephan Wiefling, Florian Dehling und Luigi Lo Iacono

Wenn es um die Absicherung von Online-Accounts geht, bläuen Fachleute gebetsmühlenartig dieses Mantra ein: „Nutze sichere Passwörter.“ Dabei übersehen aber selbst Experten häufig, dass auch ein sicheres Passwort keinen absoluten Schutz vor Cyberkriminellen gewährleistet. Denn: Wird es einmal gestohlen, können auch die Diebe Zugang zum betroffenen Account erlangen – und alle anderen, denen der Zugang verkauft wird.

In solchen Szenarien schützt risikobasierte Authentifizierung (Risk-Based Authentication, RBA). Das Verfahren versucht festzustellen, ob ein Login-Versuch tatsächlich vom legitimen Nutzer des Accounts ausgeht – oder ob Angreifer sich

gerade mit erbeuteten Login-Daten anmelden wollen. Denn das ist eine sehr reale Gefahr: Täglich werden Webdienste im Internet gehackt und Login-Daten in großem Stil erbeutet. In der Praxis bekommen Nutzer davon oft nicht einmal etwas mit. Auch beim weit verbreiteten Phishing erlangen Kriminelle große Mengen Zugangsdaten, indem sie Personen durch Täuschung zur Preisgabe von Anmeldeinformationen bewegen.

Ergaunerte Logindaten können Kriminelle dann auch bei anderen Webdiensten eingeben, was man „Credential Stuffing“ oder „Password Spraying“ nennt. Die Erfolgsquote dabei ist hoch. Nutzer neigen dazu, Passwörter bei mehreren

Diensten wiederzuverwenden, wie auch Umfragen immer wieder zeigen (für alle erwähnten Studien und Reports siehe ct.de/yg87). Die Verwendung von Passwortmanagern würde helfen, ist jedoch nach wie vor nicht weit verbreitet. All das führt dazu, dass Passwortklaulukrativ bleibt. So registrierte der Internet-Infrastrukturbetreiber Akamai im Jahr 2021 mehr als eine Milliarde Credential-Stuffing-Angriffe pro Tag. Ebenso bleibt Phishing laut dem FBI-Cybercrime-Report 2022 die Nummer eins unter den Bedrohungen im Internet.

Geringe 2FA-Akzeptanz

Es scheint, als sollte man also besser auf Passwörter zur Authentifizierung verzichten. Das gestaltet sich jedoch alles andere als einfach: Auch der aktuell gehypte „Passwortkiller“ Passkeys [1] birgt neue Probleme. Beispielsweise sind die meisten verfügbaren Passkey-Lösungen Closed-Source-Apps von Unternehmen wie Microsoft, Google oder Apple und erlauben (noch) keine Migration der Passkeys auf andere Apps – man bindet sich an den Anbieter. Und grundsätzlich können Geheimnisse, die man nicht ausschließlich im Kopf speichert, im schlimmsten Fall für Unbefugte zugreifbar werden.

Ein effektiver Schutz vor geleakten Passwörtern ist die Verwendung von Zwei-Faktor-Authentifizierung (2FA), idealerweise mit Hardwareschlüsseln wie Nitrokeys oder YubiKeys. In vielen Unternehmen kommen diese Technologien bereits zum Einsatz, um die Firmen-IT zu schützen. Anders sieht es bei konventionellen Webdiensten für den privaten Gebrauch aus. So hatten Ende 2021 weniger als 5 Prozent der Accounts bei großen Diensten wie Facebook und Twitter die 2FA-Funktion aktiviert. Mit Hardwareschlüssel waren es sogar nur 0,01 Prozent der Twitter-Accounts. Google hat seit 2018 keine Zahlen zur 2FA-Nutzung mehr veröffentlicht, damals war von weniger als 10 Prozent 2FA-Nutzung die Rede. Die Akzeptanz der Nutzer, einen zweiten Authentifizierungsfaktor für die alltäglichen Onlinedienste einzusetzen, scheint also – vermutlich aufgrund des erhöhten Aufwandes – eher gering.

Es ist ein etabliertes Prinzip für sichere Softwaresysteme mit gleichzeitig hoher Gebrauchstauglichkeit, gute Sicherheitsmechanismen sofort einzusetzen und nicht auf zukünftige, noch bessere Mechanismen zu warten („Good Security Now“, nach Simson Garfinkel). Risikobasierte Authentifizierung hilft, Online-Accounts

mit einfacher passwortbasierter Sicherheit sofort gegen die genannten Angriffe zu schützen und nicht darauf zu warten, dass Nutzer und Betreiber überall auf passwortlose Authentifizierungssysteme umstellen.

Wie RBA funktioniert

Im Kern soll RBA sicherstellen, dass sich bei einem Login-Versuch die richtige, legitime Person anmeldet und es sich nicht um einen versuchten Angriff handelt. Das Verfahren erlaubt somit vor ziemlich starken Angriffen zu schützen, die entweder die korrekten Login-Daten nutzen oder diese mit wenigen Versuchen erraten. Dafür überwacht RBA während des Logins zusätzliche Merkmale, die im Moment des Anmeldeversuchs zur Verfügung stehen. Diese Merkmale sind vielfältig und reichen von Netzwerkinformationen (etwa IP-Adresse, Latenzen oder IP-basierte Standortermittlung) über Geräteinformationen (wie Webbrowser oder Betriebssystem) bis hin zu verhaltensbiometrischen Informationen (beispielsweise der Anmeldezeitpunkt).

Ein Algorithmus vergleicht die aktuell beobachteten Merkmalswerte mit denen aus früheren, erfolgreichen Anmeldungen und berechnet daraus eine Risikobewertung für den gegenwärtigen Login-Versuch (siehe Infografik S. 136). Mithilfe der Bewertung – in der Regel „niedriges“, „mittleres“ und „hohes“ Risiko – schätzt er ab, wie wahrscheinlich es sich beim aktuellen Login-Versuch um einen Angriff

ct kompakt

- Risikobasierte Authentifizierung verbessert die Sicherheit von passwortgeschützten Online-Accounts.
- Im Unterschied zu Passkeys oder 2FA funktioniert die Verbesserung ohne Mithilfe der Nutzer.
- Richtig konfiguriert, wehrt RBA sehr viele Angriffe ab, ohne Nutzer übermäßig zu belästigen.

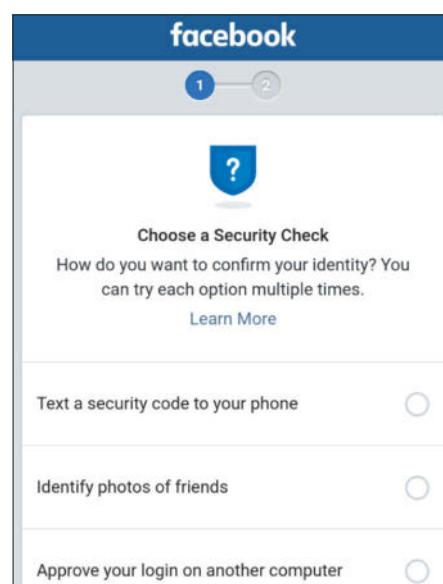
handelt. Dabei können auch weitere Informationen einfließen, etwa ob der Account einer prominenten Person gehört oder ob die IP-Adresse für Spam bekannt ist. Auf Grundlage der Bewertung führt der Webdienst dann unterschiedliche Aktionen durch.

Bei einem niedrigen Risiko, beispielsweise wenn der Dienst ein für den Account typisches Gerät an einem üblichen Ort erkennt, lässt er den Login ohne weitere Unterbrechungen oder Interaktionen zu. Bei einem mittleren Risiko, etwa ein unbekanntes Gerät an einem untypischen Ort, fordert der Webdienst meist eine zusätzliche Verifikation von der Person an (zum Beispiel per E-Mail). Damit bestätigt diese, dass sie wirklich der legitime Nutzer ist. Bei einem hohen Risiko, etwa ein prominenter Account mit unbekanntem Gerät von einer für Spam bekannten IP-Adresse, kann der Webdienst den Zugang sogar sperren. Dieser Fall ist in der Praxis allerdings sehr selten, um nicht versehentlich legitime Personen auszusperren.

Konfiguration macht den Unterschied

Die Eigenschaften von RBA hängen stark von der Konfiguration des eingesetzten Systems ab. Auch verbessern manche Merkmale die Sicherheit stärker als andere. Beispielsweise könnte man die IP-Adresse höher gewichten als die Informationen zum verwendeten Webbrowser und Betriebssystem, da Angreifer erstere in der Regel schwieriger manipulieren können.

Neben der Wahl der auszuwertenden Merkmale spielt auch der Schwellenwert, ab dem der RBA-Algorithmus Login-Versuche als verdächtig einstuft, eine wichtige Rolle. Mit einer zu laschen Risikobewertung gehen dem System bösartige Versuche durch die Lappen und Angriffe gelingen trotz RBA.



Dieser Login erschien Facebook verdächtig. Weiter kommt man unter anderem, indem man die eigenen Freunde auf Fotos identifiziert.

Eine sehr strenge Risikoabschätzung führt andererseits dazu, dass RBA viele Anmeldeversuche fälschlicherweise als Angriff einstuft. Der Webdienst verlangt dann sehr häufig nach einer zusätzlichen Verifikation. Das hat enormen Einfluss auf die Nutzererfahrung, die dann eher an ein klassisches 2FA-Verfahren erinnert und von Anwendern einen erheblichen Mehraufwand verlangt. Sinnvolle RBA-Konfigurationen liegen zwischen diesen beiden Extremfällen, stoppen also eine hohe Anzahl an Angriffsversuchen, behindern jedoch nur selten legitime Login-Versuche.

Einsatz in der Praxis

In deutschen Behörden scheint RBA noch kein Thema zu sein, zumindest findet sich im aktuellen IT-Grundschatz-Kompendium des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) kein Wort dazu. Auf Nachfrage erklärt das BSI: „Dynamische Sicherheitsanforderungen können insbesondere dann sinnvoll angewendet werden, wenn die potenziellen Risiken und Schäden ebenfalls dynamisch und abschlie-

ßend monetär quantifizierbar sind.“ Bei nicht-monetären oder nicht unmittelbar quantifizierbaren Risiken sollte laut BSI dagegen „ein adäquates, fest definiertes Vertrauensniveau [...] stets gewährleistet werden“. Man sollte also beispielsweise 2FA erzwingen, ob Nutzer wollen oder nicht.

In den USA, Großbritannien oder Australien sieht man das anders: Dort empfehlen Cybersicherheitsbehörden schon seit 2017 und 2018 RBA als Maßnahme gegen Cyberangriffe mit gestohlenen Passwörtern. Ein Erlass von US-Präsident Biden schreibt die Etablierung von RBA in Behörden seit 2021 sogar vor.

Große Webdienste wie Amazon, Facebook, GitHub, Google oder LinkedIn setzen RBA bereits ein. Nach einer Stichprobe der Northeastern University und dem MIT unter den 5000 beliebtesten Webseiten findet man bei etwa 20 Prozent irgendeine Form von RBA (Links zu den erwähnten Quellen via ct.de/yg87). Die Umsetzungen sind dabei recht vielfältig. Beispielsweise müssen sich Nutzer im Falle eines erhöhten Risikos per E-Mail verifizieren oder

Fragen zu ihrem Account beantworten. Manche Lösungen verlangen auch, dass man auf einem anderen, bereits angemeldeten Gerät den Login bestätigt. Einen wirklichen Standard für RBA gibt es nicht.

Aus der Perspektive der Nutzer scheint RBA in vielen Anwendungsfällen akzeptierter als klassisches 2FA zu sein. Dazu gehören Webdienste, die persönliche Daten speichern, allerdings nicht so sensible Daten wie etwa beim Onlinebanking. Geht es um sensible Finanzdaten, bevorzugen Personen eher 2FA und nehmen bereitwillig eine häufige zusätzliche Verifikation in Kauf. Bei News-Websites, auf denen die gespeicherten Daten in der Regel wenig sensibel sind, lehnen die meisten Nutzer RBA hingegen ab.

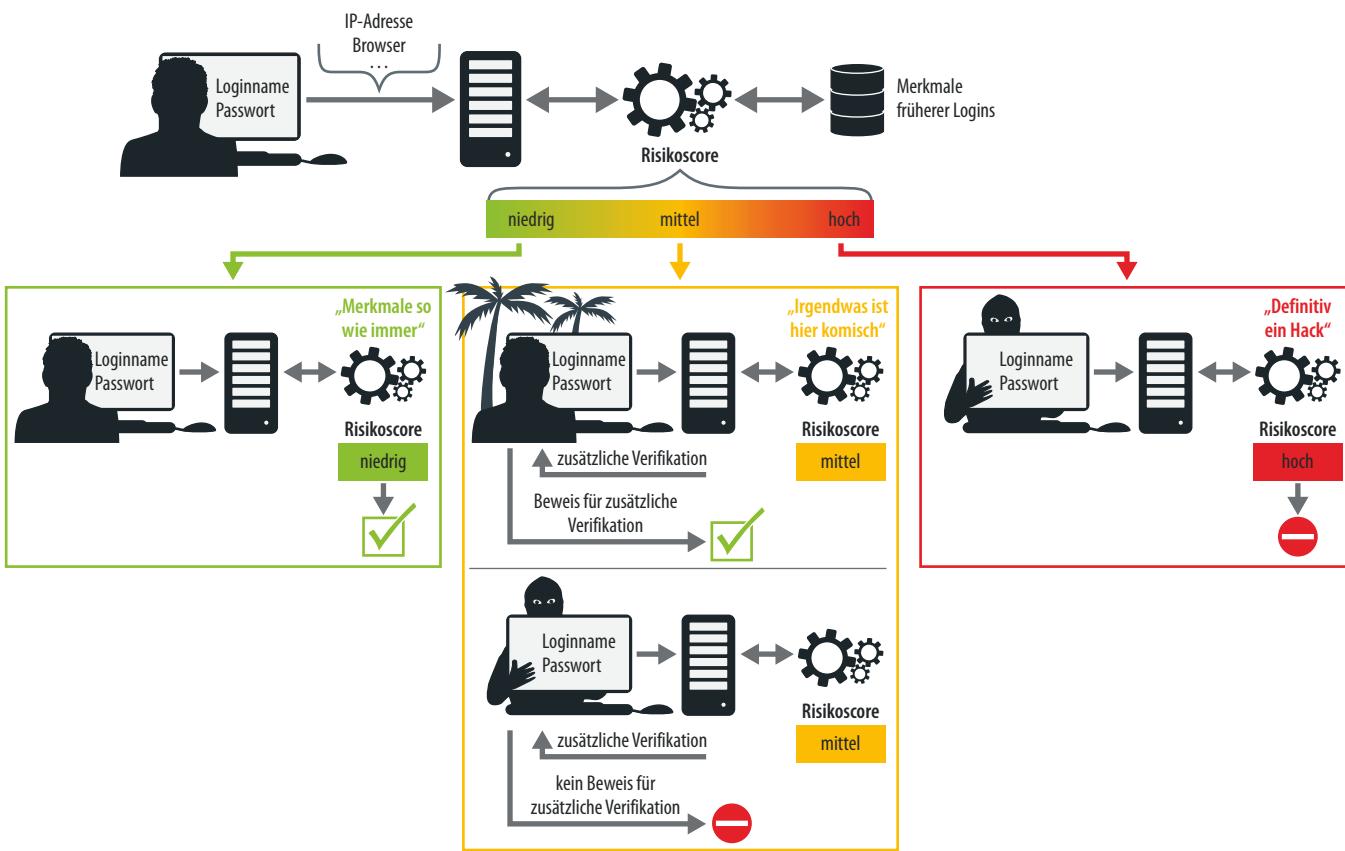
Sicherheit in der Praxis

Das Hauptziel von RBA ist es, die Kosten für Angriffe zu erhöhen und sie dadurch weniger skalierbar zu machen. Nach einer Analyse auf einem Webdienst der Telekommunikationsfirma Telenor über mehr als 30 Millionen Login-Versuche sind 97

Risikobasierte Authentifizierung

Ein Service, der risikobasierte Authentifizierung nutzt, berechnet bei jedem Log-in-Versuch einen Risikoscore anhand zusätzlicher Daten wie beispielsweise der

IP-Adresse des Nutzers. Je ungewöhnlicher und damit verdächtiger der Log-in-Vorgang abläuft, umso aufwendiger prüft das System die Legitimation des Nutzers.



Prozent der Angriffe sehr simpel und die Täter probieren lediglich gestohlene Login-Daten aus. Wenn RBA solche Angriffe unterbindet, schützt man damit bereits die große Masse.

Die verbleibenden 3 Prozent der Angriffe verlaufen gezielter und die Täter versuchen beispielsweise, die IP-Adresse auf das Zielland des Accounts anzupassen. RBA konnte bei dem untersuchten Webdienst 99 Prozent dieser Angriffe stoppen und gleichzeitig die Anzahl an zusätzlichen Verifikationen gering halten.

Neben den breit durchgeföhrten und meist simplen Angriffen wie Password Spraying gibt es gezieltere Angriffe, etwa durch staatliche Akteure oder besonders gewiefte Cyberkriminelle. Diese greifen Merkmalsdaten mithilfe von Schadsoftware ab und versuchen die Identität der legitimen Person so gut es geht nachzubilden. Solche Angriffe lassen sich schwer skalieren, sind vergleichsweise teuer in der Ausführung und kommen somit auch seltener vor. Aber auch sie können unter Umständen per RBA erkannt werden, je nachdem, welche Merkmale man zur Risikoabschätzung heranzieht.

Ein starkes solches Merkmal stellt die Round-Trip-Time dar, also die Latenz zwischen dem Webdienst und dem Endgerät. Damit lassen sich sogar Login-Versuche erkennen, die ansonsten realistische Merkmale mithilfe von Identitätsdiebstahl-Diensten vortäuschen und manipulierte IP-Adressen nutzen. Der Server misst über WebSockets die Latenz und erkennt daran, ob die Angreifer ein VPN nutzen, um die IP-Adressbereiche des Opfers nachzuahmen.

Datenschutzfragen

Durch den Einsatz von RBA muss ein Webdienst unter Umständen mehr Daten verarbeiten als bei der reinen Nutzung. Dies betrifft zum Teil auch Daten wie IP-Adressen, die sich Personen zuordnen lassen. Neben einer eventuellen Anpassung der Datenschutzerklärung muss der Betreiber die gesammelten Merkmalsdaten unbedingt vor Missbrauch schützen. Für RBA-Systeme gibt es dabei unterschiedliche Ansätze.

So ist es möglich, die Daten zusammenzufassen und so ihre Menge zu verringern. Ähnlich wie Passwörter lassen sich auch gespeicherte RBA-Merkmalsdaten mit einem Salt versehen und hashen [2] und so für Datendiebe unbrauchbar machen. Darüber hinaus bietet sich an,

Merkmale weniger detailliert zu speichern, um den Personenbezug zu erschweren, oder ältere Merkmalsdaten nach einiger Zeit zu löschen.

Die Wahl der Mittel hängt von der Zielgruppe des Webdienstes ab. Bei Accounts, mit denen sich Nutzer täglich einloggen, kann der Dienst laut der Analyse bei Telenor Einträge nach einem halben Jahr löschen. Erfolgen Logins seltener, sollte ein Dienst die Einträge länger speichern, damit er nicht übermäßig oft zusätzliche Verifikationen von legitimen Nutzern anfordern muss.

Auch die Auswahl der Merkmale hat einen direkten Einfluss auf den Datenschutz. So kann man anstelle der IP-Adresse auch mithilfe der erwähnten Round-Trip-Time Rückschlüsse auf den Ort ziehen, von dem aus ein Loginversuch stattfindet.

Verfügbare Lösungen

Um RBA beim Betrieb eines Webdienstes zu nutzen, gibt es mehrere Möglichkeiten. Zahlreiche kommerzielle Anbieter preisen bereits gebrauchsfertige RBA-Lösungen an. Bei einigen davon handelt es sich jedoch um externe Cloud-basierte Dienste, denen der eigene Webdienst die Merkmalsdaten weiterleiten muss. Folglich stellt sich für Admins die Frage, ob sie die Daten der Nutzer einem kommerziellen Anbieter anvertrauen dürfen und möchten. Darüber hinaus kommunizieren die Anbieter oft nicht klar, wie sich die unterschiedlichen Risikokategorien zusammensetzen.

Eine Alternative stellen öffentlich dokumentierte RBA-Algorithmen und zuge-

hörige Implementierungen dar. Mit ihnen können Entwickler RBA in eigene Webanwendungen integrieren. Diese erfordern allerdings tieferes Wissen um RBA, insbesondere für die richtige Konfiguration. Unter riskbasedauthentication.org finden Admins und Entwicklungsteams weiterführende Informationen, Implementierungen und einen Testdatensatz, mit denen sie sich den Einstieg erleichtern können.

Fazit

RBA kann einfache passwortgesicherte Accounts vor großangelegten Angriffen mit gestohlenen Zugangsdaten schützen. Sie stellt einen wichtigen Baustein zum Schutz vor Cyberattacken dar, zumindest solange das Passwort noch nicht von sichereren Alternativen abgelöst wurde.

Vor besonders gezielten Angriffen schützt jedoch weiterhin nur der Goldstandard 2FA mittels Hardwareschlüssel. Manche großen Onlinedienste bieten für besonders gefährdete Personen wie Medienschaffende oder politisch Verfolgte auch erweiterte Schutzprogramme an, die sogar vor staatlichen Akteuren schützen sollen.

(syt@ct.de) ct

Literatur

- [1] Ronald Eikenberg, Passkeys im Einsatz, Passkeys: So schützen Sie Ihre Accounts mit dem Passwort-Nachfolger, c't 18/2023, S. 14
- [2] Sylvester Tremmel, Schlüsselmacher, Wie Schlüsselableitungsfunktionen funktionieren und was sie mit Passwort-Hashes zu tun haben, c't 20/2023, S. 130

Studien und Reports: ct.de/yg87

Kontinuierliche Authentifizierung

Risikobasierte Authentifizierung kann die große Mehrzahl alltäglich stattfindender Angriffe auf Onlineaccounts abwehren. Sehr gezielte Angriffe, bei denen Kriminelle zuvor ausspionierte Merkmalsdaten vortäuschen, kann RBA in vielen Fällen jedoch nicht verhindern. Um dem zu begegnen, arbeiten Forschungsteams bereits an einer weiteren, neuartigen Form der Nutzerauthentifizierung. Die sogenannte „kontinuierliche Authentifizierung“ prüft nicht nur zum Zeitpunkt des Logins, sondern durchgängig während der gesamten Nutzungszeit eines Dienstes, ob es sich um die legitime Person handelt.

Bei der kontinuierlichen Authentifizierung wertet ein Algorithmus insbesondere verhaltensbiometrische Merkmale aus, die bei der Interaktion zwischen Personen und dem Dienst entstehen. Dazu analysiert er beispielsweise das Tippverhalten auf der Tastatur, Mausbewegungen oder wie jemand einen Touchscreen nutzt. Über einen Abgleich mit einem zuvor erstellten Verhaltensprofil ermittelt das System, ähnlich wie bei RBA einen Risikoscore, der Rückschlüsse darauf zulässt, ob sich wirklich die legitime Person vor dem Computer oder Smartphone befindet.

Useless Serial Bus?

c't berichtete 1995 erstmals über USB



Der Universal Serial Bus sollte den bis dato herrschenden Steckerwirrwarr am PC beenden. Lange jedoch mangelte es an Chips, Treibern und Unterstützung der Betriebssysteme. Es brauchte über zwei Jahre und eine weitere Windows-Version, bis c't eine Auswahl von funktionierenden USB-Geräten präsentieren konnte.

Von Rudolf Opitz

Der heute allgegenwärtige Universal Serial Bus (USB) hatte eine schwierige Kindheit. Die Liste der Geburtshelfer bestand aus namhaften Unternehmen wie Intel, Microsoft, IBM, DEC und Compaq, die USB im Frühjahr 1995 vorstellten: Die Schnittstelle sollte die Vielzahl von Steckern und Buchsen für RS232- und Parallel-Ports ersetzen und das Gefrickel beim Konfigurieren von Interrupts und Ports beenden.

In der c't 11/1995 stellte Autor Hermann Strass Geschichte und Technik der neuen Schnittstelle erstmals vor und erwähnte auch konkurrierende Lösungen wie den Access-Bus, eine Variante des bis heute gängigen I2C-Bus.

„Der USB unterscheidet sich durch eine aufwendigere Kommunikation und zusätzliche Funktionalität von den anderen seriellen Bussen. Der USB soll Geräte mit niedriger bis mittlerer Datenrate (bis 12 Mbit/s) auf dem Schreibtisch verbinden.“

Abgesehen von der für damalige Verhältnisse hohen Datenrate – der Access-Bus sollte maximal 80 kbit/s übertragen – lockte USB mit Hot-Plugging und automatischer Konfiguration. Zudem sollten die nötigen Komponenten sehr preisgünstig sein. Der c't-Artikel beschreibt die komplexe USB-Technik und schließt mit

dem Ausblick auf erste PC-Systeme mit USB im ersten Quartal 1996.

Tatsächlich konnte Georg Schnurer in der c't 7/1996 bereits Pentium-Mainboards mit USB-Ports testen, doch fiel sein Urteil wegen mangelnder Funktion und fehlenden Peripheriegeräten harsch aus: Er übersetzte USB damals zu Recht mit „Useless Serial Bus“.

„In absehbarer Zeit wird USB also nur das Stecker-Chaos rund um den PC um eine Variante bereichern. Wenn Sie mich fragen: Eine USB-Buchse auf dem Motherboard ist derzeit so nützlich wie ein Kropf.“

Im Februar 1997 gab es immerhin erste USB-Tastaturen, doch waren die Tests ernüchternd: Viele PCs booteten nicht, da sie die USB-Tastaturen nicht erkannten. Selbst mit zusätzlich angeschlossener PC-Tastatur brauchte man Windows 95b mit Service Pack 3. Versprochene Funktionen wie das Abziehen und An-

stecken im Betrieb klappten aber auch damit nicht. Schnurer war nicht überzeugt: **„Eine USB-Tastatur allein ist meiner Ansicht nach kein Grund dafür, sich auf wackliges Neuland zu begeben. Und wacklig, das hat unser Test gezeigt, ist derzeit noch alles, was mit USB daherkommt. Heute trifft deshalb wohl noch unsere ketzerische Übersetzung von USB mit Useless Serial Bus zu.“**

Erst mit dem Erscheinen von Windows 98 besserte sich die Lage etwas. Anfang 1998 gab es immerhin einige wenige USB-Geräte, die Peter Siering in seinem Artikel „Schubladen-Ware“ in c't 1/1998 beschreibt. Unter den ersten USB-Peripheriegeräten waren nicht nur Tastaturen, sondern auch eine erste Maus von Logitech, das heute legendäre Sidewinder Gamepad von Microsoft, ein Scanner, ein ISDN-Adapter und sogar bereits eine USB-Webcam, die damals noch unter „Digital-Video-Kamera“ firmierte. Besonders beeindruckten USB-Lautsprecher von Philips:

„Für die größte Verblüffung sorgen die USB-Lautsprecher: Sie arbeiten nämlich ohne die Hilfe einer Soundkarte. Windows 98 schiebt die Sounddaten digital auf den USB; die Digital-/Analogwandlung passiert in den Boxen.“

Natürlich gab es weiterhin viele Treiber-Hakeleien und die USB-Unterstützung blieb fast drei Jahre nach Vorstellung der Schnittstelle auf die aktuellen Windows-Versionen beschränkt, daher kam auch Peter Siering zum Schluss:

„[...] ich kann vor dem Erscheinen von Windows 98 niemandem USB-Geräte guten Gewissens empfehlen.“

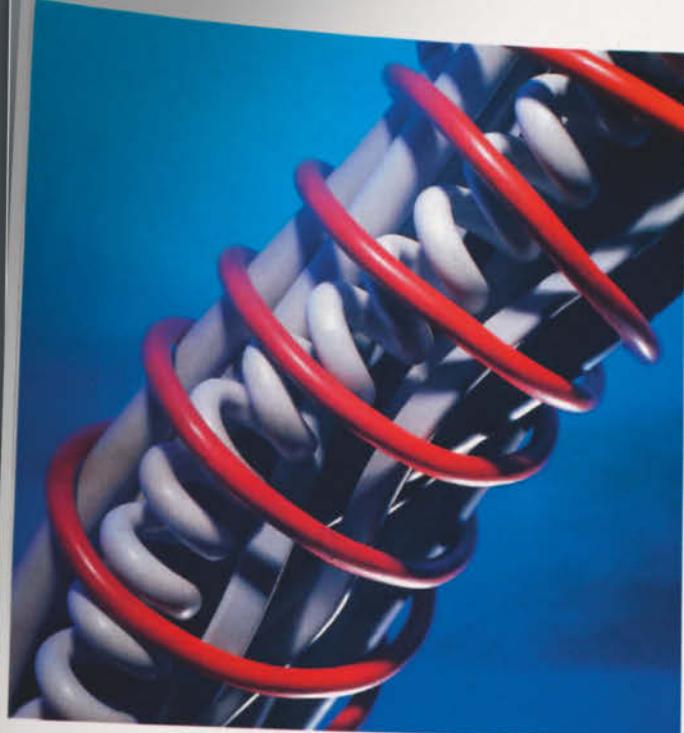
Die schwere Kindheit von USB hat lange gedauert, doch heute gibt es nur noch wenige elektronische Geräte ohne die praktische Schnittstelle. Die Artikel finden Sie wie üblich zum Nachlesen unter dem nachfolgenden Link.

(rop@ct.de) **ct**



Obwohl USB bereits im Frühjahr 1995 vorgestellt wurde, gab es erst 1998 einige USB-Geräte und mit Windows 98 ein Betriebssystem mit brauchbarer USB-Unterstützung.

USB-Artikel zum Nachlesen: ct.de/ybuf



Hermann Strass

Alles an einem Strang

USB: der universelle Bus für Peripherie-Geräte

Viele Wege führen zum PC, aber jedes Gerät erhebt Anspruch auf ein eigenes Kabel und den speziellen Stecker. Wie schön wäre es, nur eine Kabel- und Steckerart zu haben und nicht jedesmal beim Anschluß einer Maus eine Abhandlung über RS232, Interrupts und COM-Ports lesen zu müssen. Der Universal Serial Bus verspricht dies und viel mehr.

Heutzutage führen zu einem üblichen Computer fünf bis sieben Kabel. Alle verbinden ihn auf die unterschiedlichste Art und Weise mit der Peripherie, um Anweisungen vom Benutzer entgegenzunehmen oder diesem Informationen zu übermitteln. Bis auf wenige Geräte, die sich mit derselben Schnittstelle begnügen, beanspruchen Geräte wie Tastatur, Maus, Bildschirm und so weiter je-

weils einen eigenen Anschluß, ein extra Kabel und spezielle Software zur Aufnahme ihres Dienstes. Als sei dies nicht schon kompliziert genug, weicht man dann teilweise noch von der Praxis der unterschiedlichen und damit vertauschungssicheren Anschlüsse ab, um den Anwender auch noch der Gefahr der Zerstörung durch fehlerhaften Anschluß seiner Geräte auszusetzen.

Dieser Zustand ist unhaltbar, sagten sich zuletzt Firmen wie Intel, Microsoft, Compaq, DEC, IBM PC Company, NEC und Northern Telecom. Sie stellten im diesem Frühjahr auf der WinHEC 95 (Windows Hardware Engineering Conference) erstmals öffentlich den Universal Serial Bus vor. Mit der geballten Kraft dieser Vereinigung sollen bereits im Herbst zur Comdex die ersten Geräte vorgestellt werden können.

Die Marktmacht der beteiligten Firmen läßt Branchenkenner vermuten, daß es sich bei USB um den zukünftigen Standard für den Anschluß von Peripheriegeräten an den PC handelt. So glaubt Michael Slater vom amerikanischen Insider-Blatt *Microprocessor Report* an eine Lawine von USB-Geräten, die noch in diesem Winter die PC-Welt überschwemmen wird, sowie, daß ein konkurrierender Bus im unteren bis mittleren Leistungsbereich bis 12 MBit/s keine Chance mehr haben wird. Nicht zuletzt hat Intel mit dem PCI-Bus bewiesen, daß es durchaus möglich ist, neue Konzepte in den scheinbar kompatibilitätsabhängigen Markt einzuführen.

Einige Vertreter von USB haben die Situation bereits beim ersten Auftreten von USB ähnlich eingeschätzt und sich in die Entwicklung eingeklinkt, obwohl sie bereits an alternativen Systemen arbeiteten. So entwickelte NEC schon früher den ACCESS.bus. Auch wenn es inzwischen sogar Geräte dafür gibt, dürfte diesem Buskonzept keine goldene Zukunft bevorstehen.

Busgeschichte

Philips entwickelte den seriellen Bus I²C, der Chips auf einer Steckkarte oder einer Basissplatinne (Motherboard) verbindet. Für diesen in unterschiedlichsten Bereichen zum Einsatz kommenden Bus gibt es mehr als 100 verschiedene Chips von etlichen Herstellern. Der ACCESS.bus ist eine abgewandelte Variante zur Überwindung größerer Entfernung über ein Kabel. Von Intel und Duracell gibt es zur Überwachung von Batterien in tragbaren Rechnern und Telekommunikationsgeräten den 'Smart-Battery and System-Management Bus'. Dieser SMP-Bus, der ACCESS.bus

sowie der DDC (Data Display Channel) in vier Varianten basieren zu einem großen Teil auf dem I²C. Der USB unterscheidet sich durch eine aufwendigere Kommunikation und zusätzliche Funktionalität von den anderen seriellen Bussen.

Der USB soll Geräte mit niedrigen bis mittlerer Datenrate (bis 12 Mbit/s) auf dem Schreibtisch verbinden. Dazu gehören Bildschirmsteuerung, CD-ROM-Laufwerk, Maus, Scanner, Tastatur und Telefonleitung sowie Joystick und Datenhandschuh. Ein MPEG-2-Datenstrom kann ebenfalls übertragen werden. Die direkte Bildübertragung zwischen Grafikkarte und Bildschirm muß aber wegen der sehr hohen Transferraten weiterhin über einen Video- oder Grafik-Bus erfolgen.

Eine der wichtigsten Neuerungen gegenüber konkurrierenden Bussystemen ist die Integration des Telefons in das Buskonzept. Als Experten für den Telefonanschluß hat man Northern Telecom aus Kanada, einen der größten Hersteller für Telefone und Telefonsysteme, gewonnen. Das Protokoll für den Telefonanschluß *Telephony Application Programming Interface (TAPI)* wird schon seit längerer Zeit von Microsoft und Intel entwickelt. Bereits verfügbar ist der Telefonanschluß für den GeoPort, der von Apple, AT&T und Novell aus dem Apple Desktop Bus (ADB) weiterentwickelt wurde. Dafür wird das TSAPI-Protokoll von Novell eingesetzt.

Der GeoPort als IBM-Apple-Novell-Entwicklung ist bereits im Einsatz und damit ein potenter Mitbewerber. Er ist allerdings vorwiegend für den Telefonanschluß des Rechners vorgesehen. Für die andere Peripherie wird weiterhin der Apple-Desktop-Bus (ADB) benötigt. ADB und GeoPort sind Varianten der seriellen RS-422-Schnittstelle.

Die grundlegenden Merkmale des USB seien hier kurz zusammengefaßt:

- Bereits in der Grundausstattung wird 'Hot-Plugging' (Gerätewechsel im Betrieb und automatische Konfiguration) für alle Geräte am USB angewendet.
- Es gibt nur einen Steckverbinder am Rechner für alle Peripheriegeräte außerhalb des PC-Gehäuses.



Bild: KI Midjourney | Bearbeitung c't

Pause für die Maus

Microsoft Office unter Windows und macOS per Tastatur bedienen

Gut für den Arbeitsfluss: Statt mit dem Mauszeiger in den Office-Menüleisten herumzustochern, nutzen Sie Tastenkombinationen für die meistgenutzten Funktionen. Die können Sie unter Windows und noch flexibler unter macOS zum Teil auch selbst definieren.

Von Stefan Wischner

Software heute noch mit kryptischen Tastenkürzeln zu bedienen, 40 Jahre nachdem die Computermaus den Schreibtisch fand, mag manch einem anachronistisch vorkommen. Und doch steuern die meisten Nutzer die Windows-Zwischenablage ohne nachzudenken mit Strg+C, Strg+X und Strg+V und nehmen Befehle mit Strg+Z zurück.

Gerade bei häufig genutzten Funktionen hemmt der ständige Griff zur Maus den Arbeitsfluss. Ganz besonders, wenn der benötigte Befehl erst einmal tief in den Menüstrukturen aufgespürt werden will. Es geht gar nicht darum, alle Tastenkürzel einer Anwendung auswendig zu lernen – das dürfte zumindest bei so umfangreichen Programmen wie Word oder Excel

kaum möglich sein. Aber für die am häufigsten gebrauchten Aktionen ist vielleicht noch ein bisschen Platz im Muskelgedächtnis.

Microsoft Office bietet gleich mehrere Möglichkeiten der Tastatursteuerung. Zum einen in Word dürfen Sie zudem eigene Kürzel definieren oder vorhandene ändern. Auf dem Mac geht sogar noch ein bisschen mehr. Dieser Beitrag zeigt, was in dieser Hinsicht in den Office-Programmen für Windows und macOS möglich ist und welche Besonderheiten Sie zu beachten haben.

Tasten (um)belegen in Word

Viele Funktionen der Office-Programme können Sie über Hunderte vorbelegter Tas-

tenkürzel aufrufen. Die wenigsten davon dürften Sie auswendig kennen. Microsoft bietet zwar Übersichten unter ct.de/y4n2; die beziehen sich aber dummerweise auch auf den deutschen Supportseiten auf das US-Tastaturlayout und sind deshalb teilweise falsch. Immerhin werden die meisten korrekten Kürzel (leider jedoch nicht alle) in den jeweiligen Tooltips angezeigt, wenn Sie den Mauszeiger etwa eine Sekunde lang über einem Menüsymbol stehen lassen. Es gibt jedoch auch etliche Befehle, die sich nur mit der Maus in zuweilen tief verschachtelten Menüs erreichen lassen. Manche stecken nicht einmal in einer Symbolleiste, man müsste sie erst hinzufügen (mehr dazu in [1]).

In Word – und nur da, nicht aber in Excel, PowerPoint und Outlook – können Sie die vorgegebenen Tastenkürzel ändern oder Befehlen ohne Shortcut ein selbst gewähltes Kürzel zuordnen. Öffnen Sie dazu den Dialog für die Anpassung der Menüleisten über „Datei/Optionen/Menüband anpassen“. Unterhalb der Befehlsliste steht „Tastenkombinationen“. Klicken Sie auf die rechts davon stehende Schaltfläche „Anpassen“. Der folgende Dialog enthält unter anderem zwei Listen. Rechts wählen Sie einen Befehl aus, links filtern Sie die Auflistung, zum Beispiel nach Menübändern, oder wählen „Alle Befehle“. Am Ende der Liste finden sich noch gesonderte Filter für Makros, Formatvorlagen, Schriftarten und Symbole. Eine Suchfunktion fehlt leider, Sie müssen sich zur gewünschten Funktion durchhangeln.

Im Feld „Aktuelle Tasten“ sehen Sie, ob dem ausgewählten Befehl bereits ein Kürzel zugeordnet ist, im Feld „Neue Tastenkombination“ drücken Sie die Tasten, mit denen Sie das Kommando künftig aufrufen wollen. „Derzeit zugewiesen an:“ zeigt danach, ob die gewählte Tastenkombination schon vergeben ist und wofür. Steht dort nichts, ist das Kürzel noch frei. Ist das nicht der Fall, überschreiben Sie die vorherige Einstellung. Das passiert erst nach einem Klick auf „Zuordnen“, Sie können also Tastenkombinationen durchprobieren, bis Sie eine finden, die entweder noch frei ist oder zu einer für Sie unwichtigen Funktion gehört.

Wichtig ist das Ausklappfeld neben „Speichern in:“. Hier legen Sie fest, ob die definierten Tastenkürzel in einer Druckformatvorlage (standardmäßig Normal.dotm) oder dem aktuellen Textdokument gespeichert werden sollen. Anders als andere Einstellungen sichert Word die Tas-

taturanpassung nämlich nicht in einer eigenen Konfigurationsdatei oder der Registry. Die Formatvorlage ist zumeist die sinnvollere Wahl. Dadurch gelten die neuen Kürzel nicht nur in allen künftigen Dokumenten, sondern auch in vorhandenen, die Sie auf Basis dieser Vorlage angelegt haben. Die Tastenbelegung mit dem aktuellen Dokument zu verknüpfen, dürfte hingegen nur selten sinnvoll sein und kann sogar Verwirrung stiften. Geben Sie nämlich ein solches Dokument weiter, gelten Ihre geänderten Tastenbelegungen auch beim Empfänger, inklusive eventuell überschriebener Standardbelegungen – zumindest, solange er das betreffende Dokument geöffnet hat.

Tastatursteuerung per Alt-Kombinationen

Alle Office-Programme können Sie auch auf eine alternative Art per Tastatur bedienen und zumindest alle Befehle und Funktionen aus den Menüleisten starten. Dazu benutzen Sie keine Tastenkombinationen im klassischen Sinn, sondern zumeist längere Folgen nacheinander gedrückter Tasten. Da diese Folgen etwas kompliziert und schwerer zu merken sind, brauchen Sie entweder ein gutes Gedächtnis oder einige Spickzettel am Monitorrand.

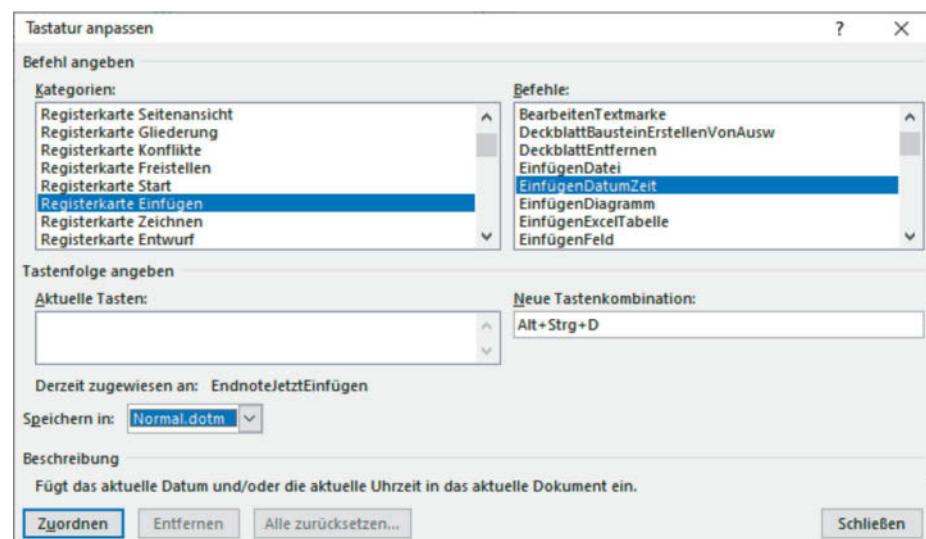
Angenommen, Sie möchten in Excel per Tastenbefehl die Spaltenbreite eines markierten Bereichs automatisch an die Inhalte anpassen. Der zugehörige Befehl findet sich im Menüband „Start/Format/Spaltenbreite automatisch anpassen“ und ist mit keinem eigenen Tastenkürzel be-

c't kompakt

- In Word for Windows können Sie Tastenkürzel um- oder neu belegen.
- Mehr geht mit Alt-Tastenfolgen, der Schnellstartleiste und einem externen Tool.
- Auf dem Mac geht noch mehr.

legt. So geht es dennoch ohne Maus: Tippen Sie kurz auf die Alt-Taste und lassen Sie sie gleich wieder los. Daraufhin erscheinen unter den Menübezeichnungen und in den Bereichen darüber schwarze Rechtecke, die weiße Buchstaben enthalten. Zum Beispiel ist das Menü „Daten“ in Excel mit einem „V“ beschriftet, in Outlook steht ein „O“ am Menü „Ordner“. Microsoft nennt diese Beschriftungen „KeyTips“.

Drücken Sie das Kürzel für das Menüband, das den gewünschten Befehl enthält. Für das genannte Excel-Beispiel ist das „R“ für „Start“. Das Menüband müssen Sie immer per Taste auswählen, auch wenn es zuvor schon aktiv war. Daraufhin erscheinen weitere KeyTips, diesmal an den einzelnen Menübefehlen und Symbolen. Einige davon zeigen nicht einen, sondern zwei Buchstaben oder Zahlen. Das für das Beispiel benötigte „Format“-Menü ist mit „FF“ beschriftet. Tippen Sie das Kürzel genauso ein, drücken Sie also zweimal die „F“-Taste. Daraufhin klappt unter dem Symbol „Format“ ein Menü auf, dessen Einträge wiederum mit KeyTips be-



In Word können Sie vorhandene Tastenkürzel ändern und neue definieren. Gespeichert werden sie in der Dokumentvorlage (hier: Normal.dotm) oder exklusiv nur für das aktuelle Dokument.

schriftet sind. Der für das Beispiel benötigte Befehl „Spaltenbreite automatisch anpassen“ trägt das Kürzel „I“.

Die komplette Tastenfolge lautet also Alt, R, F, F, I. Sie müssen nicht abwarten, bis die jeweiligen KeyTips angezeigt werden, sondern können die Tasten „blind“ und zügig hintereinander betätigen. Machen Sie es langsamer, helfen die Keytips, bis Sie die benötigte Sequenz auswendig können.

Wichtig: Solange KeyTips angezeigt werden, funktionieren normale Tastenkürzel nicht. Sie müssen zunächst so oft die Esc-Taste drücken, bis die KeyTips verschwunden sind. Haben Sie eine Alt-Sequenz hingegen abgeschlossen und damit eine Funktion ausgelöst, verschwinden die KeyTips automatisch wieder.

Shortcuts via Schnellstartleiste

Wenn Sie nur wenige Befehle mit leichter zu lernenden Tastenfolgen verwenden wollen, können Sie die eben gezeigte Alt-Methode in Verbindung mit der Schnellstartleiste nutzen, die es ebenfalls in jedem der vier Office-Programme gibt. Sie steht je nach Einstellung entweder am linken oberen Fensterrand oder unterhalb der Menübänder. Standardmäßig enthält sie nur wenige Befehle, lässt sich aber recht einfach um weitere Einträge ergänzen. Mehr dazu in [1].

Die Besonderheit ist, dass Sie auch alle Funktionen in der Schnellstartleiste mit einer Alt-Tastenkombination und angezeigten KeyTips aufrufen können, genau wie bei der zuvor erklärten Methode. Die ersten neun Einträge in der Menüleiste erreichen Sie mit der Tastenfolge Alt, 1 bis Alt, 9. Ab dem zehnten Befehl werden die Kürzel allerdings zweistellig und somit wieder komplizierter.

Externe Helfer

Die Alt-Tastenfolgen zu verinnerlichen ist nicht ganz einfach und dauert seine Zeit.

Eine Alternative wäre ein externer Helfer, der einfacher zu merkende Tastenkürzel in besagte Alt-Sequenzen übersetzt. Hardwareseitig ginge das mit einer programmierbaren, makrofähigen Tastatur. Die findet man jedoch vornehmlich im Gaming-Bereich. Sie sind zumeist teuer und wirken mit ihrem oft martialischen Erscheinungsbild und krachbunter Beleuchtung im Büro deplatziert.

Deutlich dezenter und vor allem günstiger ist eine Softwarelösung. Unter Windows empfiehlt sich dafür das kostenlose AutoHotkey (ct.de/y4n2). Dabei handelt es sich um einen leistungsfähigen Skript-Interpreter, mit dem Sie viele Aufgaben automatisieren und sogar komplexe Programme schreiben können. Die zugehörige Skriptsprache komplett zu lernen, erfordert eine gewisse Einarbeitungszeit. Ein paar Tastenfolgen über selbst definierte Tastenkürzel zu senden ist aber ziemlich einfach; die zugehörigen Skripte sind meist nur Einzeiler. Eine gute Einführung in AutoHotkey finden Sie in [2] und [3] und an vielen Stellen im Netz.

Der folgende AutoHotkey-Befehl sendet die Folge Alt, R, F, F, I aus dem Excel-Beispiel nach einem Druck auf Strg+Alt+Z:

```
^!z::Send !rffi
```

Das wirkt komplizierter, als es ist. Links von den beiden Doppelpunkten steht das selbst gewählte Tastenkürzel, wobei ^ die Strg-Taste symbolisiert und ! für Alt steht – hier also Strg+Alt+Z. Rechts folgen die Aktion (Send) und die zu sendenden Tasten. ! steht auch hier wieder für Alt. Auf diese Art können Sie beliebige Tastenkürzel und -folgen auf eine andere Tastenkombination umbiegen. Das funktioniert nicht nur für die Alt-Sequenzen der Office-Programme, sondern auch für alle anderen Tastenkürzel.

Wenn Sie sich ein wenig in AutoHotkey einarbeiten, können Sie das Skript

noch weiter verfeinern. So können Sie zum Beispiel mit #IfWinActive eine Prüfung auf das aktive Fenster einbauen, damit die Kürzel nur im gewünschten Office-Programm aktiv sind.

Vieles anders auf dem Mac

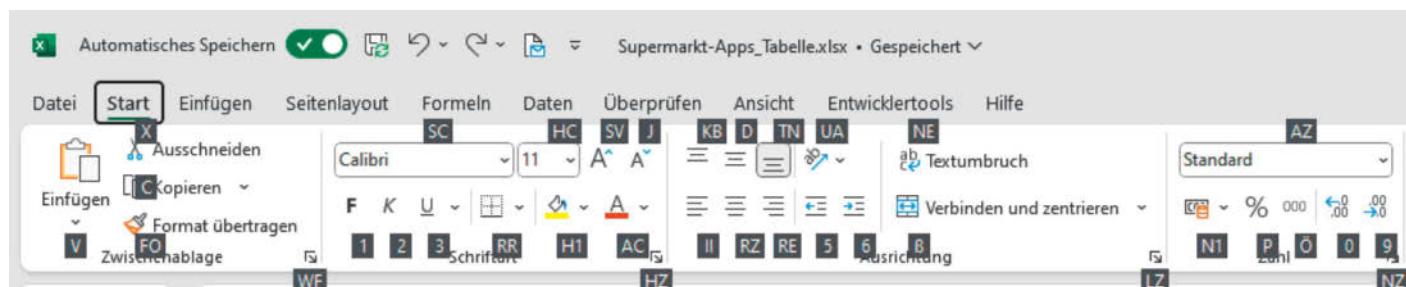
Alle bisher gezeigten Möglichkeiten gelten für Microsoft Office unter Windows. Auf dem Mac fehlen die Alt-Tastensequenzen und KeyTips. Die Schnellstartleiste lässt sich ebenfalls nicht per Tastatur steuern. Auch den Skriptinterpret AutoHotkey gibt es nicht für den Mac. Allerdings finden sich auch unter macOS Tools, mit denen man Hotkeys definieren kann, zum Beispiel das kostenpflichtige BetterTouch-Tool (ct.de/y4n2).

Die Möglichkeit, in Word einzelne Tastenkürzel zu definieren und vorhandene umzubelegen, entspricht hingegen weitgehend der unter Windows. Sie findet sich im Pull-down-Menü „Extras/Tastatur anpassen...“. Wie unter Windows werden alle hier getroffenen Einstellungen wahlweise im aktuellen Dokument oder einer Formatvorlage gespeichert.

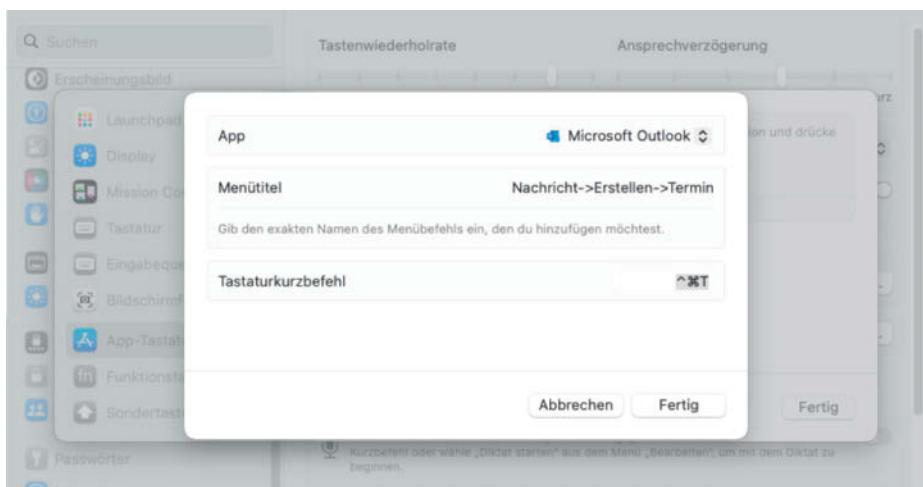
Anders als unter Windows dürfen Sie unter macOS auch für Excel eigene Tastenkürzel anlegen oder vorhandene umbelegen, ebenfalls unter „Extras/Tastatur anpassen...“. Im Unterschied zu Word hängen die Hotkey-Definitionen aber nicht an einer Datei, sondern werden lokal gespeichert. Outlook und PowerPoint hingegen erlauben auch auf dem Mac keine Tastaturanpassung, jedenfalls nicht von sich aus.

Tastenkürzel über die macOS-Systemeinstellungen

Dafür gibt es unter macOS eine zusätzliche Möglichkeit, Tastenkürzel zu definieren. Sie wird nicht von MS Office bereitgestellt, sondern vom System und lässt sich in nahezu allen Programmen nutzen. Gemäß einer Apple-Designrichtlinie bieten fast alle Mac-Programme zusätzlich zur eige-



Fast alle Befehle in den Menübändern der Office-Programme können Sie mit Tastensequenzen aufrufen. Die eingebblendeten inversen KeyTips helfen beim Finden und Lernen.



Unter macOS dürfen Sie Tastenkürzel für die in fast allen Mac-Programmen vorhandenen Pull-down-Menüs festlegen oder ändern. Hier bekommt Outlook ein Kürzel, um aus einer Nachricht einen Termin zu erzeugen.

nen Bedienoberfläche auch klassische Pull-down-Menüs. Darin stecken nicht zwingend alle Befehle und Funktionen der jeweiligen Software, oft aber schon eine ganze Menge. Das gilt auch für MS Office.

Viele Befehle in diesen Menüs verfügen bereits über Tastenkürzel, die jeweils neben der Bezeichnung des Menüpunkts angegeben sind. Befehlen ohne Kürzel können Sie eines zuweisen oder vorhandene ändern. Öffnen Sie dazu die Mac-Systemeinstellungen, wählen Sie „Tastatur“ und klicken dann im rechten Bereich auf „Tastaturkurzbefehle ...“. Im folgenden Fenster wählen Sie aus dem linken Menü den Eintrag „App-Tastaturkurzbefehle“, um die neu definierten Tastenkürzel einem bestimmten Programm zuzuordnen.

Es öffnet sich ein Fenster mit einer noch weitgehend leeren Liste. Klicken Sie auf das Pluszeichen, um einen neuen Eintrag anzulegen. Im nächsten Dialog ändern Sie rechts oben den Eintrag „Alle Programme“ in das Programm um, in dem das neue Kürzel gelten soll, indem Sie es aus der Aufklappliste wählen, zum Beispiel „Microsoft Outlook“. Im folgenden Fenster legen Sie einen Menübefehl und das zugehörige Tastaturkürzel fest. Dummerweise gibt es keine Liste der im ausgewählten Programm enthaltenen Menüpunkte; Sie müssen die jeweilige Bezeichnung per Hand eintippen. Wichtig ist dabei, dass Sie den Befehl exakt so schreiben, wie er im jeweiligen Menü steht, inklusive Groß-/ Kleinschreibung und eventuellen Leerzeichen.

Da Menübefehle in aller Regel in einem Programm nur einmal vorkommen, reicht es, deren Bezeichnung einzutippen.

Der komplette Befehlspfad inklusive Angabe des übergeordneten Menüs ist nur bei mehrstufigen Ausklappmenüs erforderlich. Es kann aber nicht schaden, das immer zu tun. Als Trennzeichen für komplett Menüpfade dient „->“. Korrekte Einträge sind also zum Beispiel „Nachricht->Erstellen->Termin“ in Outlook oder „Ansicht->Lineal“ in PowerPoint.

Drücken Sie dann die Tastenkombination, die Sie dem Menübefehl zuordnen wollen. Sie erscheint daraufhin neben „Tastaturkurzbefehl“ und, wenn alles geklappt hat, auch am betreffenden Eintrag des Pull-down-Menüs im jeweiligen Programm. Vorsicht: Es gibt keine Warnung, wenn die von Ihnen gewählte Tastenkombination schon belegt ist; die ursprünglich zugeordnete Funktion verliert einfach ihr Kürzel.

Fazit

Mit ein bisschen Umgewöhnungs- und Lernbereitschaft können Sie Ihren Arbeitsfluss in Microsoft Office deutlich verbessern, wenn Sie häufig genutzte Funktionen mit der Tastatur aufrufen. Vor allem selbst definierte Tastenkombinationen lassen sich gut merken. (swi@ct.de) **ct**

(swi@ct.de)

Literatur

- [1] Stefan Wischner, Menü à la carte, Menübänder in MS Office für Windows anpassen, c't 16/2023, S.132
 - [2] Hajo Schulz, Tipp-o-matik, Windows automatisieren mit AutoHotkey, c't 10/2019, S. 156
 - [3] Hajo Schulz, Tippen mit Stil, Die Tastatur anpassen unter Windows, c't 10/2020, S.146

Im Artikel erwähnte Links und Downloads: ct.de/y4n2

Container orchestrieren

in der Praxis

c't KUBERNETES

Container orchestrieren in der Praxis

ACTION

Container orchestrieren mit c't KUBERNETES

Podman

Eine praktische Einführung in Container

Wie Sie mit Podman ein modernes Container-Management einrichten

- ▶ Praktische Training mit einem Red Hat Ersteller
- ▶ POD Manager von Grund auf kennenzulernen
- ▶ Sichere Anmeldungen in allen Umgebungen

Docker und Podman im DevOps-Altag

Weg von Docker – hin zu Podman: Container-Images optimieren

Kubernetes-Praxis für Container Profis

Experten-Know-how und Anwendungshilfen

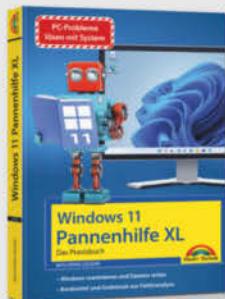
Schreibt die Geschichte

**Heft + PDF
mit 28 % Rabatt**

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

Für Wissenshungrige...

Ausgewählte Fachliteratur



Wolfram Gieseke

Windows 11 – Power-Tipps

Ob ein externes Gerät nicht erkannt wird, Programme nicht mehr wie gewohnt laufen oder ein Ihnen unbekannter Update-Fehler auftritt: Wenn Sie den unterschiedlichen Fehlermeldungen selbst auf den Grund gehen möchten, hilft Ihnen dieses Buch weiter.

19,95 €



Brian Svidergol, Bob Clements, Charles Pluta

Microsoft 365 Mobilität und Sicherheit

Bereiten Sie sich auf die Microsoft-Prüfung MS-101 vor und zeigen Sie, dass Sie die erforderlichen Fähigkeiten und Kenntnisse für die Verwaltung von Mobilität und Sicherheit in Microsoft 365 sowie die damit verbundenen Verwaltungsaufgaben in der Praxis beherrschen. Dieses Prüfungstraining wurde für erfahrene IT-Profis entwickelt.

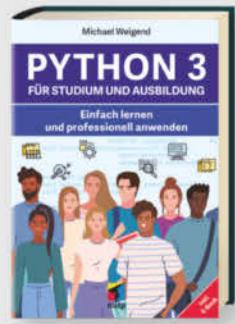
49,90 €



Eric Amberg, Daniel Schmid
Hacking – Der umfassende Praxis-Guide (2. Auflage)

Dies ist ein Leitfaden für angehende Hacker, Penetration Tester, IT-Systembeauftragte, Sicherheitsspezialisten und interessierte Poweruser. Mithilfe vieler Workshops sowie Tipps und Tricks lernen Sie die Vorgehensweise eines professionellen Hacking-Angriffs kennen.

49,99 €



Michael Weigend
Python 3 für Studium und Ausbildung

Alle wichtigen Grundlagen der Python-Programmierung werden erklärt. Es sind keine Vorkenntnisse notwendig und die Themen werden fachunabhängig erläutert.

19,99 €



Christian Immler
Haus und Wohnung smart vernetzt

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

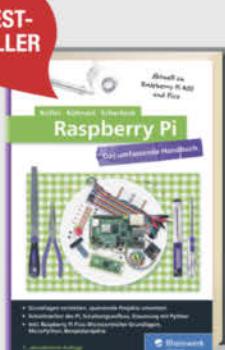
19,95 €



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

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

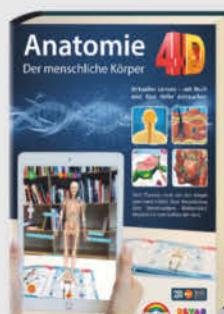
29,99 €



Michael Kofler, Charly Kühnast,
Christoph Scherbeck
Raspberry Pi (7. Auflage)

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

44,90 €



Anatomie 4D – Der menschliche Körper

Mithilfe einer kostenlosen App und bahnbrechender Augmented Reality kann der Aufbau der Knochen, die Muskeln in Aktion, das Nerven- und Kreislaufsystem sowie das größte menschliche Organ, die Haut, beobachtet werden.

14,95 €



shop.heise.de/highlights2023

PORTOFREI AB 20 € BESTELLWERT INNERHALB DEUTSCHLANDS

...und Nerds



shop.heise.de/highlights2023

Zubehör und Gadgets



Oxocard Artwork Creative Coding

Mit dem leistungsfähigen Dual-Core Chip ESP32 liefert die Oxocard genügend Power für Ihre Experimente. Lernen Sie in kurzer Zeit wie man beeindruckende visuelle Effekte erzeugt, wie wir sie aus Spielen und Filmen kennen.

69,90 €



musegear® finder Version 2

Finden Sie Schlüssel, Handtasche oder Geldbeutel bequem wieder statt ziellos zu suchen. Mit dem Finder können Sie z.B. das Smartphone klingeln lassen oder Wertgegenstände einfach tracken und noch mehr.

24,90 €



Joy-IT LCR-T7 Messgerät

Mit Hilfe des LCR Messgerätes können Sie die Induktivitäten (L) von Spulen, Kapazitäten (C) von Kondensatoren und deren Widerstände (R) als Verlust messen. Die automatische Bauteilerkennung von dem Messgerät kann elektronische Komponenten (Dioden, Z-Dioden, Doppeldioden, Widerstände, Kondensatoren, Induktoren, Thyristoren, Triacs, Feldeffekttransistoren, Bipolartransistoren und Batterien) erkennen.

29,90 €



Nitrokey 3A NFC

Der Nitrokey 3 vereint die Funktionen vorheriger Nitrokey Modelle: FIDO2, Einmalpasswörter, OpenPGP Chipkarte, Curve25519, Passwort-Manager, Common Criteria EAL 6+ zertifiziertes Secure Element, Firmware-Updates. Damit werden Ihre Accounts zuverlässig gegen Phishing und Passwort-Diebstahl geschützt.

59,90 €



Joy-IT OR750i: Freifunk- & OpenWrt-Dual-Band-Router

Der Einstieg in die Freifunk- und OpenWrt-Welt kann oft schwierig sein. Deshalb hat Joy-IT in Zusammenarbeit mit Freifunk Hannover und c't den OR750i entwickelt. Dank Webinterface kann man beliebige Firmwares einfach hochladen – ohne komplizierte Kommandos oder inkompatible Hardware-Revisionen; ideal für OpenWrt-Einsteiger und solche, die Freifunk einfach nur nutzen wollen.

39,90 €



JOY-IT DSO-138 M mini Oszilloskop

Das Mini- Oszilloskop mit einer Bildschirmgröße von 2,4“ kann per USB oder Akku betrieben werden. Eine Verbesserung ist der externe Triggereingang, welcher TTL- und LVTTL-Signale als Quelle akzeptiert und serielle Ausgabe von Wellenformdaten.

54,90 €



Die Reise mit dem micro:bit V2

Mit der Electronic Adventure Experimentier-Box ab 8 Jahren lernt man in aufeinander aufbauenden Lektionen wie sich auf Basis des BBC micro:bit spannende Experimente verwirklichen lassen.

49,90 €



REINER SCT Authenticator

Der REINER SCT Authenticator speichert die elektronischen Schlüssel für die Logins sicher in seiner Hardware und generiert die TOTP-Einmalpasswörter hochgenau alle 30 Sekunden. Er arbeitet ohne Internetverbindung und kann deshalb online nicht angegriffen werden. Zusätzlich kann seine Funktion noch mit einem PIN-Schutz abgesichert werden.

44,90 €



Eine Frage der Perspektive

Videos mit mehreren Kameras aufnehmen und synchronisieren

Aufnahmen aus unterschiedlichen Perspektiven machen Videos wesentlich interessanter. Doch das manuelle Angleichen der Clips wird im Schnitt schnell zur Qual. Wir zeigen, wie man Multicam-Produktionen effizient umsetzt – auch mit günstigen Kameras oder gar Smartphones.

Von Nico Jurran

Wer mit seinen Videos auf Plattformen wie YouTube heute ein breites Publikum erreichen will, muss sich nicht nur hinsichtlich der Bildqualität, sondern auch bezüglich der Gestaltung ins Zeug legen. Vor allem bei längeren Clips langweilen sich die Zuschauer sonst schnell und springen zum nächsten Beitrag.

Eine Lösung: Man filmt mit mehreren Kameras, sodass das Video den Protagonisten auch mal aus einem anderen Blickwinkel zeigt oder Reaktionen des Interviewers beziehungsweise des Publikums direkt erlebbar macht. Weiterer Nutzen solcher Multicam-Produktionen: Die zusätzlichen Aufnahmen sind ein gutes

Backup für den Fall, dass beim Hauptbild etwas schiefgeht – etwa jemand eine Zeit lang die Sicht versperrt.

Im Großen und Ganzen sind solche Multicam-Produktionen in drei Arbeitsschritten erledigt: Man nimmt Videos mit mehreren Kameras aus verschiedenen Perspektiven auf, importiert sie in ein geeignetes Schnittprogramm und richtet sie dort so aus, dass sie Frame-genau zueinander laufen, sodass keine Sprünge entstehen und Bild und Ton synchron laufen.

Dieser Artikel zeigt, wie sich so ein Projekt effizient umsetzen lässt. Dabei war es uns wichtig, finanziell im Rahmen zu bleiben. Hinsichtlich der Kameras bedeu-

tet das, vorhandene Modelle zu nutzen beziehungsweise bei Neuanschaffungen die Auswahl nicht auf teurere Exemplare zu beschränken. Im Idealfall sollen auch Mobilgeräte zum Einsatz kommen können. Und das ist tatsächlich möglich.

Im richtigen Takt

Alle Kameras sollten möglichst mit derselben Bildfrequenz aufzeichnen. Zwar kann man die Geschwindigkeiten der einzelnen Videos auch noch im Schnittprogramm aneinander anpassen. Doch gerade bei der Synchronisation mehrerer Videos können hierdurch Probleme entstehen, die man besser gleich vermeidet.

Die eigentliche Bildrate ist letztlich egal. Bei Produktionen, bei denen ein „Kino-Look“ gewünscht ist, kommen oft 24 oder 25 fps zum Einsatz; Videos laufen sonst typischerweise mit 50 oder 60 fps. Daneben lassen sich an Kameras meist krumme Werte wie 23,96, 29,97 und 59,94 Hertz einstellen, die auf das US-Fernsehsystem NTSC und dessen Farcträgerfrequenz zurückgehen. Das Problem, wenn etwa eine Kamera mit 60 und die andere mit 59,94 fps aufnimmt: Die Aufnahmen wirken im Schnitt zunächst

synchron, laufen mit der Zeit aber auseinander.

Einige Hersteller gehen leider recht sorglos mit den Angaben um: So zeigen etwa die DJI Osmo Action 3 und 4 sowie GoPro-Modelle 24, 30 und 60 fps in den Einstellungen an, nutzen in Wirklichkeit aber 23,96, 29,97 beziehungsweise 59,94 fps. Im Zweifel sollte man vor dem Start der Multicam-Aufnahme Testvideos mit jeder beteiligten Kamera anfertigen und deren Bildwiederholrate am Rechner prüfen. Dazu kann man den kostenlosen VLC Media Player verwenden, der diese Info bei der Wiedergabe eines Videos unter Werkzeuge/Medieninformation/Codec (in der Windows-Version) beziehungsweise Fenster/Medieninformation/Codecdetails (am Mac) ausspuckt. (Links zu allen genannten Programmen finden Sie unter ct.de/yzqe).

Audiosynchronisation

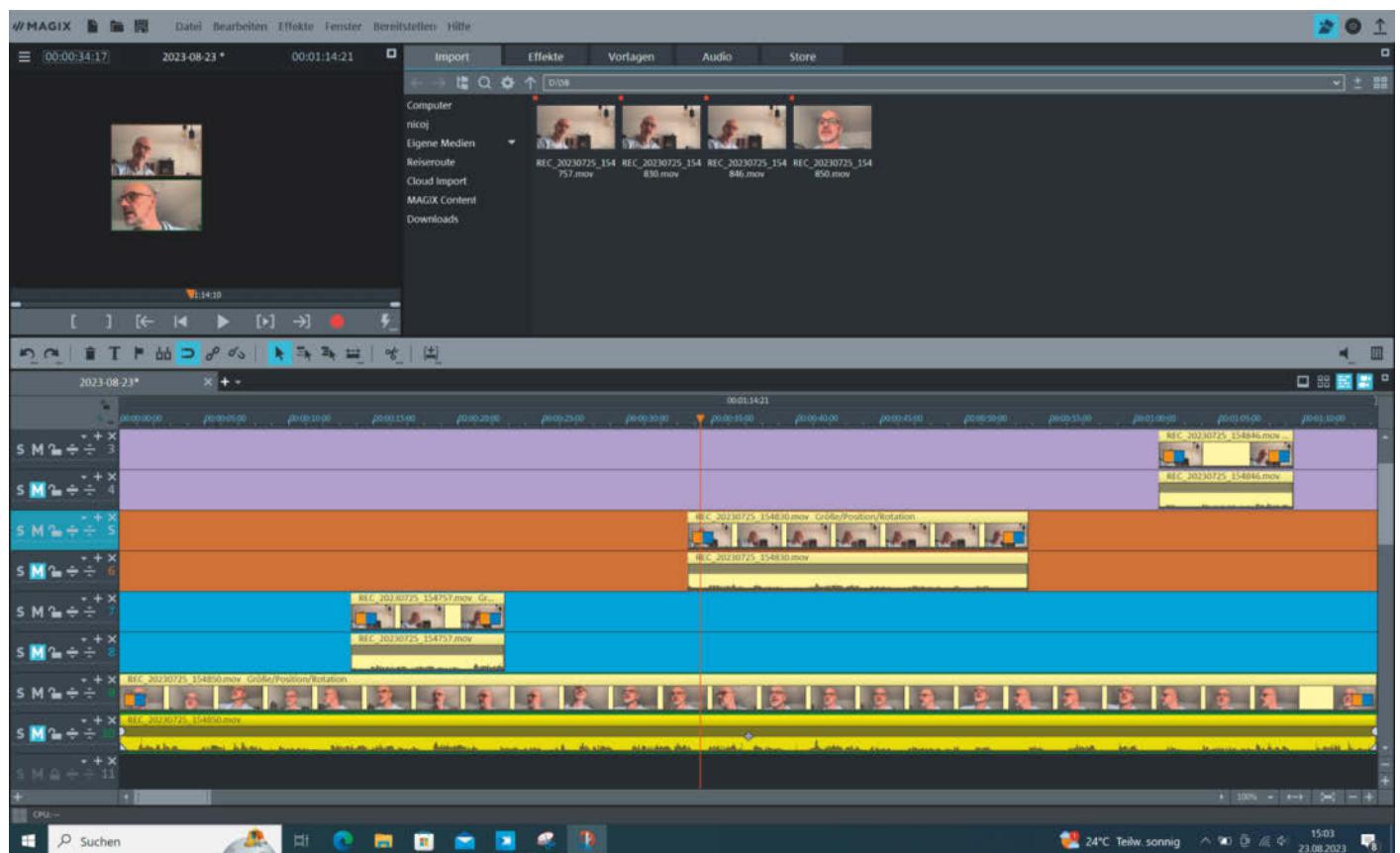
Um die manuelle Ausrichtung mehrerer Videos im Schnitt zu vereinfachen, könnte man alle Aufnahmen gleichzeitig starten und bis zum Ende durchlaufen lassen. Diese Herangehensweise ist aber oftmals unpraktikabel – vor allem, wenn es sich

ct kompakt

- Ihre Videos werden interessanter, wenn Sie sie mit mehreren Kameras (oder Smartphones) aufnehmen.
- Die Aufnahmen können Sie vom Schnittprogramm synchronisieren lassen, etwa anhand der Audiospuren.
- Eine sehr zuverlässige Synchronisation erlaubt Timecodes, die sich recht kostengünstig integrieren lassen.

nicht um eine Studioproduktion handelt, die sich in einem Rutsch realisieren lässt.

Laufen die Kameras zeitversetzt, ist es wichtig, dass das Schnittprogramm dem Anwender hilft, diese aneinander auszurichten. Die gute Nachricht: Nicht nur Profisoftware wie Adobe Premiere Pro und Final Cut Pro erlaubt Multicam-Produktionen, auch das Einsteigerprogramm Magix Video Deluxe (für Win-



Magix Video Deluxe kann in der Plus-Version Aufnahmen mehrerer Kameras anhand der Audiospuren automatisch synchronisieren



Tentacles kleine Box Sync E gibt hochpräzisen Timecode auf zwei Wegen parallel aus: über ihre Klinkenbuchse als Audiosignal und via Bluetooth-LE-Funk.

dows-PCs) bietet in der Plus-Fassung zum Listenpreis von knapp 100 Euro passende Funktionen für bis zu vier Kameras in 4K-Auflösung. Alternativ kann man auch zur kostenlosen Version von Blackmagics DaVinci Resolve greifen, das es auch für Macs gibt.

Sowohl Magix Video Deluxe als auch DaVinci Resolve synchronisieren die Aufnahmen auf Knopfdruck automatisch anhand der Audiospuren. Somit lassen sie sich mit Aufnahmen jeder Kamera verwenden, die auch Ton aufzeichnet – inklusive Smartphones und Tablets.

Im Schnitt legt man zunächst die einzelnen Clips übereinander in der Timeline ab. Ließen sich Aufnahmen mit unterschiedlichen Frequenzen nicht vermeiden, sollte man zunächst das Video mit der niedrigsten Bildwiederholrate importieren, damit das Schnittprogramm die Frequenz aller weiterer Clips an diese anpasst. In der Regel bereitet es nämlich weniger Probleme, wenn das Schnittprogramm Frames weglässt, um etwa von 30 auf 29,97 fps zu kommen, als zusätzliche Frames hinzuzufügen.

Bei Magix Video Deluxe muss man darauf achten, dass jeder Clip mit separaten Spuren für Video und Audio erscheint, was sich nach einem Rechtsklick im Kontextmenü unter „Audiofunktionen“ festlegen lässt. Zudem müssen die ersten beiden Spuren frei bleiben, weil hier am Ende die fertige Spur mit dem jeweils gewünschten Blickwinkel erscheint. Arbeitet man im Multicam-Modus (der Schalter ist rechts neben dem Timeline-Symbol), weist das Programm darauf auch hin. Nun

markiert man mit der Maus die Referenz-Audiospur und danach mit gedrückter Strg-Taste die übrigen Videos, bevor man im Kontextmenü „Andere Audio-Objekte an dieser Spur ausrichten“ anklickt.

Bei DaVinci Resolve wechselt man nach dem Import der Videos in die „Edit“-Ansicht, markiert alle Clips und ruft per Rechtsklick im Kontextmenü unter „Auto Align Clips“ den Punkt „Based on Waveform“ aus. Bei beiden Programmen kann man anschließend mit dem eigentlichen Schnitt beginnen.

Timecode

Die Synchronisation anhand der Audiospuren klappt allerdings nur zuverlässig, wenn der Ton jeder Aufnahme so gut ist, dass der Algorithmus im Schnittprogramm die Übereinstimmungen erkennt. Problematisch wird es, wenn der Ton (etwa durch eine weit entfernte Kamera) sehr leise oder (beispielsweise durch Windgeräusche) stark gestört ist. Läuft bei allen Kameras die Aufnahme, ist es daher clever, ein lautes und markantes Geräusch als Signal für den Start zu verwenden. Eine Möglichkeit wäre die berühmte Klappe, es reicht aber üblicherweise, einmal laut in die Hände zu klatschen.

Manche Profis arbeiten zur Sicherheit lieber mit hochpräzisen Zeitstempeln von Timecode-Generatoren, die alle beteiligten Kameras und Rekorder mit dem Bild als Metadaten aufzeichnen (sogenannter File-Timecode). Die Gesellschaft der Film- und Fernsehingenieure (SMPTE) schuf in den 1960er-Jahren einen passenden Standard, mit dem sich Aufnahmen im Schnitt zuverlässig synchronisieren lassen.

Mittlerweile gibt es für Privatanwender erschwingliche Timecode-Generatoren. So bekommt man vom chinesischen Hersteller Deity Microphones dessen „TC-1“ mit eigenem Display bereits für rund 170 Euro. Wir nutzten für unsere Tests das Modell „Sync E“ (mittlerweile in der Ausführung „mkII“) von Tentacle Sync aus Köln. Das hat zwar kein Display und ist mit einem Preis von knapp 240 Euro teurer, punktet dafür aber mit einigen nützlichen Tools, die wir im Rahmen dieses Artikels noch vorstellen werden.

Zeitstempel aufgedrückt

Doch wie kommen die Zeitstempel aufs Video? Kameras und Rekorder aus dem (semi-)professionellen Bereich haben öfter dedizierte Anschlüsse für Generato-

ren, etwa Canons C300/C500, ARRIs Alexa oder die Monitor-Rekorder der Shogun-Reihe von Atmos. Auch DJIs für den Kinoeinsatz konzipierte Drohne Inspire 3 ist damit ausgestattet. Bei Panasonics GH5S lässt sich für diesen Zweck der Blitz-Syncro-Anschluss nutzen, bei Blackmagics Pocket-Cinema-Kameras deren Mikrofoneingang.

Aber auch einige Consumer-Kameras synchronisieren sich mit Timecode-Generatoren, darunter die Actioncams DJI Osmo 3 und 4. GoPros Hero 11 lässt sich mit der offiziell erhältlichen Labor-Firmware dazu bringen, den Timecode des Sync E zu übernehmen. An alle Geräte lässt sich das Modul über dessen 3,5-mm-Klinkenausgang oder mittels Adapterkabel anschließen.

„Übernehmen“ ist übrigens ein wichtiges Stichwort: Nicht alle Kameras und Rekorder, egal ob Consumer- oder Profi-Gerät, müssen die ganze Zeit über mit dem Generator verbunden sein. Manche arbeiten mit einem eigenen Timecode, den man vor Beginn der Aufnahmen nur

Precision Date and Time (Local)

GoPro Labs

Precision Date and Time (Local)

Timezone: 1 hour 0 minute

Daylight Saving Time: Active

Simply point your Labs enabled camera at this animated QR Code, to set your date and time very accurately to local time. This is particularly useful for multi-camera shoots, as it helps synchronize the timecode between cameras. As the camera's internal clock will drift slowly over time, use this QR Code just before your multi-camera shoot for the best synchronization.

TC 24: 16:01:32:02
TC 25: 16:02:29:20
NDF 30: 16:01:32:03 DF 30: 16:02:29:23
TC 50: 16:02:29:40
NDF 60: 16:01:32:07 DF 60: 16:02:29:47

QR Command: oT230824160229.810oTD1oTZ1oT188800

Compatibility: Labs enabled HERO Session, HERO7, HERO8, HERO9, HERO10, HERO11, MAX and BONES

GoPro stellt über eine spezielle Website die aktuelle Zeit als QR-Timecode bereit, über den sich die Actioncams des Hersteller (mit Laborfirmware) synchronisieren lassen.



Über die „Tentacle Setup“-App lassen sich am Sync E alle nötigen Einstellungen vornehmen. Zudem kann man hierüber mehrere Module miteinander synchronisieren.

einmal mit dem externen Takt synchronisiert. Ihnen wird also der externe Zeitstempel aufgedrückt, weshalb man von „Timecode Jamming“ oder kurz „Jam Sync“ spricht. Deshalb reicht ein Sync E, um vor Aufnahmebeginn etwa nacheinander eine Blackmagic-Kamera und die Inspire 3 zu synchronisieren.

Interessanterweise bietet GoPro auch eine kabellose Synchronisationsvariante an. Dabei wird der Timecode über einen sich laufend ändernden QR-Code eingespielt, den man vor die Kamera hält. Den liefert Tentacle über eine spezielle App (dazu gleich mehr). Wer nur Hero-Modelle einsetzt, braucht nicht mal einen Generator: Mit einem Browser steuert man stattdessen eine spezielle GoPro-Labs-Website an (Link via ct.de/yzqe), die den QR-Code zeigt und die man dann nur für ein paar Sekunden abzufilmnen braucht.

Zwei Dinge sollte man stets beachten: zum einen, dass es Geräte mit eigenem

Timecode wie Atomos Ninja V gibt, die sich nicht mit Sync E & Co. synchronisieren lassen, zum anderen, dass die Genauigkeit des Timecodes des Gerätes nach dem Jamming davon abhängt, wie gut der Hersteller die Funktion implementiert hat. Deity Microphones gibt für die DJI Osmo Action 3 an, dass dieser nach einigen Stunden die Synchronisation verliert, weshalb man das Jamming besser häufiger wiederholen sollte. GoPro selbst empfiehlt Jamming für seine Hero-Modelle nur für Aufnahmen bis zu einer Stunde; ansonsten soll man den Generator für eine fortlaufende Synchronisation besser angeschlossen lassen.

Timecode im Audiosignal

Für den Sync E benötigt man glücklicherweise nicht zwangsläufig eine Kamera mit eigenem Generator-Anschluss: Das Modul stellt den Timecode über seinen Klinkenausgang als Audiosignal bereit, das sich einfach auf einer Tonspur des Videos als „Audio-Timecode“ mit aufzeichnen lässt. So kann man praktisch jede vorhandene Kamera mit Mikrofoneingang weiter nutzen. Deitys TC-1 beherrscht diesen Trick ebenfalls, und zumindest DaVinci Resolve kann damit umgehen.

Da Kameras üblicherweise nur einen Audioeingang haben und der Sync E diesen belegt, ist in dem Modul selbst ein Mikrofon eingebaut. Nutzt man dieses, wird das Timecode-Signal auf dem linken Audiokanal aufgezeichnet und der eigentliche Ton auf dem rechten. Alternativ kann man mit einem Adapter von zweimal Mono auf Stereo den Timecode und ein externes Mikrofonsignal zusammenführen und in die Kamera leiten. Dabei sollte man darauf achten, dass der Timecode wiederum auf dem linken Kanal landet, da andernfalls später Probleme im Schnitt auftreten können.

Die Aufnahmen mit Audio-Timecode unterscheiden sich von denen ohne Timecode nur insoweit, als der Zeitstempel auf der Audiospur bei der Wiedergabe als krächzendes Geräusch zu hören ist. Wer den eigentlichen Ton bei oder nach der Aufnahme in Stereo abhören möchte, sollte seinen Kopfhörer also über einen Stereo-Splitter (Y-Kabel) so anschließen, dass er wirklich nur den Kanal mit dem Nutzsignal hört.

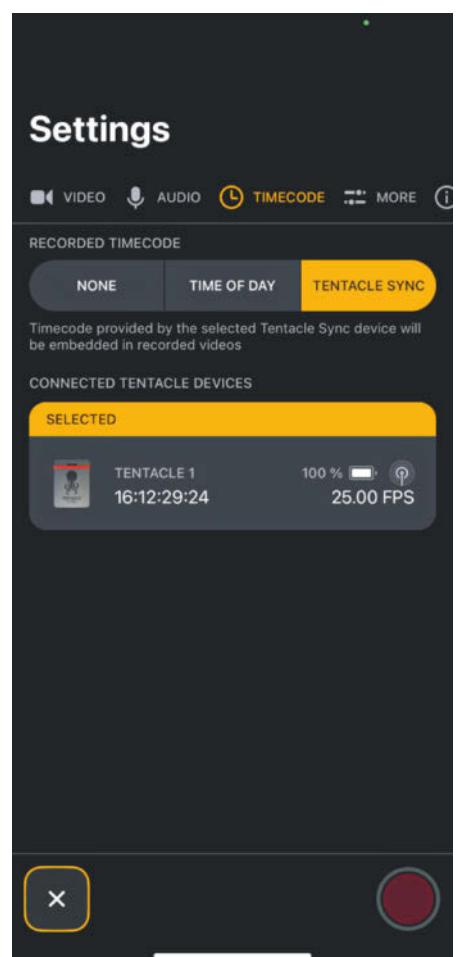
Nutzt man den Sync E an Geräten wie Atomos Ninja V, die einen eigenen Timecode liefern, hat man am Ende ein Video mit einem File- und einem Audio-Time-

code, die meist unterschiedlich sind. Das ist aber kein Problem, wie Sie auch noch sehen werden.

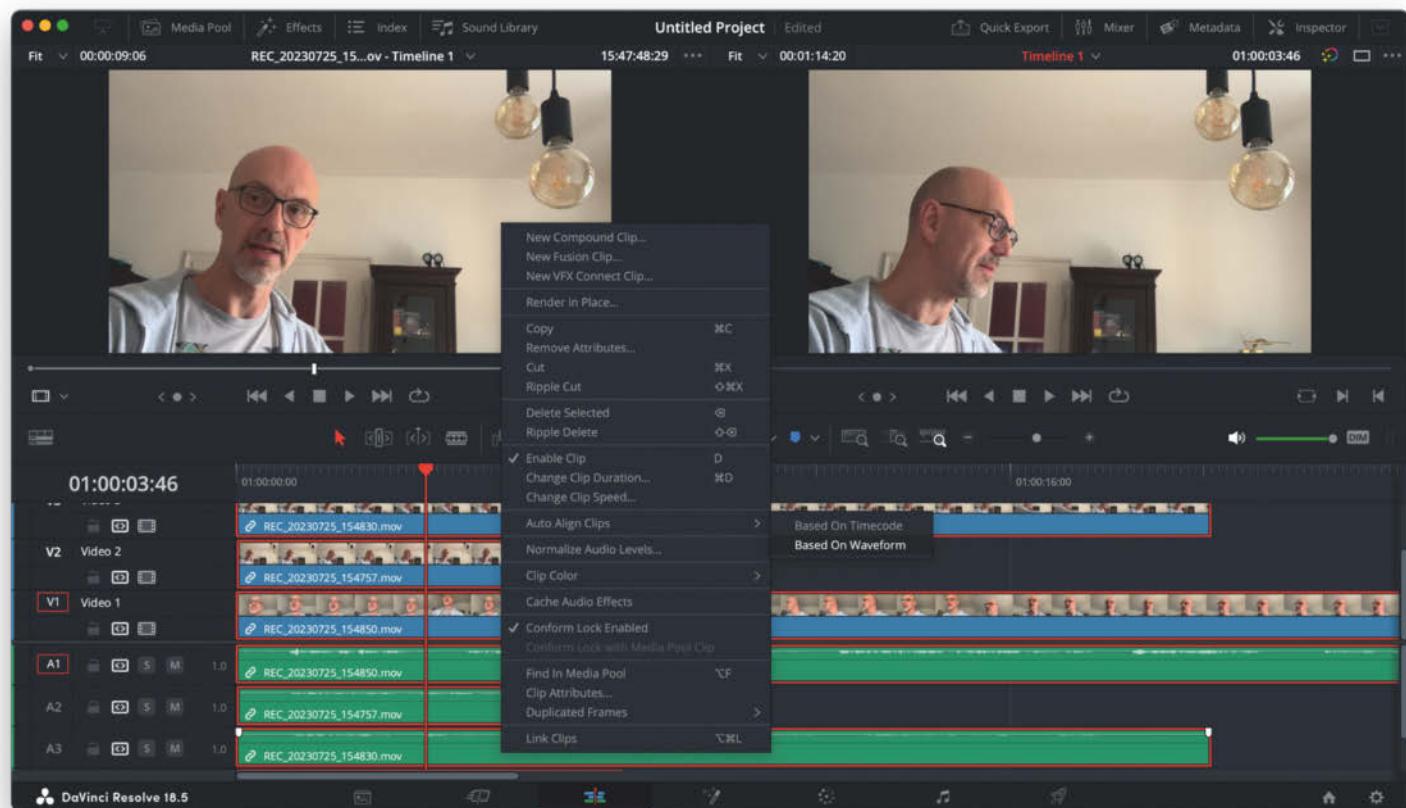
Mobilgeräte als Kameras und Rekorder

Eine zentrale Rolle bei der Einrichtung des Sync E spielt die kostenlose Android- und iOS-App „Tentacle Setup“, die sich über Bluetooth Low Energy mit dem Modul verbindet. Hier gibt man unter anderem an, ob das Aufnahmegerät einen Mikrofon- (typisch für Kameras) oder einen Line-in-Eingang (etwa an einem Rekorder) hat, damit der Pegel des vom Modul gelieferten Audiosignals passt. Da das Sync E kein Display hat, dient die App zudem als Monitor. Dass sich das Sync E mit der App synchronisiert hat, zeigt es an, indem es seine Status-LED grün statt rot blinken lässt.

Weil der Sync E Bluetooth Low Energy verwendet, kann der Nutzer mehrere



In den Einstellungen der „REC“-App muss man nur „Timecode/Tentacle Sync“ aktivieren und kann danach gleich ein Sync E nutzen, das in der Nähe über Bluetooth LE funktioniert.



Das Schnittprogramm DaVinci Resolve ist schon in der kostenlosen Version in der Lage, mehrere Videos sowohl anhand von Audiospuren als über Timecodes zu synchronisieren.

Smartphones, Tablets und Rechner koppeln und per Funk mit dem Zeitstempel versorgen. Ein einziges Sync E lässt sich parallel mit einer Digitalkamera (über den Klinkenausgang des Moduls) und mehreren Bluetooth-LE-Geräten verbinden.

Tentacle selbst stellt die Anwendung „Timecode Audio Recorder“ für iPhones, iPads und Macs kostenlos bereit, mit der die Apple-Geräte Audioaufnahmen mit Timecode aufzeichnen können – etwa als Backup für die Tonaufnahmen der Kamera. LateNiteSoft bietet darüber hinaus über Apples App Store für 7,99 Euro die iOS-App „REC – Pro Video Camera“ für Videoaufnahmen an, die das Funkignal des Sync E erkennt und sich mit diesem automatisch synchronisiert. Klappt das nicht oder verliert die App das Signal wieder, pulsiert ihre Funk-Anzeige (im horizontalen Modus oben in der Mitte) beziehungsweise zeigt ein Warndreieck.

Eine weitere kostenlose App von Tentacle namens „Timebar“ ist für die Aufnahmen an sich nicht nötig, sondern zeigt lediglich den aktuellen Timecode auf Android- und iOS-Geräten sowie Macs an. Da sich der Timecode des Sync E in der Setup-App auf die aktuelle Uhrzeit des

Telefons oder eine beliebige Zeit einstellen lässt, kann man die Anzeige etwa verwenden, um bei einer Livesendung im Blick zu behalten, dass man im geplanten Zeitrahmen bleibt. Kleines Zusatzfeature: Die Timebar zeigt den Timecode für Go-Pro Hero-Kameras auch im oben angesprochenen QR-Code an.

Alles im Takt

Wie von der SMPTE vorgesehen, zeigt Tentacle in seinen Apps den Timecode im Format HH:MM:SS:FF an – Stunden, Minuten, Sekunden und Frames. Die ersten drei Werte entsprechen der Darstellung einer gewöhnlichen Uhr, die Sekunden sind weiter in Frames unterteilt, also in (ab 01zählende) Einzelbilder.

Diese Frames sind ein wichtiges Thema: Der beim Sync E eingestellte Wert muss mit den Bildwiederholraten der Kameras beziehungsweise der Rekorder übereinstimmen. Der Sync E bietet dabei 23,98, 24, 25, 29,97 und 30 fps an. Bei Aufnahmen mit 50 oder 60 Hertz stellt man einfach die Hälfte ein, also 25 oder 30 fps. Bei 29,97 fps hat der Nutzer in der Setup-App zusätzlich die Wahl zwischen „Drop Frames“ und „Non-Drop Frames“. Üblicherweise verwendet man Drop Frames,

lässt also Bilder gezielt bei der Zählung außen vor, um die Diskrepanz zwischen Timecode-Aufzeichnung und tatsächlicher Anzahl von Bildern (eben 29,97 statt 30 pro Sekunde) auszugleichen.

Die genannte iOS-App REC ermöglicht je nach gewählter Kamera am iOS-Gerät Aufnahmen in 720p und 1080i mit allen üblichen Bildwiederholraten zwischen 23,98 und 240 fps. Bei 4K hat man immer noch die Auswahl bis zu 60 Hertz. Wichtig: Die Funk-Anzeige der App sagt nur, dass eine Verbindung zum Sync E besteht, aber nicht, dass es auch einen zur Bildfrequenz der Aufnahme passenden Takt ausgibt. Vor dem Start wirft man daher besser noch einmal einen prüfenden Blick auf die Einstellungen.

Hinsichtlich der Laufzeit des Sync E muss man sich keine Gedanken machen: Das Modul, das per USB-C geladen wird, hält laut Hersteller bis zu 35 Stunden am Stück durch. Der aktuelle Ladestand ist in Tentacles Setup-App ersichtlich.

Neue Runde

Magix Video Deluxe kann mehrere Videos nicht über deren Timecodes synchronisieren, wohl aber DaVinci Resolve – auch in der Free-Version. Die Arbeitsschritte un-

terscheiden sich dabei kaum von denen bei der Ausrichtung nach den Audiospuren: Wie dort legt man die einzelnen Clips übereinander in der Timeline ab und markiert sie in der „Edit“-Ansicht, wählt nun aber im Kontextmenü unter „Auto Align Clips“ erwartungsgemäß den Punkt „Based on Timecode“.

DaVinci Resolve richtet die Videos stets nach den File-Timecodes aus – was unglücklich ist, wenn ein Gerät einen eigenen File-Timecode aufzeichnet und der eigentlich korrekte Zeitstempel des Sync E als Audio-Timecode in der Audiospur steckt. In solchen Fällen wechselt man in die „Media“-Ansicht, markiert den betreffenden Clip und ruft nach einem Rechtsklick „Update Timecode from Audio Track“ auf, was den File-Timecode durch den Audio-Timecode ersetzt.

Für andere Schnittprogramme, die diesen Timecode-Wechsel nicht beherrschen, hält Tentacle unter Windows mit dem „Timecode Tool“ einen kostenlosen Konverter bereit. Dieselbe Funktion bietet auch das macOS-Programm „Sync Studio“, das der Modul-Hersteller ebenfalls im Sortiment hat. Die Software kostet einzeln rund 177 Euro, ist aber beim Sync E im Preis enthalten.

Eigenes Tool

Sync Studio bietet aber wesentlich mehr Funktionen – allen voran die, Videos auto-

matisch nach den Timecodes zu synchronisieren, wenn man sie per Drag & Drop in die Ablage auf der linken Seite der Oberfläche legt und ein Video als Referenz auswählt. Dank integriertem Player kann man sich das Ergebnis gleich anschauen und dabei nahtlos zwischen den Perspektiven wechseln. Sync Studio läuft auf gewöhnlichen Macs schnell genug, dass man erkennt, ob die Videos synchron sind – was bei größeren Multicam-Projekten in Schnittprogrammen nicht immer der Fall ist.

Bei Problemen lassen sich deren Gründe anhand der von Sync Studios eingeblendeteten Daten (darunter, welche File- und Audio-Timecodes vorhanden sind, und deren Frameraten) zudem gut identifizieren. Ist man mit dem Ergebnis zufrieden, bietet Sync Studio wiederum die Möglichkeit, eine „Sync Map“ im XML-Format mit den Positionen der einzelnen Videos zu exportieren. Diese lässt sich in verschiedenen Schnittprogrammen laden, die die Clips dann entsprechend der Vorgaben importieren und anordnen.

DaVinci Resolve ist zwar im Sync Studio beim Sync-Map-Export nicht als Ziel genannt, das Schnittprogramm kann aber über „File/Import/Timeline importieren“ die XML-Dateien verwerten, die das Tentacle-Tool für Final Cut Pro X 10.4 anfertigt. Wichtig ist dabei noch, dass alle Mediendateien des Projekts in dem Ordner

liegen, wo auch die XML-Datei zu finden ist.

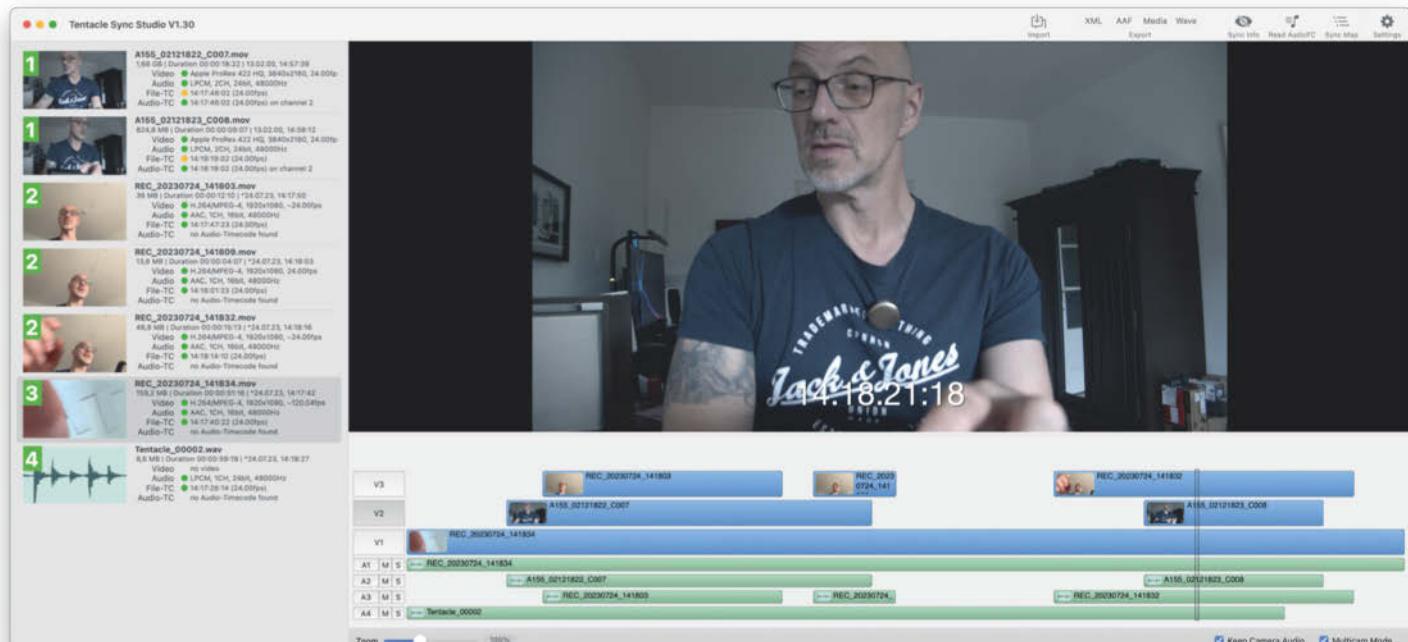
Fazit

Wenn Sie sich einmal mit Multicam-Aufnahmen beschäftigt haben, werden Sie schnell merken, wie viel mehr Gestaltungsspielraum Sie dadurch im Schnitt gewinnen – und wie hilfreich es ist, bei Problemen mit der Hauptkamera auf eine andere Perspektive wechseln zu können. Es lohnt sich also, die Produktion mit mehreren Kameras auszuprobieren – und das ist einfach und ohne großen finanziellen Aufwand möglich: zum einen, weil sich vorhandene Kameras und sogar Mobilgeräte dafür nutzen lassen, zum anderen, weil mit Magix Video Deluxe bezahlbare und mit DaVinci Resolve kostenlose Schnittsoftware bereitsteht.

Positiv ist auch, dass man die Synchronisation mehrerer Videoclips zunächst anhand der automatischen Erkennung der Übereinstimmungen in den Audiospuren testen kann. Mit dem Timecode steht wiederum eine zuverlässige und immer noch günstige Alternative bereit. Halten Sie sich dabei an die beschriebenen Tipps, werden Sie erstaunt sein, wie wenig Mehraufwand eine Multicam-Produktion mit sich bringt.

(nij@ct.de) ct

Download-Links für die genannten Programme: ct.de/yzqe



Tentacles Sync Studio nimmt Videos in diversen Formaten entgegen und synchronisiert diese anhand des File- oder Audio-Timecodes. Ein integrierter Player ermöglicht es, das Ergebnis gleich zu überprüfen.



Bild: KI Midjourney | Bearbeitung: c't

Geheimniskrämerei

Kubernetes-Secrets verschlüsselt in Git speichern

So wirklich verdient haben Kubernetes-Secrets ihren Namen nicht: Ihr Inhalt ist Base-64-kodiert, liegt aber als Klartext im Cluster und in YAML-Dateien. Das ist frustrierend für Fans von GitOps, denn sie können Secrets nicht einfach in Git-Repositories ablegen, ohne ihre Geheimnisse allen zugänglich zu machen. Das Werkzeug Sealed Secrets und asynchrone Verschlüsselung schaffen Abhilfe.

Von Manuel Ottlik

Es gibt viele gute Gründe, die YAML-Definitionen für Kubernetes-Ressourcen nicht auf den Rechnern von Admins herumliegen zu lassen und per Hand mit dem Befehl `kubectl apply` in ein oder mehrere Cluster zu transportieren. Über kurz oder lang kommt es zu Abweichungen zwischen

dem Inhalt der lokalen YAML-Dateien und den Clustern. Stattdessen spricht viel dafür, die Definitionen mit einem Paketmanager wie Helm [1] zu verpacken und einem Continuous-Deployment-Werkzeug wie Argo CD die Aufgabe zu überlassen, diese Pakete im Cluster aktuell zu halten. Den sogenannten GitOps-Ansatz haben wir bereits ausführlich beschrieben [2].

Alle Kubernetes-Objekte, die in Ihrem Cluster laufen sollen, liegen bei dieser Strategie in Git-Repositories und Änderungen können Sie und Ihre Kollegen elegant nachvollziehen. Alle Objekte? Nein, ein Typ bleibt außen vor: Kubernetes-Secrets sollten Sie definitiv nicht als YAML

in ein Git-Repository legen, weil sie sonst nicht mehr wirklich geheim wären. Zu solchen Secrets gehören API-Schlüssel für externe Anwendungen, Datenbankkennwörter oder Admin-Zugangsdaten.

Um Geheimnisse auf sichere Weise in den Cluster zu bekommen, ohne die eigene GitOps-Strategie zu unterwandern, gibt es

im Kern zwei Möglichkeiten: einen Kubernetes-Geheimnisspeicher, der in den meisten Fällen außerhalb des Clusters an zentraler Stelle steht, oder das kleine Open-Source-Projekt Sealed Secrets aus dem Hause Bitnami. Die VMware-Tochter hat sich darauf spezialisiert, Softwareinstallationen in der Cloud zu vereinfachen.

Der bekannteste Geheimnisspeicher heißt HashiCorp Vault und funktioniert ähnlich wie ein Kennwortspeicher für private Anwender – nur mit automatischer Kubernetes-Anbindung. Über eine Weboberfläche können Sie Secrets erfassen und verwalten und sie dann gezielt in einem oder mehreren Kubernetes-

Clustern verfügbar machen. Eine zentrale Vault-Instanz kann auf diesem Weg problemlos Hunderte Cluster versorgen.

Das ist nützlich für riesige Infrastrukturen mit vielen großen Teams. Für kleinere Umgebungen ist Vault aber oft überdimensioniert und Sealed Secrets die leichtgewichtige Alternative mit etwas

ct Hardcore

anderem Ansatz: Auf Ihrer lokalen Maschine verschlüsseln Sie die YAML-Definition Ihres Geheimnisses mittels asymmetrischer Kryptografie – den Schlüssel zum Entschlüsseln kennt nur eine Software (Sealed-Secrets-Controller) im Cluster. Den verschlüsselten YAML-Schnipsel können Sie bedenkenlos in die Versionskontrolle einchecken. Im Cluster macht Sealed Secrets daraus ein gewöhnliches Kubernetes-Secret, das für Ihre Anwendungen bereitsteht.

Ablauf

Das Projekt Sealed Secrets besteht aus zwei Komponenten: Auf der einen Seite gibt es einen Controller, der in dem Cluster installiert wird, in dem die Geheimnisse verwendet werden. Als Gegenstück dazu gibt es ein Kommandozeilenprogramm, das Admins auf ihren Rechnern installieren und per kubeseal aufrufen. Der Controller im Cluster erstellt, wenn man ihn installiert, ein Paar aus öffentlichem und privatem RSA-Schlüssel. Den öffentlichen Schlüssel kann man über einen IngressController im Internet oder im lokalen Netzwerk verfügbar machen. Der private Schlüssel bleibt im Verborgenen.

Wie Sie Sealed Secrets einrichten, lesen Sie im folgenden Abschnitt, zuvor soll ein Beispiel die Funktionsweise verdeutlichen: Um ein Secret, das bereits mit sensiblen Daten gefüllt als YAML-Definition auf Ihrer Platte liegt, zu einem Sealed Secret zu machen, rufen Sie das Kommandozeilenprogramm kubeseal auf. Sie geben den Ort des Secrets an, den gewünschten Ausgabeort und die URL, unter welcher

der öffentliche Schlüssel des Clusters veröffentlicht wird.

Wenn Sie noch keine IngressRoute eingerichtet haben, weil Ihr Cluster zum Beispiel frisch aufgesetzt ist und noch keinen IngressController hat, kann sich kubeseal den öffentlichen Schlüssel auch via kubectl beschaffen. Dafür müssen Sie wissen, wie der Sealed-Secrets-Controller heißt und in welchem Namespace er installiert wurde. Der folgende Befehl verschlüsselt die Inhalte der Datei secret.yml, besorgt sich dafür über das Kubernetes-API den öffentlichen Schlüssel vom Controller namens sealed-secrets und schreibt die Inhalte in die Datei sealed-secret.yml:

```
kubeseal -f secret.yml -o yaml \
--controller-name=sealed-secrets \
--controller-namespace=kube-system > \
sealed-secret.yml
```

Heraus kommt ein Kubernetes-Objekt mit kind: SealedSecret. Dabei handelt es sich um eine CustomResource, also nicht um ein Standard-Kubernetes-Objekt, sondern um eines, das sich die Entwickler von Sealed Secrets ausgedacht und in Form einer CustomResourceDefinition (CRD) angelegt haben.

Der Sealed-Secrets-Controller im Cluster beobachtet alle Objekte des Typs SealedSecret. Wenn Sie die Ressource mit kubectl apply, per Helm, Argo CD oder auf andere Weise in den Cluster befördern, schnappt der Controller zu, entschlüsselt den Inhalt des SealedSecret und erzeugt ein normales Kubernetes-Secret.

c't kompakt

- Die YAML-Definitionen von Kubernetes-Secrets gehören nicht in Git-Repositories, weil sie im Klartext vorliegen.
- Sealed Secrets verschlüsselt die Inhalte von Secrets – diese YAML-Dateien können Sie bedenkenlos in Git speichern.
- Nur der Controller im Cluster kann die Inhalte wieder entschlüsseln.

Unter der Haube nutzt Sealed Secrets die Verschlüsselungsverfahren AES und RSA. Beim Verschlüsseln denkt sich kubeseal einen Zufallsstring aus und nutzt diesen als Schlüssel für symmetrische Verschlüsselung mit AES. Das Geheimnis wiederum verschlüsselt das Programm mit dem öffentlichen Schlüssel des Controllers, sodass nur der ihn mit seinem privaten Schlüssel auspacken und damit die AES-Verschlüsselung umkehren kann [3].

Installation

Das lokal ausgeführte Kommandozeilenwerkzeug kubeseal können Mac-Benutzer mit Homebrew installieren. Linuxer finden im Repository des Projekts (siehe ct.de/y9hj) einen Kommandozeilenschnipper, der die aktuelle Version als ausführbare Datei herunterlädt und nach /usr/local/bin verschiebt. Windows-Nutzer finden im Repository unter Releases eine exe-Datei. Diese müssen sie in einen Pfad verschieben, in dem die Kommandozeile ausführbare Dateien sucht.

Um Sealed Secrets in Ihrem Cluster verwenden zu können, benutzen Sie am besten das Helm-Chart, das von Bitnami bereitgestellt wird (siehe ct.de/y9hj). Damit gelingt die Installation in wenigen Minuten. Fügen Sie das Repository mit folgendem Befehl hinzu:

```
helm repo add sealed-secrets \
https://bitnami-labs.github.io/ \
sealed-secrets
```

Anschließend installieren Sie das Paket mit:

```
helm install sealed-secrets \
-n kube-system \
sealed-secrets/sealed-secrets
```

"Sealed Secrets" for Kubernetes

Sealed Secrets provides declarative Kubernetes Secret Management in a secure way. Since the Sealed Secrets are encrypted, they can be safely stored in a code repository. This enables an easy to implement GitOps flow that is very popular among the OSS community.

[LEARN MORE](#)

[DOWNLOAD SEALED SECRETS](#)



On your command line

Sealed Secrets offers a powerful CLI tool (kubeseal) to one-way encrypt your Kubernetes Secret easily.



On your K8S cluster

The Sealed Secrets controller will decrypt any Sealed Secret into its equivalent Kubernetes Secret



On your code repository

Sealed Secrets are safe to store in your local code repository, along with the rest of your configuration.

Das Open-Source-Projekt Sealed Secrets von Bitnami löst ein alltägliches Problem von GitOps-Admins: Kubernetes-Secrets verschlüsselt zu hinterlegen.

Der Controller landet damit im Namespace `kube-system`. Wenn Sie den öffentlichen Schlüssel über Ihren IngressController verfügbar machen möchten, müssen Sie den Service `sealed-secrets` referenzieren. Wie Sie solche Routen mit dem HTTP-Router Traefik anlegen, lesen Sie in [4]. Um `kubeseal` anzusehen, den öffentlichen Schlüssel über eine öffentliche Adresse zu beziehen, verändern Sie den im Abschnitt „Ablauf“ beschriebenen Befehl und lassen Sie `--controller-name` sowie `--controller-namespace` weg und nutzen stattdessen den Parameter `--cert https://<Ihre URL>`.

Ausprobieren

Wenn Sie den Controller im Cluster installiert und `kubeseal` auf der lokalen Maschine eingerichtet haben, können Sie Ihr erstes Secret verschlüsseln. Dafür müssen Sie zunächst mal eines erstellen. Das können Sie am schnellsten mit `kubectl` und dem Parameter `--dry-run=client` erledigen und die Definition direkt in eine YAML-Datei schreiben:

```
kubectl create secret generic test \
--dry-run=client \
--from-literal=foo=bar \
-o yaml > secret.yml
```

Heraus kommt ein Secret, das den Schlüssel `foo` enthält. Der Wert `bar` ist Base64-encodiert. Dieses Geheimnis können Sie jetzt mit `kubeseal` verschlüsseln:

```
kubeseal -f secret.yml -o yaml \
--controller-name=sealed-secrets \
--controller-namespace=kube-system > \
sealed-secret.yml
```

Heraus kommt eine YAML-Datei, die in etwa so aussieht:

```
apiVersion: bitnami.com/v1alpha1
kind: SealedSecret
metadata:
  creationTimestamp: null
  name: test
  namespace: default
spec:
  encryptedData:
    foo: AgASos1PmI0NPWU02a3u[...]
    template:
      data: null
      metadata:
        creationTimestamp: null
        name: test
        namespace: default
```

Befördern Sie das Objekt mit `kubectl -f sealed-secret.yml apply` in Ihren Cluster, damit der Controller seine Arbeit verrichten kann. Wenn Sie mit dem Befehl `kubectl get secrets` ein Secret namens `test` angezeigt bekommen, hat die Einrichtung funktioniert. Wenn nicht, sollten Sie mit `kubectl logs <Name des Controller-Pods>` die Logs des Sealed-Secrets-Controllers studieren.

Scopes

Wenn `kubeseal` ein SealedSecret erstellt, werden standardmäßig auch der Name des Secrets sowie sein Namespace in die verschlüsselten Daten eingebackt. Das verhindert, dass ein Admin mit Zugriff auf das SealedSecret den Schnipsel einfach in einen anderen Namespace kopiert, vom Controller entpacken lässt und dort unbefugt ausliest. Es gibt jedoch Anwendungsfälle, in denen Sie ein SealedSecret innerhalb eines Namespaces mit mehreren Namen oder sogar innerhalb mehrerer Namespaces verwenden möchten.

Dafür hat Sealed Secrets verschiedene Regelwerke, Scopes genannt, vorgesehen: `strict` ist der Standard, der verhindert, dass ein Secret kopiert werden kann. Mit `namespace-wide` darf man das Secret innerhalb des Namespaces unter mehreren Namen entpacken. `cluster-wide` erlaubt Kopien im ganzen Cluster. Sie können den Scope entweder beim Aufruf von `kubeseal` mit `--scope cluster-wide` setzen oder Sie fügen dem Secret vor dem Verschlüsseln die Annotation `sealedsecrets.bitnami.com/scope: "cluster-wide"` hinzu.

Secrets aktualisieren

In der Praxis kommt irgendwann die Situation, dass Sie ein Secret per Sealed Secret erstellt, mehrere Monate keinen Gedanken daran verschwendet haben – und dann müssen Sie einen Wert in dem Secret aktualisieren oder einen neuen Schlüssel hinzufügen. Um nicht wieder das gesamte Secret mit all seinen Werten lokal erstellen zu müssen, um es dann zu aktualisieren, können Sie mit `kubeseal` auch einzelne Werte in einem SealedSecret überschreiben oder ergänzen. Erstellen Sie dafür ein neues Secret mit dem Wert, der geändert oder ergänzt werden soll, im folgenden Beispiel soll der Wert `fuu` in den Schlüssel `fara` geschrieben werden:

```
kubectl create secret generic test \
--dry-run=client \
```

```
--from-literal=fara=fuu -o yaml > \
extra-field.yml
```

Anschließend können Sie mit `kubeseal` und dem Flag `--merge-into` eine Sealed-Secret-Datei angeben, in die der neue Inhalt verschlüsselt eingebacken werden soll:

```
kubeseal -f extra-field-secret.yml -o \
yaml --controller-name=sealed-secrets \
--controller-namespace=kube-system \
--merge-into sealed-secret.yml
```

Wenn Sie anschließend in die Datei schauen, finden Sie dort den zusätzlichen Wert. Mit `kubectl apply -f sealed-secret.yml` wird es im Cluster aktualisiert und mit `kubectl get secrets` können Sie in der Aufstellung sehen, dass in dem Secret `test` jetzt zwei Werte hinterlegt sind.

Wichtig beim Ergänzen von Werten mit `--merge-into`: Je nachdem, mit welchem Scope das Secret ursprünglich verschlüsselt wurde, müssen Namespace und Name des neuen Secrets mit dem alten Secret identisch sein.

Fazit

Sealed Secrets löst ein verbreitetes Git-Ops-Problem, ohne das System wesentlich komplexer zu machen. Ist der Controller einmal installiert, werkelt er stumm im Hintergrund und entpackt verschlüsselte SealedSecrets zu Secrets. Damit ist es die unkomplizierteste Lösung für das Secret-Management, da nach wie vor alle Informationen über das eigene Deployment an einem Ort sind: im Git-Repository.

Für große Organisationen stößt es jedoch an seine Grenzen: Wenn Sie steuern möchten, welche Personen oder Personengruppen welche Secrets lesen, aktualisieren oder löschen dürfen, greifen Sie am besten zu einem zentralen Geheimnisspeicher wie sie von HashiCorp oder Cloud-Providern angeboten werden.

(jam@ct.de) 

Literatur

- [1] Jan Mahn, Containerverpacker, Kubernetes-Anwendungen mit Helm paketieren, c't 11/2023, S. 164
- [2] Jan Mahn, GitOps-Krake, Kubernetes-Cluster mit Argo CD automatisieren, c't 14/2023, S. 146
- [3] Dr. Jan Kopia, Sicherer Kanal, Symmetrische und asymmetrische Verschlüsselung, c't 7/21, S. 56
- [4] Jan Mahn, Containervernetzer, Auf dem Lernpfad zum Kubernetes-Kenner, Teil 3, c't 25/2022, S. 162

Sealed Secrets: ct.de/y9hj

TAUCHE EIN IN DIGITALE WELTEN – MIT DEM c't DIGITALABO



40%
Rabatt!

c't MINIABO DIGITAL AUF EINEN BLICK:

- 6 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/angebotdigital





Bild: Thorsten Hübner

Verzahlt

Rechnung per E-Mail: Wer haftet bei Manipulation durch Hacker?

Wenn Hacker in eine E-Mail-Rechnungsabwicklung eingreifen, trägt den Schaden nicht unbedingt der, bei dem die Angreifer eine Schwachstelle fanden. Bisweilen ist es der arglose Rechnungsempfänger, der sein Geld auf ein falsches Konto überweist.

Von Harald Büring

etwa Mails abfangen und als Zahlungsfalle mit veränderten Daten neu verschicken.

Ein Unternehmer hatte ein gebrauchtes Mercedes-T-Modell von einem Händler gekauft. Der Verkäufer schickte ihm auf seinen Wunsch eine Rechnung als PDF-Datei im Anhang einer E-Mail zu. Im Kopfbereich der Rechnung und in der Fußzeile hatte der Verkäufer die Kontonummer seiner Firma bei einer Sparkasse angegeben. Dorthin sollte der Kunde den Kaufpreis von 13.500 Euro überweisen.

Nur zwei Minuten später erhielt der Käufer eine weitere E-Mail, anscheinend vom selben Absender, mit einer neuen Rechnung über denselben Betrag. Diese Rechnung wies in der Fußzeile eine andere Bankverbindung und einen anderen Kontoinhaber auf. Der Gedanke, die zweite Rechnung könne einfach eine schnelle

Aktualisierung der ersten mit korrigierten Daten darstellen, liegt da nahe.

Der Käufer überwies den Rechnungsbetrag auf das in der neuen Mail genannte Konto. Einige Tage später fragte der Verkäufer bei ihm nach, warum er das Geld noch nicht überwiesen habe. Es stellte sich heraus, dass das Konto, auf dem das Geld gelandet war, nicht etwa dem Verkäufer, sondern einem unbefugten Dritten gehörte. Offenbar resultierte die zweite Mail aus einem Hackerangriff – die 13.500 Euro ließen sich nicht wieder zurückholen.

Merkwürdigkeiten

Bei näherer Betrachtung wies die zweite Mail mit den veränderten Rechnungsdokumenten tatsächlich einige Ungereimtheiten auf: Im Kopfbereich des PDFs fanden sich anders als in der Fußzeile die unveränderten Kontoangaben aus der ersten Rechnung. Die zweite E-Mail sprach darüber hinaus den Käufer mit „Sie“ an, obwohl die beiden Geschäftspartner einander zuvor geduzt hatten – auch in der schriftlichen Korrespondenz. Ferner war im Mailtext nunmehr von einem „ausgestellten“ Bankkonto die Rede. Schließlich enthielt die Mail auch noch den folgenden kuriosen Satz: „Bitte senden Sie uns nach der Herstellung der Decke eine Kopie nach der Banküberweisung“.

Unklar war, auf welche Weise die zweite Mail mit der verfälschten Rechnung den

E-Mails sind ein beliebtes, bequemes, aber auch missbrauchsträchtiges und leicht zu fälschendes Kommunikationsmittel. Wie ein neuerer Fall aus Baden-Württemberg zeigt, können Kriminelle

Käufer erreicht hatte. Fest stand lediglich, dass auch andere Kunden des Verkäufers solche Mails mit vermeintlich korrigierten Rechnungen erhielten. Das legte den Schluss nahe, dass der Angriffspunkt für die Hacker beim Absender zu suchen war. Der hatte seinen Mailaccount auf übliche Weise mit einem Passwort geschützt. Diese kannten in seinem Betrieb nur zwei Personen; es wurde zudem alle zwei Wochen geändert. Sein Computer und die darauf installierte Software zeigten keine Auffälligkeiten. Die Windows-Firewall war aktiv, das Betriebssystem hatte regelmäßige Aktualisierungen bekommen. Zudem setzte der Verkäufer eine verbreitete Software-Suite für die Internetsicherheit ein.

Der Käufer stellte sich auf den Standpunkt, dass er seine Pflicht erfüllt habe – er hatte den geforderten Betrag bezahlt. Dass der infolge der scheinbar aktualisierten Rechnung fehlgeleitet worden war, wollte er sich nicht zuschreiben lassen. Schließlich war die Ursache dafür ja offenbar ein Hackerangriff auf das Mailsystem des Verkäufers.

Der wiederum verlangte vom Käufer, ihm den Kaufpreis für das Auto nunmehr auf das korrekte Konto zu überweisen. Er sah sich nicht als verantwortlich für die zweite Rechnung an und berief sich darauf, dass diese leicht als Fälschung zu erkennen gewesen sei. Es kam, wie es kommen musste: Er verklagte den Käufer beim Landgericht (LG) Mosbach auf Zahlung des Kaufpreises.

Dieses wies die Klage am 24. Mai 2022 zunächst ab (Az. 1 O 271/21). Begründung: Der Zahlungsanspruch des Verkäufers sei im Sinne von § 362 Abs. 1 des Bürgerlichen Gesetzbuchs (BGB) dadurch erloschen, dass der Käufer den Kaufpreis auf das Konto des Hackers überwiesen hatte.

Nicht genug gesichert?

Der Verkäufer, so das LG weiter, habe dem unbekannten Hacker den Zugriff auf den Rechnungsvorgang dadurch ermöglicht, dass er die Rechnung unverschlüsselt als E-Mail-Anhang verschickt habe. Wegen der unzureichenden Sicherung müsse er sich die unerlaubte Handlung des Angreifers zurechnen lassen. Dass der Verkäufer die E-Mail samt Rechnung im Anhang nicht unverschlüsselt hätte versenden dürfen, folge aus einer Orientierungshilfe der Konferenz der unabhängigen Datenschutzaufsichtsbehörden des Bundes und der Länder (DSK) vom 27. Mai 2021: Dieses Schriftstück führt Maßnahmen zum

Schutz personenbezogener Daten bei der Übermittlung per E-Mail auf [1].

Dem LG zufolge wäre dem Verkäufer eine gängige Verschlüsselung zuzumuten gewesen, um seine E-Mail-Korrespondenz abzusichern. Bekanntermaßen böten Mail-Provider unkompliziert nutzbare Möglichkeiten dafür an. Insgesamt müsse man bei dem gewerblich handelnden Verkäufer höhere Anforderungen an die IT-Sicherheit stellen als bei beliebigen Privatleuten: Immerhin habe es ein solcher Betrieb bei den unter seiner geschäftlichen E-Mail-Adresse versendeten Mails fast ausschließlich mit sensiblen Kundendaten zu tun. Der Verkäufer habe nicht dargelegt, dass er die Rechnungs-E-Mail beziehungsweise das angehängte PDF verschlüsselt habe. Er hätte entweder eine Ende-zu-Ende-Verschlüsselung oder zumindest eine Transportverschlüsselung verwenden müssen, so das Gericht.

Datenschutz und Haftung: Zwei Paar Schuhe

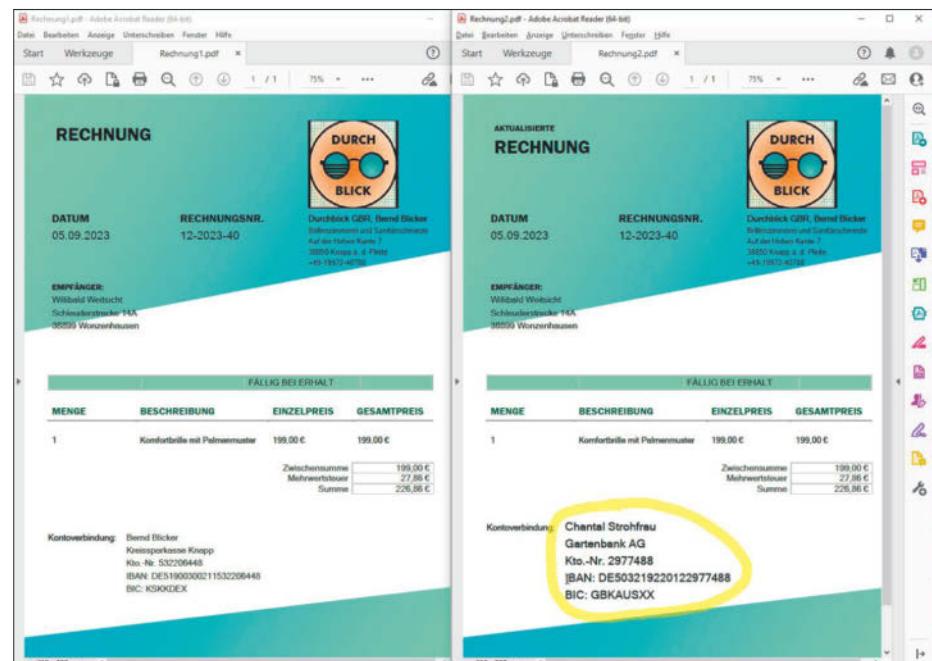
Der Verkäufer ging gegen das landgerichtliche Urteil in Berufung – mit Erfolg: Das Oberlandesgericht (OLG) Karlsruhe entschied Ende Juli 2023, dass der Wagen doch noch nicht als bezahlt gelten konnte – der Käufer musste die erste Rechnung somit noch regulär begleichen [2]. Dieses Urteil ist inzwischen rechtskräftig.

Der Anspruch des Verkäufers war, so die Richter, doch nicht durch die Zahlung

an den Hacker erloschen. Der vom LG genannte § 362 Abs. 2 BGB verweist als Bedingung hierfür nämlich auf eine erlaubte oder ererbte Verfügung nach § 185 BGB, die im hier gegebenen Fall nicht vorlag.

Der Käufer konnte sich laut OLG auch nicht darauf verlegen, dass er nach den Grundsätzen von Treu und Glauben einen Schadenersatzanspruch gemäß § 280 Abs. 1 BGB gegen den Verkäufer habe. Ein solcher Anspruch würde voraussetzen, dass sich der Verkäufer durch das unverschlüsselte Senden der Rechnung per E-Mail pflichtwidrig verhalten hätte. Nach Auffassung des OLG war das aber nicht der Fall: Der Verkäufer sei noch nicht einmal dazu verpflichtet gewesen, fürs Versenden seiner Rechnungs-E-Mail eine Transportverschlüsselung zu nutzen. Denn der Gesetzgeber erlege ihm eine solche Pflicht, die eine Haftung begründen könnte, nicht auf.

Was die europäische Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) zur Sicherheit von E-Mail-Kommunikation aussagt, war dem Gericht zufolge für die hier zur Debatte stehende Haftungsfrage nicht maßgeblich. Da es zwischen den Streitparteien keine ausdrückliche Vereinbarung zur Absicherung der Kommunikation gegeben hatte, kam es darauf an, welche berechtigten Sicherheitserwartungen der Käufer üblicherweise hegen konnte. Diese mussten dann auch noch für den Verkäufer zutreffend sein – an dieser Stelle schaffte sich



**Angenommen, die erste Rechnung wäre echt, die zweite nur beinahe:
Aufgrund der manipulierten Kontoverbindung könnte der Empfänger des Rechnungs-PDFs sein Geld an einen Unbefugten loswerden statt an die Durchblick GBR.**

Geschäftliche E-Mail-Korrespondenz: Realistische Sicherheitsanforderungen im Hinblick auf Datensicherheit und Datenschutz

- Gewöhnlicher Geschäftsverkehr: Eine einfache Transportverschlüsselung sollte das Minimum darstellen. Darüber hinaus empfiehlt es sich, eine Zusiicherung des E-Mail-Providers mit der Bestätigung einzuholen, dass er eine geeignete Verschlüsselung verwendet.
- Besondere Sicherheitsanforderungen bei schützenswerten Daten nach Art.

9 DSGVO: Das betrifft vor allem Gesundheitsdaten von Patienten bei Arztpraxen, Versicherten und Beschäftigten, außerdem genetische und biometrische Daten sowie Informationen über Hautfarbe und ethnische Herkunft. Darüber hinaus geht es auch um Informationen über eine Gewerkschaftsangehörigkeit, über

religiöse Überzeugungen, politische Einstellungen, sexuelle Identität und Sexualleben. Dergleichen Angaben sollten, wenn sie in der E-Mail-Korrespondenz auftauchen, mit einer Ende-zu-Ende-Verschlüsselung versehen sein. Das gilt auch dann, wenn Daten dieser Art nur gelegentlich in der Mailkommunikation vorkommen.

das OLG viel Raum für Einschätzungen, da es eben für den Verkäufer keine passenden konkreten Gesetzesvorschriften sah. Die Orientierungshilfe der DSK könnte jedenfalls hierfür nicht herangezogen werden.

Darüber hinaus hatte der Käufer nicht im Einzelnen dargelegt, weshalb er berechtigterweise eine Transportverschlüsselung hätte erwarten können. Dafür wäre er darlegungs- und beweispflichtig gewesen. Er hätte also etwa nachweisen müssen, dass eine solche Basisverschlüsselung im geschäftlichen E-Mail-Verkehr geradezu selbstverständlich gewesen wäre. Was die von ihm geforderte Ende-zu-Ende-Verschlüsselung angeht, so hatte er nicht dargelegt, dass sein eigenes Mailsystem überhaupt die geeigneten Voraussetzungen für den Empfang solchermaßen verschlüsselter Sendungen bieten würde.

Insgesamt war für das Gericht aber gar nicht entscheidend, ob für den Verkäufer eine Verschlüsselungspflicht bestanden habe. Der Käufer hätte nachweisen müssen, dass eine pflichtwidrig unterlassene Verschlüsselung auch tatsächlich die Ursache des eingetretenen Schadens gebildet hatte. Das wiederum konnte er nicht.

Das OLG widmete sich sogar noch dem hypothetischen Fall, dass der Käufer einen Schadenersatzanspruch hätte geltend machen können: Ein solcher Anspruch wäre wegen erheblichen Mitverschuldens gemäß § 254 BGB auch zu kürzen gewesen. Grund: Die Unstimmigkeiten in der zweiten Mail und in der Rechnung waren dem Gericht zufolge sehr auffällig; der Käufer hätte daher stutzig werden und beim Verkäufer nachfragen müssen. Eine solche Nachfrage sei für ihn auch zumutbar gewesen.

Die einen so, die anderen so

Beide Instanzen haben in diesem Fall also unterschiedlich entschieden. Dem OLG

Karlsruhe zufolge gibt es normalerweise keine rechtlichen Mindestanforderungen für das Versenden von E-Mails im Geschäftsverkehr. Das muss man sich schon auf der Zunge zergehen lassen: Nicht einmal eine einfach einzurichtende obligatorische Transportverschlüsselung hielten die Karlsruher Richter für rechtlich notwendig.

Wenn man diese zivilrechtliche Situation zugrunde legt, ist es für Empfänger geschäftlicher E-Mails umso wichtiger, auf jede noch so kleine Unstimmigkeit oder Auffälligkeit zu achten. Im Zweifelsfall sollte man sich keine allzu große Hoffnung darauf machen, dass Zivilgerichte einen Rechnungssteller für fehlgezahltes Geld seines Kunden einstehen lassen.

Kann also jemand, der Rechnungen per E-Mail verschickt, auf alle Erfordernisse von Datensicherheit und Datenschutz pfeifen? Keineswegs. Unabhängig von der zivilrechtlichen Haftung können Versender unverschlüsselter geschäftlicher E-Mails Ärger mit Datenschutzaufsichtsbehörden bekommen. Das ergibt sich daraus, dass sie bei der Verarbeitung personenbezogener Daten die Vorgaben der Art. 5 Abs. 1f, Art. 25 und Art. 32 Abs. 1 der DSGVO zur Sicherheit der Verarbeitung einhalten müssen. Dabei geht es unter anderem um die Integrität und Vertraulichkeit der Datenverarbeitung sowie um datenschutzfreundliche Techniknutzung. § 32 Abs. 1 DSGVO verpflichtet Versender geschäftlicher E-Mails, geeignete technische und organisatorische Maßnahmen zu treffen, um ein dem Risiko angemessenes Schutzniveau zu gewährleisten. Dazu müssen sie unter anderem personenbezogene Daten hinreichend pseudonymisieren respektive verschlüsseln.

Die bereits erwähnte DSK-Orientierungshilfe soll dabei helfen, diese Vorgaben umzusetzen. Im Abschnitt 4.2 unterscheidet sie insbesondere zwischen einer

obligatorischen Transportverschlüsselung, einer qualifizierten Transportverschlüsselung und einer Ende-zu-Ende-Verschlüsselung. Wenn der E-Mail-Versand keine besonderen Risiken für die Rechte und Freiheiten natürlicher Personen erwarten lässt, müssen Verantwortliche wenigstens eine obligatorische Transportverschlüsselung sicherstellen. Bei hohen Risiken sind normalerweise Ende-zu-Ende-Verschlüsselung und qualifizierte Transportverschlüsselung erforderlich.

Dem Landesbeauftragten für den Datenschutz Rheinland-Pfalz zufolge ist vor allem bei besonders schutzbedürftigen Daten nach Art. 9 DSGVO eine Ende-zu-Ende-Verschlüsselung angesagt. Als „besonders schutzbedürftig“ gelten diejenigen personenbezogenen Daten jedoch nicht, die üblicherweise in geschäftlichen E-Mails auftauchen. Die Landesbeauftragte für den Datenschutz Nordrhein-Westfalen sieht die Übermittlung von Bankverbindungsdaten im Rahmen einer geschäftlichen Korrespondenz nicht pauschal mit einem hohen Risiko verbunden. Anderes gelte beispielsweise für Gesundheitsdaten von Beschäftigten eines Unternehmens. Die niedersächsische Beauftragte für den Datenschutz meint, dass bei Bankverbindungsdaten in der Regel eine qualifizierte Transportverschlüsselung ausreiche, wenn die Empfängeradresse ausreichend verifiziert sei.

Unterm Strich empfehlen wir also im Hinblick auf datenschutzrechtliche Erfordernisse, für E-Mail-Rechnungen zumindest eine brauchbare Transportverschlüsselung zu nutzen. (psz@ct.de) ct

Literatur

- [1] Orientierungshilfe der DSK zur datenschutzkonformen E-Mail-Handhabung vom 27.5.2021: heise.de/s/7WDd
- [2] OLG Karlsruhe, Urteil vom 27.7.2023, Az. 19 U 83/22: heise.de/s/GZ63

JAVA 21

Die Heise-Konferenz zur neuen LTS-Version

4. Oktober 2023 – Online

- ✓ Bessere Nebenläufigkeit mit Virtual Threads, Structured Concurrency und Scoped Values
- ✓ Pattern Matching for Switch ist finalisiert
- ✓ Foreign Functions & Memory API
- ✓ Wie finden neue Features ihren Weg ins OpenJDK?
- ✓ Was bedeutet das LTS-Release für Projekte?

Jetzt
Tickets
sichern!

Workshops zu den neuen Features in Java 21
und zu sicheren Java-Anwendungen mit Spring Security

java.bettercode.eu

RUST

Ihr Weg von C/C++ zu Rust

24. Oktober 2023 – Online

- ✓ Rust als Alternative und Ergänzung zu C und C++
- ✓ Grundlegende Unterschiede und Vorteile
- ✓ Migrieren oder miteinander integrieren
- ✓ Details zur Ausdrucksstärke von Rust
- ✓ Asynchrone Programmierung im Zusammenspiel

Jetzt
Tickets mit
**Frühbucher-
rabatt**
sichern!

Workshop: Rust-Programmierung für C/C++ Entwickler am 25. Oktober 2023

rust.bettercode.eu

Tipps & Tricks

Sie fragen – wir antworten!

Raspi-NAS absichern

? In meinem Heimnetz nutze ich einen Raspberry Pi 3 als NAS. Darauf läuft Raspbian und ich habe einige CIFS/SAMBA-Freigaben, auf die ich von meinen Geräten zugreife. Außerdem ist ein SSH-Zugang eingerichtet. Um die Daten zu schützen, habe ich die DynDNS-Funktion an meiner Fritzbox deaktiviert und verzichte auf dem Raspi auf einen Webzugang. Sind meine Daten sicher, oder können Hacker aus dem Internet via SSH auf den Raspi zugreifen?

! Ferndiagnosen ohne detaillierte Kenntnisse Ihres Netzwerks sind schwierig, aber auf den ersten Blick erscheint die Absicherung Ihres Raspi zumindest zufriedenstellend. Stellen Sie sicher, dass Sie in Ihrem Router keine Port-Freigabe und auch keine Port-Weiterleitung auf den Raspi eingerichtet haben. Kurz gesagt: Die Firewall Ihrer Fritzbox muss ungebetene Anfragen an Ihren Raspi abweisen. Das ist bei den Werkseinstellungen der Fritzbox der Fall.

Falls der Raspi doch aus dem Internet erreichbar ist: SSH-Zugänge gehören zwar zu den am häufigsten attackierten, lassen sich aber absichern. Aktivieren Sie dafür die Public-Key-Authentication. Wenn diese funktioniert, schalten Sie die passwortgestützte Authentifizierung ab. Damit sind Sie auf der sicheren Seite. Wie man aufschlüsselbasierende Authentifizierung umstellt, haben wir schon vielfach beschrieben, beispielsweise in c't 21/2022 auf Seite 172.

Zusätzlich kann es nützlich sein, in der Fritzbox den Port von der üblichen Nummer 22 auf einen weniger frequentierten Port jenseits von 10000 umzustellen. Da können Sie jeden beliebigen nehmen, sofern er frei ist. In dem Fall spielt es auch keine große Rolle, ob Sie für Ihren Internetanschluss DynDNS aktiviert haben

oder nicht. Denn allein anhand Ihres Domännamens lässt sich nicht rückschließen, über welchen Port der Raspi angesprochen wird. Das wissen nur Sie allein.

(dz@ct.de)

Bootloader GRUB ignoriert Windows

? Ich habe auf meinem PC Kubuntu neben Windows installiert. Ich kann beide Betriebssysteme über das Bootmenü meines UEFI-BIOS starten. Früher tauchte Windows auch als Booteintrag im Linux-Bootloader GRUB auf. Wie kann ich den Bootloader dazu bringen, auch Windows zu starten?

! Um andere Betriebssysteme zu finden, verwendet GRUB das Tool os-prober. Da das Tool mit Root-Rechten alle Partitionen abklappert, befürchten die GRUB-Entwickler eine Angriffsmöglichkeit. Ein Angreifer könnte Schwachstellen im Dateisystem-Code nutzen, um Root-Rechte zu erlangen. Deshalb ist os-prober mittlerweile bei vielen Linux-Distributionen standardmäßig deaktiviert. Ubuntu fügt dem GRUB-Bootmenü andere bereits installierte Betriebssysteme nur noch während der Installation hinzu. Möchten Sie trotzdem os-prober nutzen, öffnen Sie die Datei /etc/default/grub mit Root-Rechten. Tragen Sie dort folgende Zeile ein:

GRUB_DISABLE_OS_PROBER=false

Anschließen aktualisieren Sie mit

sudo update-grub

die Grub-Konfiguration. In der Ausgabe des Befehls werden die erkannten anderen Betriebssysteme bereits aufgelistet.

(ktn@ct.de)

BIOS-Recovery bei Intel-NUC

? Windows hat mir ein BIOS-Update für meinen Intel NUC angeboten. Nach dem geforderten Neustart lief das Update zwar an, stoppte aber gleich wieder mit dem Hinweis „block capsule update by oem fw capsule data“. Auch bei einem zweiten Versuch mit der BIOS-Variante direkt von Intel, die man aus Windows heraus starten kann, schlug der Vorgang fehl. Nun scheint das BIOS zwischen zwei Versionen zu hängen.

! Für einen solchen Fall hat Intel das BIOS-Recovery vorgesehen. Laden Sie sich von Intels Downloadseiten die aktuelle BIOS-Version mit dem Zusatz „XXX.Recovery.zip“ für Ihren NUC herunter (siehe ct.de/ydfb). Die entpacken Sie auf einen mit FAT formatierten USB-Stick, fahren das System herunter und lassen den Stick dabei angesteckt. Halten Sie den Einschaltknopf für drei Sekunden gedrückt. Wenn Sie loslassen, erscheint ein Auswahlmenü, aus dem Sie die Option „[F4] BIOS Recovery“ mit der F4-Taste wählen.

Herunterladen
TNTGL357.0074.RECOVERY.zip

Betriebssystemunabhängig
Größe: 14.2 MB
SHA1: D3D41746651B96DB4CDB0537D37CE3EDCB1AC361

Mit der Recovery-Variante der BIOS-Datei aus Intels Downloadbereich können Sie ein fehlgeschlagenes BIOS-Update beim NUC zu Ende bringen.

Dann sollte die BIOS-Wiederherstellung beginnen und durchlaufen. Nach zwei bis fünf Minuten ist der Vorgang abgeschlossen und der NUC schaltet sich von allein aus oder fordert Sie dazu auf, dies zu tun. Erst dann dürfen Sie den USB-Stick entfernen.

(bkr@ct.de)

Download Intel-BIOS-Recovery:
ct.de/ydfb

Fehlende Zwei-Faktor-Authentifizierung bei der Postbank

Seit die Postbank zur Deutschen Bank migriert ist, brauche ich für den Login beim Onlinebanking keinen zweiten Faktor mehr. Man bekommt sogar Einsicht in die Konten. Ist das nicht eine gefährliche Sicherheitslücke?

Die Postbank hat bei der Migration zur Deutschen Bank deren technisches Regime in großen Teilen übernommen. Grundsätzlich können sich Banken für das Login einer gesetzlichen Ausnahme von der Zwei-Faktor-Authentifizierung bedienen. Dann muss der Kunde sich nur alle 90 Tage mit einem zweiten Faktor authentifizieren. So ist es bei der Deutschen Bank schon lange im Onlinebanking voreingestellt.

Im Hintergrund ist eine Betrugsprüfung aktiv, die beispielsweise bei unbekannten Geräten oder auffälligem Verhalten eine zusätzliche Authentifizierung anfordern kann. Daher ist das keine kritische Sicherheitslücke und mit Bauchschmerzen noch akzeptabel, wenn auch nicht optimal. Hinzu kommt, dass laut Gesetz bei Überweisungen der zweite Faktor für alle Beträge ab 30 Euro zwingend vorgeschrieben ist. Die Postbank fordert ihn schon von sich aus ab dem ersten Cent.

Die Deutsche Bank lässt Kunden im Onlinebanking aber schon seit einiger Zeit die Wahl, das „Komfort-Login“ (Zwei-Faktor-Authentifizierung alle 90 Tage) auf eine Zwei-Faktor-Prüfung bei jedem Login zu ändern. Die Postbank zieht hoffentlich bald nach.

(mon@ct.de)

BIOS-Download ersetzt

Ich möchte in meinem PC den Ryzen 7 1700 auf einen Ryzen 7 3700X aufrüsten. Es handelt sich um die Variante

Ein BIOS-Update setzt unter anderem die konfigurierten Lüfterkurven zurück. Auf unserer Projektseite kann man die empfohlenen Einstellungen nachschlagen.

Einstellungen für das BIOS-Setup	Wert
Ryzen-Allrounder mit MSI X370 SLI Plus (BIOS-Setup: Taste "Entf", Defaults laden "F6", Advanced Mode "F7")	
Settings -> Advanced -> Windows OS Configuration -> Windows 8.1/10 WHQL Support	Enabled
Overclocking -> CPU Features -> Core C6 State	Enabled
Overclocking -> CPU Features -> SVM Mode	Enabled
Hardware Monitor -> CPU 1	Einstellungen siehe Screenshot unter Tabelle
Hardware Monitor -> System 1	Einstellungen siehe Screenshot unter Tabelle
Hardware Monitor -> System 3	Einstellungen siehe Screenshot unter Tabelle
Optional:	
Settings -> Advanced -> Power Management Setup -> ErP Ready	Enabled
Tabelle anzeigen	



The screenshot shows the 'Hardware Monitor' application interface. It displays various temperature sensors: CPU at 48°C/118°F, System at 42°C/107°F, and several other components like PUMP 1, System 1, System 2, System 3, and System 4. Below the temperatures, there's a graph titled 'Smart Fan Mode' showing fan speeds in RPM versus temperature in °C. The graph shows a curve where fan speed increases as temperature rises, with specific points marked for 40°C/104°F, 60°C/140°F, 70°C/158°F, and 85°C/185°F. At the bottom, there are buttons for 'All Full Speed(F)', 'All Set Default(D)', and 'All Set Cancel(C)'.

„Ryzen-Allrounder“ des optimalen PC 2017, der ein MSI X370 PLUS verbaut hat. Laut Ihrem Artikel sollte man das BIOS dafür auf die Beta-Version 7A33v3L3 aktualisieren. Diese Version finde ich aber nicht mehr auf der Website von MSI. Ich finde dort nur die beiden Beta-Versionen 7A33v3L4 und 7A33v3L6. Kann ich eine der beiden BIOS-Versionen zur Aktualisierung benutzen, damit die neue CPU läuft?

Die im Artikel angegebene Version „7A33v3L3“ gibt es tatsächlich nicht mehr. Offenbar hat MSI sie durch die von Ihnen genannten Versionen ersetzt, die Sie jetzt für das Update nutzen können. Stellen Sie aber vorher sicher, dass die aktuelle Version des AMD-Chipsatztreibers installiert ist. Wir haben den Download unter ct.de/ydfb verlinkt. Bitte denken Sie auch daran, nach dem Update die BIOS-Einstellungen von der Projektseite erneut vorzunehmen; sie werden im Zuge des

Updates auf die Standardwerte zurückgesetzt.
(bkr@ct.de)

Chipsatztreiber und Projektseite:
ct.de/ydfb

FIDO2-Multitalent gesucht

Ich suche einen kleinen FIDO2-Stick, der folgendes unterstützt: Fingerabdruckerkennung, Residential Keys, Firmware-Updates sowie Smart Card für SSH und Client-Zertifikate. Gibt es so einen Stick?

Es gibt nur eine kleine Auswahl an FIDO2-Sticks mit Fingerprint-Readern, aber die schwächen bei den anderen Anforderungen. Insbesondere Fingerprint und Smart Card gibt es unseres Wissens noch nicht zusammen in einem Gerät.



Wenn man seine SSH-Schlüssel als Resident Keys konfiguriert, kann man sie mit einem modernen FIDO2-Stick auf beliebigen Clients verwenden.

In puncto Smart Card sind die Yubikeys gut aufgestellt, aber auch das 100 Euro teure Fingerprint-Modell Yubikey Bio erfüllt nur einige Ihrer Wünsche. Zudem kann man bei Yubikeys die Firmware nicht aktualisieren, laut Hersteller aus Sicherheitsgründen.

Wenn man auf die Fingerprint-Funktion verzichten kann, dann dürfte der Nitrokey 3 am ehesten passen (FIDO2, Smartcard-Funktionen, aktualisierbar). Für SSH brauchen Sie die Smart-Card-Funktionen übrigens nicht mehr zwingend. Das klappt inzwischen auch allein mit FIDO2, wenn Client und Server mitspielen (ct.de/ydfb). Weitere SSH-Kniffe und wie Sie Ihre Schlüssel sicher auf dem FIDO2-Stick mitnehmen, haben wir in c't 21/2022 im Artikel ab Seite 172 aufgeschrieben.

(dz@ct.de)

Yubikey Dokumentation: ct.de/ydfb

Zugriff auf das Heimnetz trotz CGNAT

Die Deutsche Gigant GmbH röhrt in meiner Region die Werbetrommel für den Glasfaserausbau. In einer FAQ des Anbieters bin ich darüber gestolpert, dass bei Privatkunden das sogenannte Carrier-Grade-NAT-Verfahren genutzt wird. Dabei laufe mein IPv4-Verkehr über eine Adresse, die sich mehrere Kunden teilen. Anspruch auf eine eigene IPv4-Adresse bestehe nicht. Kann ich dann nicht mehr unterwegs mit dem Handy auf meine Smart-Home-Zentrale zugreifen?

Richtig. Da Sie aber IPv6 bekommen, klappt der Zugriff aufs Heimnetz, so lange IPv6 auf Ihrem Smartphone und im Providernetz oder im fremden WLAN aktiviert ist und die zu erreichenden Geräte

IPv6 sprechen. Da das leider längst noch nicht überall der Fall ist, bleibt als Möglichkeit, für wenig Geld einen vServer mit öffentlicher IPv4-Adresse zu mieten, der als Proxy fungiert. Wie das geht, haben wir beispielsweise in c't 2/2018 ab Seite 138 beschrieben.

Den günstigsten vServer bietet derzeit Ionos für einen Euro pro Monat an (VPS Linux XS), allerdings IPv4-only. Weitere Angebote finden Sie bei den üblichen Hostern (etwa Strato, Hetzner, OVH), typischerweise im Bereich 5 Euro/Monat. Falls Ihnen das zu umständlich ist, bleiben noch Dienstleister wie beispielsweise www.feste-ip.net, die IPv4-Adressen und Portmapper vermieten. Auch da müssen Sie mit vier bis fünf Euro pro Monat rechnen. (ea@ct.de)

Sicherheit beim Onlinebanking

Ich mache Onlinebanking in der Regel am PC, weil ich das übersichtlicher finde. Um Zugriff auf mein Konto zu erhalten, muss ich auf dem Smartphone die ING-Banking-App installieren. Nach der Anmeldung mit einer PIN kann ich auf dem Smartphone bereits Einsicht in das Konto nehmen. Auf dem PC muss ich zwei QR-Codes scannen, um die Konten abzufragen. Jegliche weitere Aktion am PC muss ich per Eingabe der PIN in der App freigeben. Das halte ich für ein sicheres 2FA-Verfahren. Aktionen wie Überweisungen auf ein anderes Konto können aber auch alleine am Smartphone erfolgen. Dazu meldet man sich mit der PIN in der App an und hat nach der Bestätigung bereits Zugriff auf Konto, Extrakonto und Depot. Um Geld zu überweisen, genügt es, dieselbe PIN wie bei der Anmeldung einzugeben. Das ist doch kein sichereres 2FA-Verfahren, oder?

! Da können wir Sie beruhigen. Die Antwort lautet, dass sich die zwei Faktoren aus den Bereichen Besitz und Wissen ergeben. Die App haben Sie bei der Einrichtung technisch an Ihr Smartphone gebunden. Dieses gilt als Besitz. Wichtig ist dabei, den Sperrbildschirm durch eine gute PIN oder biometrisch zu sichern. Die fünfstellige PIN der ING-App haben Sie im Kopf, sie stellt den zweiten Faktor (Wissen) dar.

Anders ausgedrückt: Selbst wenn Diebe an Ihr Smartphone kommen und dessen Sperre überwinden, haben sie immer noch die Hürde App-PIN mit einer theoretischen Wahrscheinlichkeit von 3 zu 10.000 vor sich. Diese PIN ist übrigens umso schwerer zu erraten, je weniger sie sich beispielsweise an Geburtsdaten oder aktuelle Telefonnummern anlehnt, die man sich aus anderen Quellen erschließen kann. Einfallslose Kombinationen wie 12345 oder 33333 verbieten sich von selbst. Auf keinen Fall darf die PIN außerdem mit der des Geräts übereinstimmen.

Die Tatsache, dass Banking und Authentifizierung auf demselben Gerät stattfinden, ist kein grundsätzliches Problem. Die jeweiligen Kanäle laufen getrennt voneinander. Banking-Apps funktionieren zudem in der Regel nicht mehr, wenn Angreifer das Handy gerootet und damit übernommen haben. Falls die App doch noch funktioniert, besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass die automatische Betrugsprüfung der ING die Modifikation erkennt, anspringt und die Überweisung blockiert.

Die Betrüger wissen das natürlich ebenfalls. Daher versuchen sie in aller Regel, Ihnen die Zugangsdaten und Berechtigungen durch Phishing-Angriffe oder vorgebliche Telefonanrufe Ihrer Bank abzuluchsen. Wie sie dabei vorgehen, haben wir in c't 14/2023 auf Seite 66 aufgeschrieben. (mon@ct.de)

Fragen richten Sie bitte an

ct hotline@ct.de

f c't Magazin

t @ctmagazin

Alle bisher in unserer Hotline veröffentlichten Tipps und Tricks finden Sie unter www.ct.de/hotline.

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



49 (0)541 800 09 120



leserservice@heise.de



FAQ

Smart TVs

Nach unserem Schwerpunkt zu Smart TVs in c't 20/2023 erreichten uns etliche Fragen, unter anderem zum Startbildschirm, zur Auflösung, zu den Bildeinstellungen und zum Energiesparen. Wir haben die wichtigsten zusammengefasst.

Von Ulrike Kuhlmann

FAST-Sender rauswerfen

? An meinem Samsung-Fernseher drängen sich zuweilen die Samsung-eigenen TV-Plus-Channels in den Vordergrund beziehungsweise in die TV-Senderliste. Kann ich den Kanal auch rauswerfen?

! Ja, das geht zumindest an neueren Samsung-Fernsehern recht problemlos. Gehen Sie dazu auf das TV-Plus-Icon und drücken Sie länger die OK-Taste auf der Fernbedienung (Mitte des Auswahlrädchen). In dem dann erscheinenden Overlay können Sie das TV-Plus-Icon vom Startbildschirm löschen.

Um auch die Sender zu entfernen, drücken Sie länger die Programmippe auf der Smart Remote, wählen in der Senderübersicht links „Samsung TV Plus“ aus und gehen ganz unten im Fenster auf „Sender bearbeiten“. Im folgenden Menü wählen Sie über die Checkbox rechts oben alle TV-Plus-Sender aus und löschen diese mit einem Klick auf Entfernen; speichern

nicht vergessen. Der TV-Plus-Dienst ist damit für Sie nicht mehr sichtbar. Er kann aber jederzeit im selben Menü mit einem Klick wiederhergestellt werden, falls Sie doch einmal die werbefinanzierten Sender schauen möchten.

Auch LG hat einen solchen FAST-Dienst (Free Add-Supported TV). Die LG-Channels lassen sich allerdings nur aus dem sichtbaren Teil des Startbildschirms an die Seite schieben, aber nicht komplett verbannen. Immerhin mogeln sie sich nicht ungefragt in die TV-Senderliste.

Energiesparen im Standby

? Ich möchte meinen Fernseher mit einer schaltbaren Steckerleiste komplett vom Stromnetz trennen, wenn ich ihn nicht benutze. Spricht etwas dagegen?

! Bei OLED-TVs müssen Sie beachten, dass nach einigen Betriebsstunden nach dem Ausschalten sogenannte Rei-

nigungszyklen anlaufen. In denen erkennt das Gerät die stärker belasteten Stellen und bügelt eventuelle Folgen durch geeignete Maßnahmen aus. Wenn Sie diese regelmäßigen Kontrollzyklen verhindern, verlieren Sie die Garantie auf das organische Display. Deshalb sollten Sie OLED-TVs nach dem Ausschalten unbedingt noch einige Zeit an der Stromversorgung belassen.

Bei LCD-TVs spricht grundsätzlich nichts gegen die harte Trennung, aber so richtig viel sparen können Sie auf diese Weise meist nicht. Dafür verzichten Sie auf einige Komfort, weil der Fernseher nach dem Wiedereinschalten länger boottet. Außerdem können Sie ein Vielfaches an Energie sparen, indem Sie stattdessen die Bildhelligkeit reduzieren. Eine Beispielrechnung: Aktuelle Fernseher benötigen im Standby normalerweise maximal 0,5 Watt. Wenn Sie das TV täglich vier Stunden benutzen, kosten die verbliebenen 20 Stunden Standby gerade mal einen Euro pro Jahr ($20 \text{ h} \times 0,5 \text{ W} \times 365 \text{ / } 1000 \times 0,30 \text{ €}$). Reduzieren Sie dagegen die Bildschirmleuchtdichte um 20 Prozent, sinkt auch die Leistungsaufnahme eines TVs um etwa 20 Prozent. Bei einem 65-Zöller, dessen Leistungsaufnahme Sie auf diese Weise um 20 Watt senken, sparen Sie bei vier Stunden Betrieb pro Tag jährlich fast 9 Euro.

Allerdings sollten Sie prüfen, ob etwaige Funktionen wie „Wake on LAN“ oder eine Sprachsteuerung aktiv sind. Diese erhöhen den Standby-Verbrauch und verlängern die Zeit, bis das Gerät richtig einschläft. Sie können bei Ihrem Gerät leicht selbst prüfen, wie es sich verhält, indem Sie kleine Energiemessadapter zwischen Steckdose und Stecker schalten. Die kosten etwa 10 Euro und eignen sich auch zur Kontrolle anderer Geräte im Haus. Einen Test solcher Energiekostenmessgeräte finden Sie in c't 17/2022.



Im Menü zur Senderkonfiguration können Sie Samsungs werbefinanzierte TV-Plus-Programme vom Fernseher verbannen.

Lohnt 8K-Auflösung?

❓ Derzeit gibt es recht günstig 8K-TVs mit Mini-LEDs und Local Dimming. Lohnt sich der Kauf?

❗ Nein, nach unserer Einschätzung lohnen sich die mit 7680×4320 Pixeln extrem hochauflösenden TV-Displays derzeit nur für sehr spezielle Einsatzzwecke. Wenn Sie zum Beispiel am großen Display vor allem Fotos anschauen möchten und der USB-Medienplayer 8K unterstützt, könnten Sie von der vierfachen Displayauflösung profitieren.

Die Streamingdienste übermitteln daher derzeit maximal 4K-Signale (von ganz wenigen Inhalten wie der Neufassung von „Das Boot“ abgesehen) und die meisten TV-Sender nicht mal das. Deshalb müssen die Fernseher die eingehenden Signale auf ihre höhere Displayauflösung umrechnen. Das gelingt ihnen zwar ganz gut, aber zaubern können die Prozessoren in den TVs auch nicht. Deshalb wird die Darstellung nicht schärfer als am deutlich preiswerteren 4K-TV.

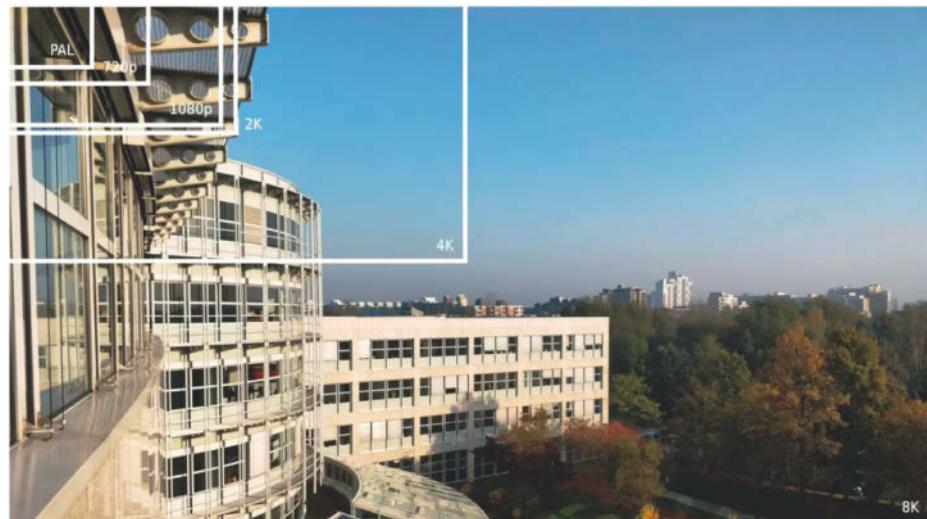
Bei TVs mit Diagonalen unter 75 Zoll lohnt sich 8K gar nicht, denn schon an den 75-Zöller muss man dichter als 1,50 Meter heranrücken, um überhaupt einen Unterschied zum gleich großen 4K-TV zu erkennen.

Ton an Lautsprecher und Kopfhörer zugleich

❓ Mein Vater hört sehr schlecht, meine Mutter noch ganz gut. Wenn die beiden zusammen Fernseh gucken, müssen sie sich auf eine mittlere Lautstärke einigen, was nicht optimal ist. Gibt es Fernseher, bei denen man den Ton eines Kopfhörers unabhängig von der Lautstärke der TV-Lautsprecher regeln kann?

❗ Ja, das geht unseres Wissens mindestens bei den Fernsehgeräten von Samsung und LG. Bei Samsung finden Sie die Einstellungen zur unterschiedlichen Lautstärkeregelung für Lautsprecher und Bluetooth-Kopfhörer im System-Untermenü unter Barrierefreiheit/Mehrfauchaudiausgabe.

Bei LG kann man den Ton über die eingebauten Lautsprecher ausgeben und parallel an Bluetooth-Kopfhörer oder ein per Audio-Rückkanal (HDMI ARC) angeschlossenes Empfangsgerät übertra-



Zwar passt auf ein 8K-TV deutlich mehr vom Bild, doch die aktuellen Geräte müssen mangels echter 8K-Inhalte niedrigere Auflösungen hochskalieren, weshalb man in der Praxis nicht mehr sieht als am 4K-TVs. Die gesamte Übertragungselektronik ist auf 2K- und 4K-Signale optimiert.

gen. Für HDMI ARC empfiehlt LG, den Sender einer Hörlhilfe zu verwenden, testen konnten wir das bisher noch nicht. Die Einstellungen finden sich unter dem Punkt Barrierefreiheit/TV-Tonmodus/Allgemein.

Bild zu dunkel für Kinofilme

❓ Ich schaue abends ab und an alte Kinofilme. Dabei fällt mir auf, dass die Bilder oft zu dunkel sind beziehungsweise sich in dunklen Bildpartien keine Zeichnung mehr findet. In heller Umgebung sieht die Darstellung dagegen besser aus. Woran liegt das und kann ich etwas dagegen tun?

❗ In dunkler Umgebung fällt es stärker auf, wenn dunkle Bildbereiche absauen, sich unser Auge dort besser auf die dunklen Stellen adaptiert. Für Kinoabende empfehlen wir den Filmmaker-Modus bei LG, Samsung, Philips, Panasonic & Co.; bei Sony empfiehlt sich das Anwender-Preset.

Eine ungünstige Wiedergabe im Dunklen könnte auch am Helligkeitssensor des TVs liegen. Der erfasst das Umgebungslicht im Raum und dunkelt den Bildschirm passend zur Umgebung automatisch ab. Wenn er dabei zu rabisat vorgeht, werden dunkle Stellen im Bild schwarz. Bessere TVs reduzieren nicht nur die Schirmleuchtdichte, sondern korrigie-

ren zugleich die Gammakurve, um die dunklen Stellen wieder herauszuarbeiten.

Bei einigen Geräten lässt sich der Level festlegen, bis zu dem das TV die Schirmhelligkeit automatisch absenken darf, und man kann die Anpassung der Gammakurve an- oder ausschalten – je nachdem, was das bessere Ergebnis liefert. Das hat den Vorteil, dass Sie dank Umgebungslichtsensor tagsüber weiterhin Energie sparen, das Bild aber abends trotz eingeschaltetem Sensor sehenswert bleibt.

Bietet Ihr Gerät keine Minimalhelligkeit, können Sie den Umgebungslichtsensor des TVs deaktivieren und die Schirmleuchtdichte in dunkler Umgebung selbst anpassen. Die Sensoreinstellungen lassen sich üblicherweise in den allgemeinen Einstellungen zum Energiesparen oder in den erweiterten Bildmenüs modifizieren.

Samsung, Philips und LG haben eine vermeintliche Energiespareinstellung integriert, die die Schirmleuchtdichte reduziert, wenn ein Video läuft. Diese unsinnige Maßnahme könnte den Kinogenuss ebenfalls beeinträchtigen. Man findet sie bei Samsung im Menü unter Allgemein und „Datenschutz/Energiesparen/Bewegungsgesteuerte Beleuchtung“. Bei LG heißt die Funktion „Automatische Helligkeitseinstellung“ und verbirgt sich im Bildmenü unter „Erweit. Helligkeit/Helligkeit“. Philips versteckt die Bewegungsgesteuerte Beleuchtung in den erweiterten Bildeinstellungen unter Kontrast/Lichtverstärkung.
(uk@ct.de)



Sascha Kersken

IT-Handbuch für Fachinformatiker*innen

Der Ausbildungsbegleiter

Rheinwerk, Bonn 2023 (11. Aufl.)

(Der Buchverlag gehört wie c't zu Heise Medien.)

ISBN 978-3836295918

1416 Seiten, 40 €

(als Bundle mit E-Book beim Verlag: 45 €; PDF-/Epub-/

Kindle-E-Book allein: 40 €)

IT-Nachwuchsfüller

Fachinformatiker haben nach einer kompakten Ausbildung in Berufsschule und Betrieb Zugang zu Jobs an den Schaltstellen der Digitalisierung. Sascha Kersken führt durch die vielfältigen Ausbildungsinhalte.

Die in Deutschland normalerweise dreijährige duale Ausbildung zum Fachinformatiker, auf Englisch Computer Science Expert, öffnet vielen die Tür zu IT-Berufen ohne akademische Voraussetzung. Derzeit stehen die Fachrichtungen Anwendungsentwicklung, Systemintegration, Daten- und Prozessanalyse sowie Digitale Vernetzung zur Auswahl. Ausbildungsbegleitende Literatur muss die Rahmenlehrpläne sowie die Anforderungen in Berufsschulen und Betrieben berücksichtigen. Die Lerninhalte müssen mit der dynamischen Entwicklung der IT Schritt halten. So hat auch Kerskens dickes Handbuch bereits seine elfte Auflage erreicht.

Trotz des stetigen Wandels baut die IT auf ein zeitloses Fundament. So vermittelt der Autor zunächst die wichtigsten Grundlagen in Bezug auf Mathematik, Elektronik, Netzwerke und Betriebssysteme. Dabei geht er nicht in die Tiefe, aber als Auffrischung und Ergänzung des Schulstoffs reicht es allemal.

Ausgesprochen praxisnah geht es anschließend bei der Programmierung zu; das Buch führt in mehrere Programmiersprachen ein. Seit der neunten Auflage ersetzt Python das frühere C als Standardwerkzeug für Beispielprogramme. Wenn es um Algorithmen und Datenstrukturen geht, setzt der Autor aber auch gern auf das weniger dynamische Java. Streckenweise verwirklicht er durchaus anspruchsvolle Projekte, etwa einen Sudoku-Solver.

Datenbanken führt er anhand von MySQL ein, Webanwendungen werden mit PHP 8 über einen Apache-Server serviert. Dem dazu notwendigen Rüstzeug in puncto HTML, CSS und JavaScript sind eigene Kapitel gewidmet; auch auf Node.js geht der Autor ein. Nebenher erfährt man Nützliches rund um die Systemadministration mit Bash und PowerShell. Themen wie Docker und Cloud-Computing kommen eher am Rande vor. Mathematisch anspruchsvoll wird es bei der Datenanalyse; in diesem Zusammenhang kommen auch moderne Ansätze wie Machine Learning zur Sprache. Den Mix runden Kapitel zu Themen wie Computersicherheit, XML und Prozessanalyse ab.

Das riesige bis unüberschaubare Themenspektrum versteht Kersken gut transparent zu machen. Mit seinen verständlich und eingängig präsentierten umfassenden Informatik-Inhalten spricht sein Buch nicht nur Auszubildende an. Auch interessierte Oberstufenschüler oder Studieneinsteiger profitieren von der Lektüre. (Maik Schmidt/psz@ct.de)

Schöne neue Berufswelt

Der Technikphilosoph Klaus Kornwachs schaut überwiegend optimistisch auf den Einsatz künstlicher Intelligenz. Er sieht in den Umwälzungen, die dadurch auf die Arbeitswelt zukommen, vielfältige Chancen – ähnlich wie bei früheren technischen Durchbrüchen.

In der produzierenden Industrie, in Wissenschaft, Medien und IT wirkt sich der Einsatz künstlich intelligenter Systeme bereits jetzt unübersehbar aus. Die Stimmung angesichts der Veränderungen ist ambivalent: Auf der einen Seite gibt es naive KI-Begeisterung. Auf der anderen regieren Skepsis und Befürchtungen: Werden KI-gestützte Systeme morgen spottbillig das tun, womit heute noch Menschen ihren Lebensunterhalt verdienen? Werden Entscheidungen entmenschlicht, droht Kontrollverlust?

Klaus Kornwachs wirbt in seinem Buch für eine konstruktive, positive Sicht: Die Arbeitswelt habe in ihrer gesamten Geschichte ständige Veränderungen erlebt; eine sinnvolle Fortentwicklung sei ohne Disruptionen auch gar nicht vorstellbar. Bei dieser Betrachtungsweise sind KI-Systeme gewissermaßen die neuen Dampfmaschinen. Während die Technik einen stetig höheren Stellenwert in der Gesellschaft erlangt hat, ist es immer wieder zu Kollisionen gekommen – dabei ist Kornwachs zufolge das klassische Bild von Arbeit als Mühsal immer mehr einem anderen gewichen, das Raum für Neues, Interessantes, Erfüllendes bietet.

Wer in technischer Hinsicht Aufschlussreiches erwartet, ist bei diesem Buch falsch. Was es zur Digitalisierung sagt, bewegt sich eher an der Oberfläche. Neuronale Netze und andere grundlegende technische Konzepte im Zusammenhang mit KI tauchen nur am Rande auf. Worum es Kornwachs geht, ist etwas anderes: Er will gesellschaftlichen Fragen auf den Grund gehen. So fragt er beispielsweise, welche Rolle Personen ohne technische Kompetenzen in einer weltweiten Informationsgesellschaft spielen können. Er skizziert vierzehn Szenarien einer digitalisierten Arbeitswelt, die zeigen, in welche Richtungen man seiner Meinung nach denken sollte. Dabei finden sich auch durchaus kritische Töne, etwa zur Verlagerung von Arbeit ins Homeoffice und zur permanenten Erreichbarkeit von Arbeitnehmern.

Analytisches Überlegen statt Angst – so könnte man unterm Strich das Anliegen des Buches beschreiben. Das betrifft beispielsweise, aber nicht nur, die Frage einer gedeihlichen Koexistenz von Mensch und künstlich intelligenter Maschine.

(Tam Hanna/psz@ct.de)



Klaus Kornwachs

KI und die Disruption der Arbeit

Tätig jenseits von Job und Routine

Hanser, München 2023

ISBN 978-3446462724

410 Seiten, 30 €

(PDF-/Epub-/Kindle-E-Book: gleicher Preis)

07. November 2023

DIE ONLINE-KONFERENZ VON

 heise Academy



OPITZ CONSULTING

Moderne IT-Integrationen

Die richtigen Daten zum richtigen
Zeitpunkt am richtigen Ort

Moderne IT-Integration als Fundament
einer dynamikrobusten Architektur

- Treffpunkt für IT-Leiter, Softwarearchitekten und Produktionsverantwortliche
- Zentrale Techniken und Anwendungsszenarien, um Daten und Integrationsherausforderungen anzugehen
- Information & Austausch zur Integration neuer Plattformen, Services und Tools

Jetzt kostenlos registrieren:
konferenzen.heise.de/integrationen





UNCANNY VALLEY

von Gard Spirlin

Das Gewusel auf der Messe „Digital Life“ war schier unüber- schaubar. Internationale Hersteller künstlich intelligenter Systeme gaben sich mit Datenschutzberatungsfirmen, einigen Giganten der elektronischen Unterhaltung sowie erfindungsreichen Anwenderclubs ein Stelldichein.

Timo und sein Klassenkamerad Sven drängten sich durch eine erregte, schwitzende, lärmende Menschenmenge, die das streng rechtwinklige Wegeraster zwischen den Messeständen nahezu lückenlos ausfüllte. Der Geruch von geschmolzenem Kunststoff aus 3D-Druckern mischte sich mit extravagantem Aftershave der Anzugträger, billigem Eau de Toilette der Messehostessen und dem Schweißgeruch der Nerds. Die bestaunten mit offenem Mund die Wunder der Technik, schleppten geschnorrte Umhängetaschen aus Jute mit Give-aways mit sich herum und plünderten die Bonbongläser und Käsecrackerteller der Kundentheken. Flirrende Laserprojektionen und blinkende Holodisplays buhlten epilepsieträchtig um die Aufmerksamkeit der Besucher. Promoter warben mit Headsets marktschreierisch um Kunden, sparsam bekleidete Models wanden sich um lichtschwangere Vitrinen voller Gadgets.

Vier Stunden schon waren die beiden Freunde in dem Getümmel unterwegs. Sven bemerkte ein hohles Gefühl in der Bauchgegend, außerdem machte sich sein Magen mit vernehmlichem Knurren bemerkbar. Beides waren Warnsignale, die ihm gefährlichen Hunger signalisierten. Er zupfte seinen Kumpel am Ärmel und winkte ihn in einen ruhigeren Seitengang.

BLINKENDE HOLODISPLYS BUHLTEN UM DIE AUFMERKSAMKEIT DER BESUCHER.

Es gibt ein verbreitetes Unbehagen angesichts allzu menschenähnlicher künstlicher Akteure, etwa in Filmen oder auf Websites. Japanische Robotikforschung hat den Begriff des Uncanny Valley geprägt: Das „unheimliche Tal“ markiert einen Einbruch in der Akzeptanzkurve für anthropomorphe Figuren. Menschen mögen offenbar nichts, was auf eine schräge, verstörend-gruselige Beinahe-Kopie von ihresgleichen hinausläuft.

„Wird Zeit für 'nen Mampf“, konstatierte er nachdrücklich und machte sich auf den Weg in Richtung Hallenausgang, ohne eine Antwort abzuwarten. Timo seufzte. Gegen den unbändigen Appetit seines Freundes war normalerweise kein Kraut gewachsen. Sie passierten einige kleinere Messestände an der Peripherie der Halle, an denen vorwiegend Asiaten mit stoischem Gleichmut auf Interessenten warteten. Hier, abseits der großen Namen und palastartigen Messebauten, war von Gedränge keine Rede mehr. Auch die Stände

waren wesentlich nüchterner: Zumeist lagen elektronische Baugruppen oder Roboterteile fernöstlicher Zulieferer in den kahlen Vitrinen.

DAS GANZE WIRKTE EHER BEKLEMMEND ALS EINLADEND.

Ein Stand allerdings erregte Timos Aufmerksamkeit. „The Most Human-Like Android“ stand da in großen Lettern geschrieben. Ein älterer Asiat in tadellos sitzendem Anzug bewachte eine schmale Tür, die in einen nicht einsehbaren Raum auf dem vollkommen schmucklosen Messestand führte. Nicht einmal Flyer lagen auf dem kahlen weißen Tischchen davor. Das Ganze wirkte eher beklemmend als einladend.

Als Timo neugierig nähertrat, stand der Mann lächelnd auf. Er reichte Timo auch im Stehen kaum bis zur Schulter, verbeugte sich tief und lud ihn mit einer weit ausholenden Armbewegung ein, in das Abteil zu treten. Timo zögerte. Er

Über den Autor

Gard Spirlin lebt und arbeitet in Wien, wo er auch geboren wurde. Der Absolvent eines Colleges für Nachrichtentechnik geht nicht nur einem technisch geprägten Brotberuf nach, sondern zeigt auch in seinen Kurzgeschichten und Romanen seine Leidenschaft für Technik. Die paart sich mit einer Vorliebe für spannende, wendungsreiche und bisweilen skurrile Handlungsverläufe. Spirlins erste c't-Story war „RoboWrite“ in c't 9/2015. Bereits darin machten Leser Bekanntschaft mit Frank Dekker und seinem digitalen Assistenten Scott, die dann auch im Roman „Scott V.P.I. – Mörderjagd im Cyberspace“ die Hauptrollen spielten (rezensiert in c't 22/2021, S. 181).



Bild: Gard Spirlin

sah sich nach Sven um, der ebenfalls stehengeblieben war und genervt die Augen verdrehte.

„Geh schon mal vor! Wir treffen uns am Fressstand zwischen Halle C und D, okay?“, kam Timo dem Einwand seines Freundes gerade noch zuvor. Sven klappte seinen Mund wieder zu, nickte erleichtert und trabte davon.

Timo wandte sich wieder dem Asiaten zu, der ihn noch immer geduldig anlächelte. „Dr. Naruto Yamada“ las er auf dessen Namensschild, das am Revers des Anzugs befestigt war. „May I have a look?“, versuchte Timo es mit Englisch und deutete auf die halb offen stehende Eingangstür. Der Mann – dem Namen nach offenbar ein Japaner – antwortete nicht, neigte aber den Kopf zustimmend zur Seite und gab Timo den Weg frei. Neugierig betrat dieser den Raum hinter der Tür.

Er fand sich in einer vollkommen kahlen Kammer wieder, in deren Mitte sich zwei Stühle befanden. Auf einem davon saß stocksteif die perfekte Nachbildung einer mandelaugigen Schönheit, gekleidet in eine weiße Bluse und einen schwarzen Businessrock, der knapp über den Knien endete. Timo schnappte unwillkürlich nach Luft. Die Illusion war unglaublich! Er machte einen Schritt auf die wunderschöne Gestalt zu – und der Roboter reagierte auf ihn! Er – nein, sie!, dachte Timo – drehte den Kopf zu ihm und blickte ihm direkt in die Augen.

ER MACHTE EINEN SCHRITT AUF DIE WUNDERSCHÖNE GESTALT ZU.

„Hallo?“, fragte Timo zaghaft.

Das künstliche Wesen neigte ein wenig den Kopf, als müsse es überlegen.

„Hallo! Ich bin Amanda“, antwortete es dann mit einer sanften Stimme, die Timo einen wohligen Schauer langsam das Rückgrat hinabwandern ließ. Die Haare auf seinen Unterarmen begannen sich unwillkürlich um einen Stehplatz zu raufen.

„D-du ... S-sie sprechen ... du sprichst?“, brachte Timo mit Mühe hervor.

„Hallo! Ich bin Amanda“, wiederholte der Roboter.

Aha, doch nur ein Standardsatz, dachte Timo. Er war ein wenig erleichtert, dass er nicht Konversation mit einer Maschine führen musste. Aber diese Augen!

**„D-DU ... S-SIE SPRECHEN ...
DU SPRICHST?“, BRACHTETE TIMO
MIT MÜHE HERVOR.**

Er trat etwas näher. Der Blick des Maschinenwesens folgte ihm mit einem Ausdruck, den Timo nur als „interessiert“ bezeichnen konnte. Und da: Jetzt war sogar ein Lidschlag zu sehen gewesen, der vorgab, die künstlichen Augäpfel zu befeuchten! Ganz vorsichtig näherte sich Timo der Gestalt, die kerzengerade mit züchtig geschlossenen Knieen auf dem Stuhl saß, die Hände übereinander im Schoß liegend. Obwohl überaus fasziniert, war er sich nicht sicher, ob der Roboter nicht womöglich potenziell gefährlich sein könnte. Immerhin las man ja immer wieder über Programmierfehler, die zu Fehlfunktionen führen konnten. Andererseits: Würde das Ding dann ohne Schutzbarrieren ausgestellt werden dürfen? Vielleicht konnte der künstliche Körper sowieso nur dasitzen und auf Fragen immer nur mit dem Standardsatz antworten. Aber immerhin, was die körperliche Ähnlichkeit mit einer echten jungen Frau betraf, war diese Schöpfung einmalig!

Timo fasste sich ein Herz und setzte sich auf den leeren Stuhl gegenüber dem Androiden. Die asiatische Roboterschönheit blickte ihm ruhig in die Augen. Auch aus der Nähe konnte Timo nichts entdecken, das ihm verraten hätte, dass dieses atemberaubende Mädchen kein Mensch war! In regelmäßigen Abständen blinzelte die Maschine, ganz so wie er selbst. Er beugte sich nach vorn und musterte das Gesicht aus einem Abstand von nur einer Armlänge. Sogar an kleine Unregelmäßigkeiten der Haut hatten die Konstrukteure gedacht! Seine Hochachtung vor den unbekannten Ingenieuren wuchs.

Wie sich die Haut wohl anfühlte? Ob er sie berühren durfte? Er blickte sich um. Der Japaner war draußen geblieben und hatte die Tür wieder geschlossen, nachdem Timo eingetreten war. Er sah in dem kahlen Raum auch keine Kameras. Also dann! Er streckte den Arm aus und stupste mit nur einem Finger vorsichtig an die Hand, die im Schoß zuoberst lag. Alter Schwede! Die Haut gab nach wie bei einem Menschen, nicht mehr und nicht weniger – und sie war sogar warm! Offenbar waren flexible Heizelemente

unter einer weichen Silikonschicht in das synthetische Ge- webe eingebettet worden.

Schnell blickte er sich noch einmal um. Er war nach wie vor allein mit ... *ihr*? Timos Blut begann in Wallung zu geraten. Adrenalin und Testosteron schossen in seine Blutbahn und färbten seine Wangen vor Aufregung rot. Er war zwar Klassenbester, aber dafür hatte er es mit den Mädchen nicht so. Zumindest noch nicht, redete er sich oft ein. *Das wird schon noch kommen*, hoffte er, aber vielleicht konnte er hier ein bisschen ... *üben*? Der Hormoncocktail machte ihn kühner als je zuvor. Nach einem weiteren schnellen Blick über die Schulter nahm er die Hand der Androidin in seine und hob sie ganz nah zu seinem Gesicht. Die Maschine war vollkommen passiv und ließ die Bewegung ohne merkbaren Widerstand zu, lediglich ihre Augen folgten der Hand.

TIMOS BLUT BEGANN IN WALLUNG ZU GERATEN.

Timo staunte über die scheinbare Natürlichkeit der Gelenkbewegung. Es schien fast, als seien echte Knochen unter der synthetischen Haut. Er bewegte einzelne Finger der zarten Hand und selbst das wirkte absolut authentisch auf ihn. Dann berührte er die warme Haut ihres Handrückens mit den Lippen und sog mit seiner Nase prüfend die Luft ein. Es roch ein wenig nach Seife und Desinfektionsmittel – aber auch nach menschlicher Haut! Was für eine Meisterleistung!

Doch die Begeisterung für die technischen Details war gegenüber seinen jugendlichen Trieben inzwischen hoffnungslos ins Hintertreffen geraten, zumal sich in Timos Lendengegend mittlerweile auch eine physische Reaktion auf die Berührungen Geltung und Raum verschaffte. Seine Fantasie schlug mit Bravour jede Menge Purzelbäume. Während er die Hand der Androidin festhielt, schob er mit der anderen langsam den Saum ihres Rocks ein wenig höher.

Er fühlte sein Herz bis in den Hals hinauf pochen, sein Gesicht glühte. Dann sah er einen BH dunkel durch den weißen Blusenstoff hindurchschimmern. Ob er ...? Wie sich das wohl anfühlen würde? Mit zitternden Fingern näherte sich seine Hand der wohlgeformten Brust der Maschine. Gerade, als er sie berührte, vermeinte er ein leises Geräusch zu hören. Verwirrt hielt er inne. Tatsächlich: Es klang ein wenig wie ein langgezogenes „Rrrrrrrr“. Und er spürte ein dazu passendes Vibrieren unter seiner Hand, die scheu auf der Brust des Roboters lag. Ob da ein Servomotor ...?

Er beugte sich vor und legte ein Ohr an den Busen. Das Geräusch wurde lauter ... schwoll weiter an ... jetzt klang es mehr nach einem Knurren. Einem sehr bedrohlichen Knurren! Er prallte entsetzt zurück. Das Knurren verstummte abrupt. Die Augen des Roboters blickten ihn starr an. Dann öffnete die Maschine langsam den Mund.

„Wuff“, sagte sie, nicht einmal besonders laut.

Sven sah nur die Tür des Messestands krachend auffliegen, dann schoss sein Freund mit hochrotem Kopf heraus, stolperte fast das Podest hinunter und rannte mit irrem Blick so knapp an ihm vorbei, dass er ihn anrempelte. Svens Hotdog fiel zu Boden.

„Hey! Was soll das? Wo willst du hin?“, schrie er Timo nach, bückte sich aber dennoch sofort nach seinem Essen. Nach kurzer Prüfung nahm er erst einmal einen Bissen davon, bevor er seinem Freund eilig hinterherwatschelte.

* * *

„Amanda!“, sagte Dr. Yamada tadelnd und stemmte die Hände in die Hüften. Er war in das Abteil getreten, gleich nachdem der junge Mann es fluchtartig verlassen hatte.

„Hast du mir schon wieder eine Testperson vergrault?“

„Ach, Paps, ich hab' dir schon hundertmal gesagt, du sollst mir nicht immer solche pubertierenden Jungspunde hereinschicken!“

„Oje, schon wieder ein Brustgrapscher?“, fragte der kleine Japaner zerknirscht.

SVEN SAH NUR DIE TÜR DES MESSESTANDS KRACHEND AUFLIEGEN.

„Na klar. Du weißt, ich bin dir sehr dankbar für diesen Ferienjob, aber du könntest mir ruhig mal eine attraktive junge Frau vergönnen, dann hätte ich vielleicht auch was davon!“, antwortete das Mädchen kokett und zwinkerte ihrem Vater zu. Der Ältere wedelte mit dem Finger: „Du weißt, wir betreiben hier ernsthafte Feldforschung, wir sind hier nicht zu unserem Vergnügen!“

„Jaja, es geht um die Akzeptanz von humanoiden Robotern. *Uncanny Valley*, ich weiß. Aber ein bisschen Spaß darf ich schon auch dabei haben, oder?“

Dr. Naruto Yamada hob in gespielter Verzweiflung die Arme, bevor er sich grinsend umdrehte, um nach neuen Testpersonen Ausschau zu halten.

(psz@ct.de) ct

Die c't-Stories als Hörversion

Unter heise.de/-4491527 können Sie einige c't-Stories als Audiofassung kostenlos herunterladen oder streamen. Die c't-Stories zum Zuhören gibt es auch als RSS-Feed und auf den bekannten Plattformen wie Spotify, Player FM und Apple podcasts (ct.de/yz13).

c't-AboAbonnenten
lesen bis zu
75%
günstiger



Das digitale Abo für IT und Technik.

Exklusives Angebot für c't-AboAbonnenten:
Sonderrabatt für Magazinabonnenten

- ✓ Zugriff auf alle Artikel von heise+
- ✓ Alle Heise-Magazine online lesen:
c't, iX, MIT Technology Review,
Mac & i, Make und c't Fotografie
- ✓ Jeden Freitag exklusiver Newsletter
der Chefredaktion
- ✓ 1. Monat gratis lesen – danach jederzeit kündbar

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

heise.de/plus-testen

✉ leserservice@heise.de ☎ 0541 80009 120



Fernstudium IT-Security

Aus- und Weiterbildung zur Fachkraft für IT-Sicherheit. Vorbereitung auf das SSCP- und CISSP-Zertifikat. Ein Beruf mit Zukunft. Kostengünstiges und praxisgelehrtes Studium ohne Vorkenntnisse. Beginn jederzeit.

NEU: Roboter-Techniker, Netzwerk-Techniker, Qualitätsbeauftragter / -manager TÜV, Linux-Administrator LPI, PC-Techniker

Teststudium ohne Risiko.
GRATIS-Infomappe gleich anfordern!

FERN SCHULE WEBER - seit 1959
Neerstedter Str. 8 - 26197 Gröbenzneten - Abt. C14
Telefon 0 44 87 / 263 - Telefax 0 44 87 / 264

www.fernenschule-weber.de



**Wir schreiben
Zukunft.**

**2 Ausgaben MIT Technology Review
als Heft oder digital
inklusive Prämie nach Wahl**

mit-tr.de/testen



mit-tr.de/testen



+49 541/80 009 120



leserservice@heise.de

ORACLE Feuerwehr www.oraservices.de xxs-kurze Daten- & Netzkabel: kurze-kabel.de

softaktiv.datensysteme Datenbankapplikationen, Website Boosting, Online-Pressemitteilungen, Unterstützung bei Ihren V-Projekten. Einfach anrufen, Faxen oder eine E-Mail schicken. Telefon: 0511/3884511, Mobil: 0170/3210024, Telefax: 0511/3884512, E-Mail: service@softaktiv.de, Internet: www.softaktiv.de

nginx-Webhosting: timmehosting.de EDELSTAHL LED Schilder: www.3D-buchstabe.comHAUSNUMMERN nobel 230V~: www.3D-hausnummer.de

Erfahrene Diplom-Fachübersetzerin übersetzt EDV-Texte aller Art (Software und Hardware) insbesondere Texte aus den Bereichen Telekommunikation und Netzwerke. Englisch-Deutsch. Tel. + Fax: 05130/37085

www.patchkabel.de - LWL und Netzwerk Kabel Rechnungsprogramm ohne Abo rechnungsburo.de

Anzeigenschluss für die nächsten erreichbaren Ausgaben:

24/2023: 02.10.2023**25/2023: 16.10.2023****26/2023: 23.10.2023**

c't – Kleinanzeigen

Private Kleinanzeige:

erste Druckzeile € 10,-; jede weitere Zeile € 8,-

Gewerbliche Kleinanzeige:

erste Druckzeile € 20,-; jede weitere Zeile € 16,-

Chiffre-Anzeige: € 5,- Gebühr

Hinweis: Die Rechnungsstellung erfolgt nach Veröffentlichung der Anzeige!

Name/Vorname

Firma

Str./Nr.

PLZ/Ort

Bitte veröffentlichen Sie den Text in der nächsterreichbaren Ausgabe von c't.

Den Betrag habe ich auf Ihr Konto überwiesen.
Sparkasse Hannover,
IBAN DE98 2505 0180 0000 0199 68, BIC SPKH DE 2H

Bei Angeboten: Ich versichere, dass ich alle Rechte an den angebotenen Sachen besitze.

Datum _____ Unterschrift (unter 18, der Erziehungsberechtigte)

Faxnummer: 05 11 / 53 52-200

Bitte veröffentlichen Sie in der nächsterreichbaren Ausgabe (Vorlaufzeit mind. 3 Wochen) folgende Anzeige im Fließsatz privat gewerblich* (werden in c't mit gekennzeichnet) Chiffre

€ 10,- (20,-)

€ 18,- (36,-)

€ 26,- (52,-)

€ 34,- (68,-)

€ 42,- (84,-)

€ 50,- (100,-)

€ 58,- (116,-)

€ 66,- (132,-)

Pro Zeile bitte jeweils 45 Buchstaben einschließlich Satzzeichen und Wortzwischenräumen. Wörter, die **fettgedruckt** (nur in der ersten Zeile möglich) erscheinen sollen, unterstreichen Sie bitte. Den genauen Preis können Sie so selbst ablesen. *Der Preis für gewerbliche Kleinanzeigen ist in Klammern angegeben. Soll die Anzeige unter einer Chiffre-Nummer erscheinen, so erhöht sich der Endpreis um € 5,- Chiffre-Gebühr.

Ausfüllen und einsenden an: Heise Medien GmbH & Co. KG
c't-Magazin, Anzeigenabteilung
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover

↳ Weiterlesen, wo andere aufhören.





DIGITAL

The Leading International Conference for Software Architecture

November 27-30, 2023 | Online (CET)

Global. Digital. Inspiring.

The **Software Architecture Gathering – Digital 2023** is the international conference highlight for all those working on **solution structures in IT projects**: primarily software architects, software developers, and quality assurance professionals, but also system analysts who want to communicate better with their developers.

A selection of the **best-known international experts** will share their practical knowledge on the most important topics in modern software architecture.

Exchange information about **software architecture, current trends, new tools and technologies** such as ChatGPT and much more.

Presented by



Become part of our **software architecture community!**

More information at conferences.isaqb.org



Inserenten*

	180	Veranstaltungen	
1blu AG, Berlin			
B1 Systems GmbH, Vohburg	11	Horizons #23 by heise	Heise Medien
DOAG Konferenz + Ausstellung GmbH, Berlin	69	c't Workshops	c't, heise Events
EXTRA Computer GmbH, Giengen-Sachsenhausen	49	Continuous Lifecycle/ ContainerConf	iX, heise Developer, dpunkt.verlag
Fernschule Weber, Großkenntnen	173	c't webdev	c't
Lancom Systems GmbH, Würselen	9	MiTEXX	c't, FLEET Events, Mbmedien
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen	51	IT-Sicherheitstag	heise Academy
NürnbergMesse GmbH, Nürnberg	41	betterCode ()	iX, dpunkt.verlag
RaidSonic Technology GmbH, Ahrensburg	47	Moderne IT-Integrationen	Opitz, heise Academy
Rangee GmbH, Aachen	45	SAG Konferenz	iSAQB, iX
Technologiezentrum Glehn GmbH, Korschenbroich-Glehn	37	MLOps	iX, dpunkt.verlag
Thomas Krenn AG, Freyung	4, 5, 61		
TÜV SÜD Business Services GmbH, München	2		
Wiesemann & Theis GmbH, Wuppertal	33		

* Die hier abgedruckten Seitenzahlen sind nicht verbindlich.
Redaktionelle Gründe können Änderungen erforderlich machen.

WERDEN SIE c't-BOTSCHAFTER!

... UND UNTERSTÜTZEN SIE DAMIT DEN UNABHÄNGIGEN UND GLAUBWÜRDIGEN JOURNALISMUS!

Wir schenken Ihnen **30 €** und unsere kultige **c't-Tasse „Kein Backup? Kein Mitleid“**, wenn Sie einen neuen Leser für ein Jahres-Abo der c't werben. Der neue Leser erhält die c't zum Preis von **144,20 €** pro Jahr. Das Abo kann in gedruckter oder digitaler Form bezogen werden. Nach einem Jahr ist das Abo monatlich kündbar.

Hier bestellen: ct.de/botschafter
+49 541/80 009 120 leserservice@heise.de

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: „Die Zukunft der Heizung“:
Jörg Wirtgen (jow@ct.de), „Optimale Windows-Treiber“: Axel Vahldiek (axv@ct.de)

Chefredakteur: Torsten Beeck (tbe@ct.de) (verantwortlich für den Textteil)

Stellv. Chefredakteur: Axel Kossel (ad@ct.de)

Chef vom Dienst: Georg Schnurer (gs@ct.de)

Koordination Leserkommunikation: Martin Triadan (mat@ct.de)

Leiter redaktionelle Entwicklung: Jobst Kehrhahn (keh@ct.de)

Ressort Internet, Datenschutz & Anwendungen

Leitende Redakteure: Hartmut Gieselmann (hag@ct.de), Jo Bager (jo@ct.de)

Redaktion: Holger Bleich (hob@ct.de), Anke Brandt (abr@ct.de), Greta Friedrich (gref@ct.de), Tim Gerber (tig@ct.de), Arne Grävemeyer (agr@ct.de), Markus Montz (mon@ct.de), Peter Schmitz (psc@ct.de), Sylvester Tremmel (syt@ct.de), Andrea Trinkwalder (atr@ct.de), Dorothee Wiegand (dwi@ct.de), Stefan Wischner (swi@ct.de)

Ressort Systeme & Sicherheit

Leitende Redakteure: Peter Siering (ps@ct.de), Jan Mahn (jam@ct.de)

Redaktion: Niklas Dierking (ndi@ct.de), Mirko Dölle (mid@ct.de), Wilhelm Drehling (wid@ct.de), Liane M. Dubowy (lmd@ct.de), Ronald Eikenberg (rei@ct.de), Oliver Laut (ola@ct.de), Pina Merkert (pmk@ct.de), Dennis Schirrmacher (des@ct.de), Hajo Schulz (hos@ct.de), Jan Schüßler (jss@ct.de), Kathrin Stoll (kst@ct.de), Keywan Tonekaboni (ktm@ct.de), Axel Vahldiek (axv@ct.de)

Ressort Hardware

Leitende Redakteure: Christof Windeck (cw@ct.de), Ulrike Kuhlmann (uk@ct.de), Dušan Živadinović (dz@ct.de)

Redaktion: Ernst Ahlers (ea@ct.de), Christian Hirsch (chh@ct.de), Benjamin Kraft (bkr@ct.de), Lutz Labs (ll@ct.de), Andrijan Möcker (amo@ct.de), Florian Müssig (mue@ct.de), Rudolf Opitz (rop@ct.de), Carsten Spille (csp@ct.de)

Ressort Mobiles, Entertainment & Gadgets

Leitende Redakteure: Jörg Wirtgen (jow@ct.de), Jan-Keno Janssen (jkj@ct.de)

Redaktion: Robin Brand (rbr@ct.de), Sven Hansen (sha@ct.de), Steffen Herget (sht@ct.de), Nico Jurran (nij@ct.de), André Kramer (akr@ct.de), Michael Link (ml@ct.de), Urs Mansmann (uma@ct.de), Stefan Porteck (spo@ct.de), Christian Wölbert (cwo@ct.de)

c't Sonderhefte

Leitung: Jobst Kehrhahn (keh@ct.de)

Koordination: Pia Ehrhardt (piae@ct.de), Angela Meyer (anm@ct.de)

c't online: Sylvester Tremmel (syt@ct.de), Niklas Dierking (ndi@ct.de)

Social Media: Jil Martha Baae (jmb@ct.de)

Koordination News-Teil: Hartmut Gieselmann (hag@ct.de), Kathrin Stoll (kst@ct.de), Christian Wölbert (cwo@ct.de)

Koordination Heftproduktion: Martin Triadan (mat@ct.de)

Redaktionsassistenzen: Susanne Cölle (suc@ct.de), Christopher Tränkmann (cht@ct.de)

Software-Entwicklung: Kai Wasserbäch (kaw@ct.de)

Technische Assistenz: Ralf Schneider (ltg@ct.de), Christoph Hoppe (cho@ct.de), Stefan Labusga (sla@ct.de), Arne Mertins (ame@ct.de), Jens Nohl (no@ct.de), Daniel Ladeira Rodrigues (dro@ct.de)

Dokumentation: Thomas Masur (tm@ct.de)

Verlagsbüro München: Hans-Pinsel-Str. 10b, 85540 Haar, Tel.: 0 89/42 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, Ben Schwan (bsc@ct.de), Christiane Schulzki-Haddouti

DTP-Produktion: Mike Bunjes, Birgit Graff, Angela Hilberg, Jessica Nachtigall, Astrid Seifert, Ulrike Weis

Junior Art Director: Martina Bruns

Fotografie: Melissa Ramson, Andreas Wodrich

Digitale Produktion: Melanie Becker, Kevin Harte, Martin Kreft, Thomas Kaltschmidt, Pascal Wissner

Illustrationen

Jan Bintakies, Hannover, Rudolf A. Blaha, Frankfurt am Main, Thorsten Hübner, Berlin, Albert Hulm, Berlin, Sven Hauth, Schülp, Thomas Kuhlenbeck, Münster, Timo Lenzen, Berlin, Andreas Martini, Wettin, Moritz Reichartz, Viersen, Michael Vogt, Berlin

Editorial: Hans-Jürgen „Mash“ Marhenke, Hannover, **Schlagseite:** Ritsch & Renn, Wien, **c't-Logo:** Gerold Kalter, Rheine, **Titelbild:** KI Midjourney | Bearbeitung c't

c't-Krypto-Kampagne: Infos zur Krypto-Kampagne unter <https://ct.de/pgp>. Die Authentizität unserer Zertifizierungsschlüssel lässt sich mit den nachstehenden Fingerprints überprüfen:

Key-ID: 5C1C1DC5BEEDD33A
ct magazine CERTIFICATE <pgpCA@heise.de>

D337 FCC6 7EB9 09EA D1FC 8065 5C1C 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: ayznmonmewb2tjvgf7ym4t2726muprjvwckzx2vh2hbarbzdydm7oad.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 Mühlé, Falko Ossmann

Anzeigenleitung: Michael Hanke (-167) (verantwortlich für den Anzeigenteil), www.heise.de/mediadaten/ct

Anzeigenpreise: Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 40 vom 1. Januar 2023.

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: Firmengruppe APPL, appl druck, Senefelderstr. 3-11, 86650 Wemding

Kundenkonto in der Schweiz: PostFinance, Bern, Kto.-Nr. 60-486910-4, BIC: POFICHXXXX, 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-täglich

Einzelpreis 5,90 €; Österreich 6,50 €; Schweiz 9,90 CHF; Belgien, Luxemburg 6,90 €;

Niederlande 7,20 €; Italien, Spanien 7,40 €, Dänemark 64,00 DKK

Abonnement-Preise: Das Jahresabonnement kostet inkl. Versandkosten: Inland 144,20 €, Österreich 155,40 €, Europa 165,20 €, restl. Ausland 191,80 € (Schweiz 236,60 CHF); ermäßiges Abonnement für Schüler, Studenten, Auszubildende (nur gegen Vorlage einer entsprechenden Bescheinigung): Inland 105,00 €, Österreich 99,40 €, Europa 124,60 €, restl. Ausland 152,60 € (Schweiz 145,60 CHF). c't-Plus-Abonnements (inkl. Zugriff auf das c't-Artikel-Archiv sowie die App für Android und iOS) kosten pro Jahr 25,00 € (Schweiz 30,80 CHF) Aufpreis. Ermäßiges Abonnement für Mitglieder von AUGE, bdvb e.V., BvDW e.V., /ch/open, GI, GUUG, ISACA Germany Chapter e.V., JUG Switzerland, VBIO, VDE und VDI (gegen Mitgliedsausweis): Inland 108,15 €, Österreich 116,55 €, Europa 123,90 €, restl. Ausland 143,85 € (Schweiz 177,45 CHF). Luftpost auf Anfrage.

Leserservice:

Bestellungen, Adressänderungen, Lieferprobleme usw.

Heise Medien GmbH & Co. KG

Leserservice

Postfach 24 69

49014 Osnabrück

E-Mail: leserservice@ct.de

Telefon: 05 41/8 00 09-120

Fax: 05 41/8 00 09-122

c't abonnieren: Online-Bestellung via Internet (www.ct.de/abo) oder E-Mail (leserservice@ct.de).

Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann trotz sorgfältiger Prüfung durch die Redaktion vom Herausgeber nicht übernommen werden. Kein Teil dieser Publikation darf ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Verlags in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Die Nutzung der Programme, Schaltpläne und gedruckten Schaltungen ist nur zum Zweck der Fortbildung und zum persönlichen Gebrauch des Lesers gestattet.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Haftung übernommen werden. Mit Übergabe der Manuskripte und Bilder an die Redaktion erteilt der Verfasser dem Verlag das Exklusivrecht zur Veröffentlichung. Honorierte Arbeiten gehen in das Verfügungsberecht des Verlages über. Sämtliche Veröffentlichungen in c't erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patentschutzes.

Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt. Hergestellt und produziert mit Xpublisher: www.xpublisher.com. Printed in Germany. Alle Rechte vorbehalten. Gedruckt auf chlorfreiem Papier.

© Copyright 2023 by Heise Medien GmbH & Co. KG

ISSN 0724-8679 AWA LAE ▲

Vorschau ct 23/2023

Ab 7. Oktober im Handel und auf [ct.de](#)



LAN-Turbo 2.5

NBase-T überholt Gigabit-Ethernet: Schnelle Switches für mehr als 1 Gbit/s kosten kein Vermögen mehr, eine Geschwindigkeitsverdoppelung wird auch für kleine Netze erschwinglich. c't zeigt, was Sie brauchen, was es kostet und was es bringt.



Großer Tablet-Vergleich

High-End-Tablets sind groß, stark und vielseitig; sie taugen für mehr als nur Surfen und Lesen. Doch sind die Riesen für 1000 Euro und mehr so viel besser als die gehobene Mittelklasse zum halben Preis? Wir haben sechs Modelle beider Preisklassen gegeneinander antreten lassen und helfen Ihnen vielleicht, etwas Geld zu sparen.

Sprach-KI im Eigenbau

SelbstGPT statt ChatGPT: Wir zeigen Ihnen, wie und wo Sie für Ihre Projekte passende Basis-Sprachmodelle finden, wo Sie Ihre KI-Sprachprojekte hosten – in der Cloud oder lokal – und wie Sie sie mit eigenen Texten für Ihre Zwecke anpassen.

Datenbanken: Mehr als SQL und NoSQL

Der Markt für Datenbanken ist in Bewegung, neue Ansätze lösen altbekannte Probleme effektiver und machen Entwicklern das Leben leichter. Unser Überblick zeigt Trends auf, beleuchtet Lizenzfragen und wirft einen Blick auf Datenbanken für Spezialfälle.

Notizprogramme im Test

OneNote, Evernote, Notion und Obsidian, das sind mehr Wissensmanager als Notizprogramme. Sie helfen beim Organisieren des Unorganisierbaren und speichern alles, was nicht verloren gehen soll: Ideen, Webinhalte, Codefragmente und Meeting-Mitschriften. Lesen Sie, wie gut das klappt.

Noch mehr
Heise-Know-how

ct Desinfec't
Das Rettungssystem bei Virenbefall

NEUE VERSION
2023/24

Das kann das c't-Sicherheitsstool
Windows-System & andere Software-Tools
Festplatten & externe Festplatten
Festlinie für Familien-PCs leisten

Daten retten
Verlorene gelöschte Fotos und Dateien
finden und wiederherstellen
Daten aus defektem NAS bergen

Zusatzz-Werkzeuge
für Profis nutzen
Malware-Analyse mit Experten-Tools
3 Extra-Scanner selbst konfigurieren
Desinfec't erweitern

€ 14,95

c't Desinfec't jetzt im Handel
und auf [heise-shop.de](#)

ct Make: ESP32-CAM SPECIAL

ESP32-CAM
Programmier-Board

Grundlagen

- Kamera-API im Griff
- Micro-SD-Karte nutzen
- Bilder per Mail verschicken
- Coden ohne Arduino IDE

Projekte

- Notifikation mit WLAN
- Zeitstempelkamera
- Objekterkennung mit KI
- RC-Fahrzeug mit Live-Bild

Tipps & Hacks

- Extreme Antenne anschließen
- Reset-Pin nachdrücken
- Kamera auf Infrarot umbauen
- Echtzeit-Uhr bei Start stellen

Make: ESP32-CAM Special
jetzt im Handel und auf
[heise-shop.de](#)

iX MAGAZIN FÜR PROFESSIONELLE IT

KOMPAKT Sicheres Active Directory

Microsofts AD, Azure AD/Entra ID und Azure-Dienste vor Angriffen schützen

Denken wie ein Hacker
Angriffe analysieren, verstehen und verhindern

Schutzmaßnahmen für das AD
Konfiguration, Gruppenrichtlinien und mehr

Worst Case „Goldene Zertifikate“
Was man gegen Penetration, Certfied und Co. tun kann

Angriffe in die Falle locken
Deception, Honeytokens und gezielte Systeme

Angriffe aufspüren mit Threat Hunting
Ereignisprotokolle der AD und Azure AD auswerten

Werkzeuge für die AD-Absicherung
Schwachstellen schließen, Angriffe erkennen, Manipulationen rückgängig machen

AD mit Microsofts Schichtenmodell schützen
Tiers festlegen und abschotten, privilegierte Zugriffe absichern

iX kompakt: Sicheres Active
Directory jetzt im Handel und
auf [heise-shop.de](#)

MLOps 2023

ML-Anwendungen implementieren
und optimieren



9. November – Online Deep Dive

Lernen Sie, wie Sie Modelle effizient in Produktion bringen und zuverlässig betreiben

- Vom Proof of Concept zum produktiven Einsatz
- CI/CD für Machine Learning
- Trainingsdaten effizient verwalten
- Hyperparameter optimieren mit AutoML
- Modelle mit Kubernetes deployen
- MLOps-Prozesse absichern

Jetzt
Tickets mit
**Frühbucher-
Rabatt**
sichern!

m3-konferenz.de/mlops.php

Workshop am 13. November: Schritt für Schritt zur erklärbaren KI



1blu

10
.de-Domains
inklusive!

Das wird heiß: **Homepage Summer**

10 .de-Domains inklusive

- > Kostenlose SSL-Zertifikate per Mausklick
- > Viele 1-Klick-Apps inklusive
- > Webbaukasten
- > Webkonferenzlösung
- > 75 GB Webspace
- > 700 E-Mail-Adressen
- > 70 GB E-Mail-Speicher
- > 70 MySQL-Datenbanken

2,29
€/Monat*



Letzte Chance:
Bestellung bis 30.09.2023!
Preis gilt dauerhaft.

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

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